

M
622
V182
2015

UNIVERSIDAD DE ATACAMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE MINAS



OPTIMIZACIÓN EN LA SELECCIÓN DE EQUIPOS DE CARGUÍO
SEGÚN EL TIPO DE YACIMIENTO PARA LA PEQUEÑA MINERÍA
DE ATACAMA

“Trabajo de titulación presentado en conformidad a los
requisitos para obtener el título de ingeniero civil de minas”

Profesor Guía Sr Eduardo Latorre Nanjari

JOSE LUIS FELIPE VALLEJO LEÓN

2015



U. DE ATACAMA
BIBLIOTECA CENTRAL



Bib 25.403

06/08/2015 Depto. Ingeniería de Minas

Dedicatoria

Quiero dedicar mi trabajo de titulación a mi familia de quienes recibí un apoyo incondicional durante toda mi formación universitaria. Principalmente a mi madre, quién me ha apoyado durante el largo de mi vida y ha dado todo para que pueda lograr mis metas, también a mi padre, hermanos, Walter y tíos, quienes de alguna u otra forma ayudaron a mantenerme claro en mis objetivos, para nunca dejar de luchar por ellos.

Jose Luis Felipe Vallejo León.

Agradecimientos

Quisiera dedicar estas líneas para expresar mi más profundo y sincero agradecimiento a los diferentes profesores de la universidad de Atacama, especialmente a los del departamento de Ingeniería Civil en Minas, quienes fueron partícipes de mi formación como profesional durante estos 6 años de estudio. También quiero dar gracias a mi profesor guía Eduardo Latorre Nanjarí, quién me ayudo durante todo el desarrollo de mi trabajo de titulación, aclarando todo tipo de dudas y recomendaciones que se hicieron presentes.

Cabe destacar la importancia de la Empresa Nacional de minería, en su oficina de fomento de la ciudad de Copiapó, quienes me dieron la oportunidad de desarrollar mi trabajo de titulación. Agradecer a todo el equipo de trabajo de ENAMI, quienes de alguna u otra manera, fueron capaces de transmitirme su conocimiento y despejar cualquier consulta que fuera surgiendo durante el desarrollo de mi tesis, en especial agradecer a don Custodio Araya Mánquez, profesional de quién estuve a cargo durante estos 6 meses.

Quisiera hacer extensiva mi gratitud a mis compañeros de carrera, que tuvieron un rol incondicional durante mis años de estudio.

En fin, gracias a todas aquellas personas que aportaron en mi etapa universitaria, tengan presente, que siempre lo recordaré.

ÍNDICE

<u>RESUMEN</u>	1
<u>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN</u>	3
1.1 Objetivos	3
1.2 Motivación.....	3
1.3 Entorno y limitaciones	4
1.4 Geología y mineralogía de los sectores visitados	6
<u>CAPÍTULO 2: ENAMI Y LA MINERÍA CHILENA</u>	7
2.1 Dificultades de la pequeña minería	8
2.2 Labor de enami con la pequeña minería.....	9
2.3 Labor de Enami con la Mediana Minería.....	11
<u>CAPÍTULO 3: ETAPAS DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PEQUEÑA MINERÍA NACIONAL</u>	13
3.1 Perforación.....	13
3.1.1 Consideración en la perforación en la minería subterránea, según el manual de sernageomin.....	14
3.1.2 Perforación en minas rajo abierto	15
3.2 Tronadura	15
3.2.1 Consideraciones para tronaduras en minería subterránea	16
3.2.2 Consideraciones en minería Rajo abierto	16
3.3 Ventilación subterránea	16
3.3.1 Generalidades	16
3.3.2 Ventilación auxiliar	17
3.3.3 Uso de aire comprimido en la ventilación	17
3.3.4 Consideraciones técnicas para la ventilación de minas	

subterráneas.....	18
3.4 Acuñaadura.....	18
3.5 Fortificación.....	20
3.5.1 General.....	20
3.6 Carguío y transporte	20
3.6.1 Tipos de transporte	21
3.6.1.1 Transporte en minería Subterránea.....	21
3.6.1.2 Transporte en minería con equipos mecanizados	21
3.6.1.3 Transporte vertical	22
3.6.1.4 Transporte con huinche	22
3.6.1.5 Transporte en minería rajo Abierto	22
<u>CAPÍTULO 4: MARCO TEÓRICO</u>	24
4.1 Definiciones vinculadas al proceso de carguío y transporte	24
4.2 Caracterización del proceso de carguío.....	26
4.2.1 Cuando se debe realizar el proceso de carguío	26
4.2.2 En que consiste el carguío de material.....	26
4.2.3 Con que es realizado el carguío	27
4.3 Proceso de selección de equipos: caso general.....	27
4.3.1 Producción requerida.....	27
4.3.2 Perfiles o recorridos de transporte.....	28
4.3.3 Tiempos de ciclo.....	28
4.3.4 Capacidad Efectiva	29
4.3.5 Eficiencia	30
4.3.6 Inversión y costos	30
4.4 Cálculo del rendimiento horario.....	30

4.4.1 Capacidad efectiva.....	31
4.4.2 Disponibilidad	31
4.4.3 Tiempo de ciclo.....	31
4.4.3.1 Tiempos fijos.....	31
4.4.3.2 Tiempos Variables	33
<u>CAPÍTULO 5: METODOLOGÍA</u>	35
5.1 Definición y motivación del problema.....	35
5.2 Objetivos del Estudio.....	36
5.3 Origen de la información	37
5.4 Ficha de visita a terreno	37
5.5 Metodología de trabajo.....	41
<u>CAPÍTULO 6: CASOS DE ESTUDIO</u>	42
6.1 Minas ubicadas en la provincia de Chañaral, comuna El Salado.....	42
6.1.1 Mina La negrita 1-44, Pertenencia número 9.....	43
6.1.2 Mina La negrita 1-44, Pertenencia número 16.....	46
6.1.3 Mina La negrita 1-44, Pertenencia número 17.....	49
6.2 Minas ubicadas en la provincia de Vallenar.....	52
6.2.1 Mina Santiago 2.....	53
6.2.2 Mina Improvisada 1 - 5	56
6.2.3 Mina San Lorenzo 1 – 12.....	59
6.3 Minas ubicadas en la provincia de Copiapó.....	62
6.3.1 Mina La Culebra	62
6.3.2 Mina Mark.....	65
<u>CAPÍTULO 7: ANÁLISIS DE RESULTADOS</u>	69
7.1 Selección del equipo adecuado para una sección de labor determinada. ...	70

7.1.1 Sección 2.5 x 2.5 M2	70
7.1.1.1 Comparación entre las opiniones previas de los productores acerca de los equipos y los resultados obtenidos.....	75
7.1.2 Sección 4 x 4 M2	76
7.1.2.1 Comparación entre las opiniones previas de los productores acerca de los equipos y los resultados obtenidos.....	82
7.2 Comparación de equipos según la sección que se opere.....	84
<u>CAPÍTULO 8: CONCLUSIONES</u>	85
<u>CAPÍTULO 9: RECOMENDACIONES</u>	88
<u>CAPÍTULO 10: BIBLIOGRAFÍA</u>	90
<u>CAPÍTULO 11: ANEXOS</u>	92

ÍNDICE DE TABLAS Y GRÁFICAS

TABLAS

Tabla 6.1 Calculo del tiempo de ciclo obtenido LHD Wagner	43
Tabla 6.2 Calculo del tiempo de ciclo obtenido scoop Wagner St 3.5 C.....	46
Tabla 6.3 Calculo del tiempo de ciclo obtenido Dumper Db 1200.....	50
Tabla 6.4 Calculo del tiempo de ciclo obtenido Cargador Cat 920	53
Tabla 6.5 Calculo del tiempo de ciclo obtenido Cargador Shantui SI20W	56
Tabla 6.6 Calculo del tiempo de ciclo obtenido Minicargador Cat 246 B	59
Tabla 6.7 Calculo del tiempo de ciclo obtenido Cargador JCB 426 HT	63
Tabla 6.8 Calculo del tiempo de ciclo obtenido Minicargador Terex TSR.....	66
Tabla 7.1 Parámetros considerados para la comparación de equipos sección 2.5 x 2.5	70
Tabla 7.2 Equipo óptimo sección 2.5 x 2.5 M2	76

4.4.1 Capacidad efectiva	31
4.4.2 Disponibilidad	31
4.4.3 Tiempo de ciclo.....	31
4.4.3.1 Tiempos fijos.....	31
4.4.3.2 Tiempos Variables	33
<u>CAPÍTULO 5: METODOLOGÍA</u>	35
5.1 Definición y motivación del problema.....	35
5.2 Objetivos del Estudio.....	36
5.3 Origen de la información	37
5.4 Ficha de visita a terreno	37
5.5 Metodología de trabajo.....	41
<u>CAPÍTULO 6: CASOS DE ESTUDIO</u>	42
6.1 Minas ubicadas en la provincia de Chañaral, comuna El Salado.....	42
6.1.1 Mina La negrita 1-44, Pertenencia número 9.....	43
6.1.2 Mina La negrita 1-44, Pertenencia número 16.....	46
6.1.3 Mina La negrita 1-44, Pertenencia número 17.....	49
6.2 Minas ubicadas en la provincia de Vallenar.....	52
6.2.1 Mina Santiago 2.....	53
6.2.2 Mina Improvisada 1 - 5	56
6.2.3 Mina San Lorenzo 1 – 12.....	59
6.3 Minas ubicadas en la provincia de Copiapó.....	62
6.3.1 Mina La Culebra	62
6.3.2 Mina Mark.....	65
<u>CAPÍTULO 7: ANÁLISIS DE RESULTADOS</u>	69
7.1 Selección del equipo adecuado para una sección de labor determinada. ...	70

Tabla 7.3 Parámetros considerados para la comparación de equipos sección 4 x 4	77
Tabla 7.4 Equipo óptimo sección 4 x 4 M2	83

GRÁFICOS

Gráfico 7.1 Comparación Rendimiento Horario	70
Gráfico 7.2 Comparación Costo Horario	71
Gráfico 7.3 Comparación costo y rendimiento horario	71
Gráfico 7.4 Comparación Costo por tonelada removida	72
Gráfico 7.5 Comparación rendimiento Horario	76
Gráfico 7.6 Comparación Costo Horario	77
Gráfico 7.7 Comparación Costo Horario y rendimiento horario.....	78
Gráfico 7.8 Comparación Costo por tonelada removida	79
Gráfico 7.9 Grafico de información general de equipos sección 2.5 x 2.5 M2 ...	79
Gráfico 8.0 Grafico de información general de equipos sección 4 x 4 M2	79

RESUMEN

La minería ha demostrado ser el principal impulsor del desarrollo económico de Nuestro país, es por ello que fomentar el continuo crecimiento de este negocio es de absoluta importancia para Chile.

El Estado chileno cuenta con la Empresa Nacional de Minería (ENAMI), cuya área de fomento está dedicada a promover el desarrollo de la pequeña y mediana minería, brindando los servicios requeridos para acceder al mercado de metales refinados. Para llevar a cabo esto, dispone de diferentes áreas de apoyo, tales como la asesoría en la preparación y evaluación de proyectos, reconocimiento de recursos y reservas, capacitación de personal, asignación de recursos crediticios para apoyar la puesta en operación de proyectos viables, además del proyecto PAMMA.

Como se ha podido verificar con el correr de los años, gran número de mineros, al momento de realizar la extracción de mineral, acuden a Enami, con el fin de recibir una recomendación de equipos de carguío y transporte, para utilizar en sus faenas, ya que este proceso corresponde a uno de los de mayor costo dentro del negocio minero.

Acá es donde surge el problema, debido a que Enami no cuenta con un estudio que permita a base de resultados, determinar los equipos más adecuados según las características del yacimiento.

Para esto se llevará a cabo un estudio en la oficina de Enami en la ciudad de Copiapó, analizando las pequeñas mineras de la tercera región de Chile.

El objetivo que tiene este estudio, es crear un modelo de selección de equipos de carguío y transporte, el cual permita a los pequeños mineros, orientarlos al momento de su adquisición, asegurando que la inversión sea la menor posible, pero a la vez que cumpla con la producción previamente establecida.

Durante el desarrollo del trabajo, se visitaron 9 faenas mineras, donde se recopiló información de los diferentes equipos que operan en el proceso de carguío, posterior a esto, se analizaron sus costos de utilización. Con esta información se pudo realizar una comparación de los costos de utilización de cada equipo, en función de la sección en que operan. De esta manera se pudo encontrar el equipo óptimo para una sección de $2.5 \times 2.5 \text{ M}^2$ y el equipo óptimo para una sección de $4 \times 4 \text{ M}^2$.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

Nuestro país realiza el apoyo al rubro minero, mediante el Ministerio de Minería, que tiene como misión principal, difundir y fomentar políticas mineras, que incorporen la sustentabilidad y la innovación tecnológica, a fin de maximizar el aporte sectorial al desarrollo económico, ambiental y social del país.

Para poder llevar a cabo esta labor, el ministerio trabaja junto con Enami, empresa que ha desarrollado políticas de fomento para la minería artesanal, pequeña y mediana.

En el trabajo del pequeño minero, el proceso de carguío y transporte corresponde a uno de los costos más elevados. Debido a esto, la selección de un equipo adecuado para la extracción del mineral, juega un rol fundamental, ya que este equipo debe ser del menor costo posible, pero que a la vez cumpla con los parámetros de producción definidos. Acá es donde existe el déficit de información adecuada, para recomendar y apoyar al pequeño minero en la adquisición de los equipos.

1.1 Objetivos

El principal objetivo de este trabajo es elaborar un modelo gráfico para la selección de equipos de carguío y transporte, adecuado a las características técnicas y económicas de una mina, de tal forma de ayudar a los mineros vinculados a Enami, para que puedan disminuir sus gastos de inversión y operación.

1.2 Motivación

Durante la historia de Nuestro país, el rubro minero ha tenido gran relevancia en el desarrollo económico de Chile, siendo la minería la principal actividad económica y que aporta la mayor fuente de ingresos fiscales.

Actualmente dentro del mundo de la minería, se encuentran tecnologías y equipamientos de último nivel, los cuales permiten una producción superior y en un menor tiempo. Pero estos equipos son adquiridos por grandes mineras, las cuales cuentan con reservas de alta magnitud, que permiten el financiamiento de los mismos. No obstante, también existen aquellas reservas de mucho menor tamaño, las cuales son explotadas por un menor número de trabajadores, donde sus condiciones de trabajo no son tan mecanizadas y la producción alcanzada es mucho menor. Este sector minero es el que requiere mayor apoyo estatal y desde este punto de vista, todas las acciones de mejoramiento tecnológico, fomento y capacitación son fundamentales para mejorar la posición empresarial del sector.

Por lo tanto, crear un modelo de selección de equipos de carguío y transporte para la pequeña minería de atacama, beneficiará directamente al productor, evitando que realice un gasto innecesario, ya que las fuentes de financiamiento son mucho más limitadas para quienes se desempeñan en este rubro minero.

1.3 Entorno y limitaciones

El lugar de trabajo en donde se desarrolla este estudio, es muy diferente a la gran minería, donde las condiciones de trabajo son de mayor calidad y seguridad. En cambio en el mundo de la pequeña minería se encuentra ante una incertidumbre permanente de las condiciones operacionales y donde las reservas explotables casi nunca son conocidas con exactitud.

Los sistemas de trabajo para el proceso productivo son los mismos que se aplican en las diferentes escalas de minería, pero los equipos utilizados son muy diferentes, lo que limita mucho más el ritmo de producción y tiempo de trabajo.

Por otra parte, las condiciones de seguridad no son del todo buenas, debido a alto costo que significa para estos mineros, realizar algún tipo de fortificación.

El sistema de carguío y transporte desarrollado en la pequeña minería, es similar al proceso realizado por la mediana y gran minería, pero la cantidad y el tamaño de los equipos es mucho menor, al igual que su ritmo de producción. Debido a esto, es muy común encontrar entre uno a dos equipos por faena minera, los cuales realizan ambas labores de carguío y transporte, a diferencia de minas más industrializadas, que tienen varios equipos para cada proceso en particular.

En la recopilación de datos que se llevará a cabo durante las visitas a terreno, existen parámetros dentro del cálculo de los tiempos de ciclo, que no podrán considerarse debido a las condiciones de trabajo y el tiempo de duración del estudio. Algunos de estos factores son: la resistencia a la rodadura que genera los diferentes tipos de terrenos a los equipos y la variación de las velocidades que sufre el equipo de transporte por efecto de la irregularidad de las pendientes presentes en las diferentes labores. Otro dato que será recopilado en terreno, pero que no será considerado para la comparación de los costos de la utilización de los equipos, corresponde al costo de operador, debido a que este valor es muy variable con respecto a la ubicación de la faena y la experiencia del operador. De esta manera, la comparación de los equipos será más certera en base al costo de su funcionamiento y utilización.

Debido a que la distancia de los trayectos realizados por los equipos de carguío varían según la mina que se visite, se deberá crear un trayecto común para realizar la comparación de los equipos y de esta manera los resultados obtenidos sean lo más real posible.

1.4 Geología y mineralogía de los sectores visitados

Las estructuras encontradas en las faenas mineras, corresponde a estructuras en forma de manto y veta principalmente. Las potencias encontradas varían entre 1.5 a 4 metros. En las rocas descritas, hospeda mineralización de cobre, que presenta principalmente: bornita, calcosina, calcopirita como sulfuros de cobre, y crisocola, atacamita, malaquita, cuprita como óxidos de cobre.

CAPÍTULO 2: ENAMI Y LA MINERÍA CHILENA

La empresa nacional de minería (ENAMI) es una empresa del Estado de Chile, cuya misión es fomentar el desarrollo de la pequeña y mediana minería, brindando los servicios requeridos para acceder al mercado de los metales refinados, en condiciones de competitividad.

Para cumplir con su misión ENAMI concreta su accionar en la gestión prioritaria de tres áreas insustituibles:

- **Fomento:** desarrollo de instrumentos de fomento y créditos. El fomento minero contempla el financiamiento de herramientas favorecen al desarrollo sustentable del sector, a través del reconocimiento de reservas, la asesoría en la preparación y evaluación de proyectos, la capacitación técnica, de seguridad y medio ambiente y la asignación de recursos crediticios para apoyar la puesta en operación de proyectos viables, incluyendo apoyo al equipamiento, desarrollo de las faenas, capital de trabajo y emergencias.
- **Producción:** procesamiento de los minerales en plantas de beneficio y fundición.
La cadena de producción se inicia con el beneficio de minerales, cuyo objetivo es agregar valor a la producción del sector de la pequeña minería, transformando minerales oxidados en cátodos mediante el proceso de lixiviación y electro obtención (SX – EW); y minerales sulfurados en concentrados de cobre a través del proceso de flotación y fundición, obteniéndose como el producto final ánodos y ácido sulfúrico.
- **Comercial:** Colocación de los productos en los mercados globalizados, en condiciones favorables para los pequeños y medianos productores. Este servicio permite cerrar el ciclo de desarrollo y explotación de

proyectos. Incluye la compra de minerales y productos mineros en condiciones de mercado y la venta de los productores en los mercados globalizados.

2.1 Dificultades de la pequeña minería

El mundo de la pequeña minería, es el que presenta mayor cantidad de adversidades. El mayor y principal problema, corresponde a que los capitales de inversión son mucho más escasos y limitados, es por ello que la relación de este rubro con Enami, es fundamental para su desarrollo, ya que tienen la oportunidad de recibir algún subsidio u opción de crédito, para realizar sus labores y/o adquirir algún equipo que mejore y facilite su producción diaria. En los últimos años, los pequeños mineros han ido introduciendo equipos tecnológicos en sus trabajos, ya que facilitan sus tareas notoriamente, pero sus precios a veces son altos y no disponen de dinero en el momento para adquirirlo.

Debido a estudios realizados, basados en constantes salidas a terreno, se pueden identificar numerosas dificultades para el rubro del pequeño minero:

- Escaso poder adquisitivo y de inversión.
- Condiciones de trabajo bastante riesgosas e incumplimiento de los requisitos del DS N° 132.
- Poca capacitación del personal de trabajo
- Baja presencia de gente joven, que favorezca la producción de mineral.
- Baja utilización de equipos mecanizados en el lugar de trabajo, lo cual limita la producción de mineral.
- Escasa planificación en la extracción de mineral.
- Poca cultura en el cuidado del medio ambiente.

Generalmente, el mundo de la pequeña minería, es un rubro en el cual las condiciones de trabajo no son las más adecuadas y el riesgo está presente en mayor magnitud en comparación con empresas de mediana y gran minería.

El desgaste físico de las personas es otro tema relevante, ya que generalmente el transporte de mineral, se realiza mediante esfuerzo físico, como es el caso de la utilización de carretillas, capachos entre otros elementos.

Un tema importante, corresponde a la escasa implementación de equipos mecanizados y nuevas tecnologías que faciliten el trabajo. Es posible encontrar en faenas mineras algún cargador frontal o scoop para el proceso de extracción y en el proceso de perforación, la utilización de perforadoras manuales principalmente.

En este rubro se trata de realizar el menor gasto posible, y muy pocas veces se invierte en la fortificación de labores, ya que significa elevados costos y lo que lamentablemente provoca contar con un lugar más inseguro para trabajar.

Es por este motivo, que es fundamental contar con empresas estatales que fomenten y ayuden el trabajo del pequeño minero. Ya que es su única manera de cumplir con todas las normas exigidas, permitiéndoles operar y trabajar con normalidad.

2.2 Labor de Enami con la pequeña minería

Como se sabe, Enami corresponde a una empresa estatal, destinada al apoyo de la pequeña y mediana minería.

Dentro de su organización, cuenta con el área de fomento, que mediante diferentes instrumentos concreta esta ayuda. A continuación se exponen sus principales actividades:

a) Programa de Desarrollo de Capacidades Competitivas: es un instrumento que permite que los pequeños mineros puedan incorporar y desarrollar capacidades técnicas y de gestión empresarial. Este instrumento se focaliza en tres ámbitos de acción: fomento a la innovación, transferencia tecnológica y capacitación.

b) Programa Reconocimiento de Recursos y/o Reservas y Planificación Minera: es un instrumento de fomento minero que consiste en apoyo financiero para realizar labores mineras y/o sondajes para determinar recursos y/o reservas mineras. El monto máximo anual aportado por Enami es de US\$ 200.000 por proyecto, incluidos los servicios profesionales.

c) Programa de Asistencia Técnica: Es un instrumento que tiene por objeto entregar apoyo durante el desarrollo de proyectos de pequeña minería por medio de asesoría especializada relacionada al proyecto.

d) Programa de Estudios Distritales: El objetivo de este programa es obtener información geológica básica de determinados distritos mineros. Los distritos que serán objeto de estudio son definidos por los profesionales de la gerencia de fomento de Enami según los lineamientos estratégicos de esta.

e) Asistencia crediticia: son créditos a productores de la minería metálica e industrial que no tienen acceso al mercado financiero formal y que cuentan con un proyecto minero viable. Los principales tipos de créditos son para la operación, emergencias, inversiones y desarrollo, y preparación de minas.

f) Contratos de arriendo a pequeños mineros: Enami cuenta con aproximadamente 263 mil hectáreas de propiedad minera, incluyendo pertenencias constituidas, en trámite de constitución, pedimentos y aquellas

que Codelco le traspasó a través de la Ley 19.137. En este ámbito, como un mecanismo para fomentar el desarrollo de los pequeños mineros y crear incentivos apropiados, Enami arrienda propiedad minera propia a los g) pequeños mineros para apoyar al sector en la generación de empleo y desarrollo. En el año 2012 se cursaron 23 de los 101 contratos de arriendo vigentes que tiene Enami con pequeños mineros. Los 101 contratos de arriendos dieron cuenta de ventas de minerales por 265.618 toneladas métricas secas, recibiendo Enami por concepto de regalías un 5% de dichas ventas, lo que generó a diciembre de 2012 ingresos por US\$ 877.722 para la empresa.

g) El PAMMA: es un programa de capacitación y transferencia tecnológica para la pequeña minería artesanal del Ministerio de Minería y ejecutado por Enami. Tiene como objetivo trabajar directamente con la minería artesanal para consolidar el emprendimiento minero para una mejor calidad de vida. Los proyectos de este programa tienen un carácter asociativo (Asociaciones de Mineros Artesanales) para fortalecer, a través de la entrega de maquinarias y equipamiento a este tipo de productores agrupados gremial o comercialmente y así mejorar sus condiciones de seguridad y competitividad.

2.3 Labor de Enami con la Mediana Minería

De las empresas de la mediana minería, 21 de ellas dan cuenta de contratos regulares de venta y maquila con ENAMI. El resto de las empresas de este sector opera en forma autónoma y exporta en forma directa su producción. Debido al tamaño de estas empresas, en forma individual tienen dificultades para tratar y comercializar su producción y acceder directamente a los mercados externos. Esta desventaja en la escala de producción provoca que estas empresas requieran el apoyo de Enami para comercializar sus productos. En el año 2012, Enami compró a los 21 productores de la mediana minería con quienes tienen contratos regulares de venta minerales

por US\$ 788,2 millones, alcanzando 1,36 millones de toneladas de minerales.

Las políticas de fomento que efectúa Enami a la mediana minería, a diferencia de la realizada a la pequeña minería, van enfocadas principalmente a la capacidad de tratamiento, poder de compra, comercialización y sustentación crediticia. Las principales políticas de fomento a este sector llevadas a cabo por Enami son las siguientes:

a) Contratos de Compra:

Relación contractual en que la empresa es un poder de compra y de comercialización de los productos de la mediana minería.

b) Operaciones de Mercado Futuro:

Servicios de intermediación de contratos de futuros por medio de fijación de precios u otro tipo de instrumentos financieros.

c) Sustentación Crediticia:

Instrumento de sustentación de precios (establecida en la política de fomento), mutuos, capital de trabajo y anticipos especiales de ventas.

d) Tratamiento productivo:

Enami apoya en el procesamiento productivo a la mediana minería a través de la construcción de plantas, maquila con terceros y en base a un modelo de concesiones de las plantas.

e) Constitución de propiedad Minera y Exploración:

Enami ha impulsado el traspaso de propiedad minera propia hacia la mediana minería como herramienta de fomento de la actividad y así generar nuevos recursos geológicos y económicos.

CAPÍTULO 3: ETAPAS DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PEQUEÑA MINERÍA NACIONAL

En la pequeña minería, se pueden encontrar los mismos procesos productivos, que se llevan a cabo en la mediana y gran minería. Estos procesos, son a menor escala debido a la magnitud de los proyectos que se están explotando, pero su realización y objetivo es el mismo. No obstante la seguridad continua siendo igual de relevante que en los otros sectores mineros, sobre todo porque la exposición a condiciones de riesgos es considerablemente mayor.

El Ministerio de Minería, a través de Sernageomin ha publicado 9 guías, las cuales indican el procedimiento a seguir para los pequeños mineros en sus procesos productivos. A continuación se describen las etapas claves del trabajo minero.

3.1 Perforación

La perforación es la operación que se realiza con la finalidad de crear huecos en el macizo rocoso, con una distribución y geometría adecuada, en donde se alojarán cargas explosivas.

En pequeña minería, el sistema usual de perforación es el de roto percusión que emplea energía neumática, y cuyos componentes principales son la perforadora manual, que es la fuente de la energía mecánica; las barras, que es el medio de transmisión de esa energía a partir de la acción de un pistón; el bit, que recibe la energía y es el elemento cortante de la roca, y el fluido de barrido, que efectúa la limpieza y evacuación del “detritus” o “fragmentos de la perforación” producidos.

En algunas operaciones de pequeña minería se ha incorporado el uso de pequeños jumbos de perforación (neumáticos o hidráulicos), lo que requiere

personal con capacitación especial para operar estos equipos, además de las instalaciones adicionales que requiere su operación.

En la región de Atacama el principal equipo de perforación utilizado, corresponde a la Perforadora YT-27, pues cerca del 80% de los productores hacen uso de esta perforadora. Estos equipos funcionan a base de perforación neumática, y los diámetros de barras que se pueden utilizar varían entre los 28 y 44 mm, y su largo puede variar entre 0.8 y 2.6 metros generalmente. El peso de este equipo es de 27 kg y cuentan con una base para dar la estabilidad de la perforadora. En su parte superior dispone de una base que permite un movimiento circular para dar diferentes orientaciones según la perforación que se necesite.

Sernageomin, define mediante el uso de la “guía N°4 de operación de la pequeña minería” los parámetros e indicaciones que se deben seguir para realizar el proceso de perforación y tronadura, esta guía es descrita a continuación:

3.1.1 Consideración en la perforación en la minería subterránea, según el manual de Sernageomin

En minería subterránea, la perforación se utiliza en los avances de las frentes de explotación, así como en la construcción de chimeneas y piques. Esta operación se realiza en húmedo para mantener la calidad del aire, minimizando el riesgo de enfermedades profesionales. La adición de agua, permite además el barrido del mineral molido, la refrigeración de las barras y el sellado de las paredes del tiro en terrenos fracturados, evitando el atascamiento de las barras.

Para realizar los trabajos de perforación, el personal a cargo deberá estar equipado con la ropa de trabajo, zapatos de seguridad (o botas), cascos,

protección auditiva apropiada y antiparras, y verificar que no existan condiciones de trabajo insegura en el área a perforar.

3.1.2 Perforación en minas rajo abierto

- La perforación en minas a rajo abierto, se puede realizar con equipo liviano tipo Jack Leg o del tipo Truck Drill, los que se ocuparán de acuerdo a la altura del banco.
- La perforación, debe ser igual a la altura del banco más la pasadura. La pasadura generalmente fluctúa entre 0 a 0,4 veces el burden, siendo el burden la separación que existe entre un tiro y la cara libre.
- Se debe utilizar captadores de polvo o perforación húmeda.
- Se deberá mantener un control permanente en los frentes de trabajo, respecto del desmoronamiento y desprendimiento de rocas susceptibles de generar accidentes, como así mismo de la estabilidad de las paredes y crestas de los bancos.

3.2 Tronadura

La tronadura corresponde al proceso de fragmentación instantánea que se produce en la roca por efecto de la detonación de explosivos depositados en el interior de la perforación previamente realizada. Tiene como objetivo fragmentar la roca, en un tamaño óptimo para su posterior carguío, extracción y procesamiento. La malla de disparo en la pequeña minería es creada generalmente, según la experiencia de cada persona en la mina donde se desempeña y no utilizan comúnmente parámetros teóricos para su realización.

3.2.1 Consideraciones para tronaduras en minería subterránea, según el manual de Sernageomín

Al igual que lo señalado en materia de perforación, la tronadura en minería subterránea se utiliza en los avances de los frentes de explotación, así como en la construcción de todo tipo de labores mineras.

- Se prohíbe el uso de escaleras para encender un disparo independientemente de la sección que tenga la frente.
- El ingreso del personal a las frentes deberá ser autorizado por el Responsable de la faena de acuerdo a las condiciones ambientales y de seguridad.

3.2.2 Consideraciones en minería Rajo abierto

- La tronadura solo podrá realizarse con luz natural.
- Antes de efectuar la tronadura se debe evacuar a todo el personal aislando completamente el área mina, ubicando los humanos en una distancia segura en todos los posibles accesos a la zona amagada.

3.3 Ventilación subterránea

3.3.1 Generalidades.

La ventilación en minas subterráneas cumple con los siguientes objetivos:

- Suministrar el oxígeno para la respiración de las personas,
- Proporcionar el volumen de aire para los equipos diésel e instalaciones subterráneas,
- Evitar la formación de mezclas explosivas,
- Diluir y extraer los gases tóxicos y polvo en suspensión,
- Reducir la temperatura.

Toda mina subterránea deberá disponer de Circuitos de Ventilación, natural o forzado, para mantener un suministro permanente de aire fresco y retorno del aire viciado.

El caudal de aire que circule por la mina dependerá del número de trabajadores, la extensión y sección de las labores, el tipo de maquinarias de combustión interna y las emanaciones de gases naturales de la mina.

3.3.2 Ventilación auxiliar

Como ventilación auxiliar se define aquellos sistemas que haciendo uso de ductos y ventiladores auxiliares, ventilan áreas restringidas de las minas subterráneas. En estos casos por tratarse de faenas mineras de bajo tonelaje este sistema se asocia como sistema de ventilación principal de la mina.

El objetivo de la ventilación es mantener las galerías en desarrollo y frentes de explotación, con un ambiente adecuado para el buen desempeño de hombres y máquinas, es decir, con un nivel de contaminación ambiental bajo las concentraciones máximas permitidas.

Los frentes de explotación o desarrollo que se encuentren distante de la corriente y la aireación de dicho sitio se haga lenta, deben emplearse ductos u otros medios auxiliares adecuados a fin que se produzca la renovación continua del aire.

3.3.3 Uso de aire comprimido en la ventilación

En lugares donde es difícil ventilar con aire natural o utilizando el sistema de ventilación soplante o aspirante, se puede hacer utilizando ventilación a base de aire comprimido. Este aire es generado por un compresor, y transportado al interior de la mina por una red.

3.3.4 Consideraciones técnicas para la ventilación de minas subterráneas

- En todos los lugares de la mina donde accede personal, el ambiente deberá ventilarse por medio de una corriente de aire fresco, de no menos de 3 metros cúbicos por minutos y por persona, en cualquier sitio de la mina, y la velocidad promedio no podrá ser mayor de 150 [m/min], ni inferior a 15 metros por minutos.
- En toda mina subterránea se deberá disponer de circuitos de ventilación natural o forzado a objeto de mantener un suministro permanente de aire fresco y retorno del aire viciado.
- En las minas se deberá realizar semestralmente un aforo de ventilación en las entradas y salidas principales de la mina, y anualmente un control general de toda la mina. Los resultados obtenidos a estos aforos deberán registrarse y mantenerse disponible para el Servicio.
- En las minas donde en el desarrollo de las galerías se use ventilación auxiliar, el extremo de la manga de ventilación no deberá estar a más de treinta metros de la frente.
- En caso de ser necesario ventilar galerías y/o chimeneas con aire comprimido se deberá adicionar a esto sopladores tipo Venturi.
- No se permitirá la ejecución de trabajos en el interior de las minas subterráneas cuya concentración de oxígeno en el aire, en cuanto a peso, sea inferior a 19,5 %.

3.4 Acuñaadura

La acuñaadura es la actividad destinada a detectar y hacer caer de manera controlada rocas que se encuentren ligeramente desprendidas del techo o cajas de una labor minera. Esta actividad es obligatoria y permanente en las

zonas agrietadas, así como el control de los riesgos al realizar la acuñadura. El personal que desarrolla esta actividad debe estar adecuadamente entrenado, de manera que sepa dónde y cómo ubicarse, y cómo manejar eficientemente las herramientas para realizar esta labor.

Toda galería que no esté fortificada, debe ser inspeccionada periódicamente a objeto de evaluar sus condiciones de estabilidad y requerimientos de "acuñadura", debiendo realizarse de inmediato las medidas correctivas ante cualquier anomalía detectada.

La caída de pequeñas piedras que alertan sobre posibles desprendimientos de rocas de mayor tamaño, se denomina goteo o graneo. Por su parte, la caída de rocas de mayor tamaño, generalmente en forma de láminas que se desprenden de la frente, techo o cajas en galerías subterráneas, o también de la cara de los bancos en minería a rajo abierto, se denomina planchón. Las herramientas destinadas a acuñar, se llaman "barretillas de seguridad", "llaucas" o "acuñadores". Sus dimensiones mínimas son de 1.2 metros para el trabajo en chimeneas, de 1.8 metros para labores de realce y 2.4 metros para otras labores, con un máximo de 4.5 metros. La barretillas deben tener buena resistencia a los golpes, fabricadas de fierro duro, aluminio o fibra de vidrio. No está permitido el uso de coligues en la acuñadura de galerías subterráneas, ni tampoco remplazar este elementos por otros como cucharas de carguío, brocas, picotas o el uso de las manos.

3.5 Fortificación

3.5.1 General

La fortificación es el conjunto de procedimientos que permiten mantener estable las labores cuando su condición no es auto soportante en una mina subterránea.

El rol fundamental de la fortificación es:

- Mantener las labores seguras y con una sección y dimensiones suficientes para la circulación del personal, equipos, aire, etc.
- Impedir el desmoronamiento de material fracturado.
- Disminuir el movimiento de las cajas, techo y piso (minería del carbón).
- Mantener la cohesión de los terrenos.
- El reconocimiento y tratamiento oportuno del terreno peligroso mediante fortificación, es vital para evitar que se produzcan accidentes, pérdidas en la producción o daños en los equipos.
- Se prohíbe trabajar o acceder a cualquier lugar de la mina que no esté debidamente fortificado.
- Solamente podrán quedar sin fortificación los sectores en los cuales su comportamiento sea conocido en cuanto a su condición de auto soporte, previa recomendación de un especialista, para estos efectos, se entiende por especialista al profesional descrito en el artículo N° 33 del Reglamento de Seguridad Minera.

3.6 Carguío y transporte

Corresponde al proceso de extracción del estéril o mineral, desde la frente en donde fue tronado el material, hasta su punto de destino. Corresponde a uno de los procesos de mayor valor dentro de los costos Mina.

Según la “Guía N° 2 de operación de para la pequeña minería, publicado por Sernageomin” los procedimientos que se deben seguir en el proceso de carguío y transporte son los siguientes:

3.6.1 Tipos de transporte

3.6.1.1 Transporte en minería subterránea

En labores subterráneas de pequeña minería, el transporte de materiales se realiza con carros manuales o equipos motorizados de bajo tonelaje (scoop, mini cargadores. Cargadores frontales), trasladando la marina al exterior (cancha, botadero) o a un pique de traspaso. Antes de iniciar el carguío y transporte, los operadores deberán verificar que existan condiciones seguras de trabajo en las frentes de carguío y galerías de transporte, que los equipos e instalaciones estén en buenas condiciones de operación, y que se cuenta con todos los elementos auxiliares de trabajo e insumos necesarios para la operación, según corresponda.

3.6.1.2 Transporte de mineral con equipos mecanizados

- Los operadores de equipos mecanizados deben mantener todo su cuerpo dentro del compartimiento de la cabina, y no permitirán llevar pasajeros.
- El ancho útil de la labor por la que transiten vehículos mecanizados (cargadores, scoops), deberá dejar un espacio mínimo de 50 centímetros a cada costado del equipo y desde la parte más elevada de la cabina hasta el techo de la labor.
- El tubo de escape de las maquinas diésel deberá ubicarse en la parte baja del vehículo, paralelo al chasis del equipo y por el lado contrario del operador.

3.6.1.3 Transporte vertical

Para transporte vertical a una menor cota, se utiliza normalmente el traspaso gravitacional por piques con tolvas o buzones en su parte inferior, y para extracción vertical hacia una mayor cota, lo normal es el uso de huinches o equipos similares.

3.6.1.4 Transporte con huinche

El transporte con huinche es aplicable a la extracción vertical de mineral, al transporte de materiales en general, y también al desplazamiento del personal. La operación de huinches tiene diversos riesgos de accidentes, tales como corte del cable, deterioro del balde o apertura de éste, deslizamiento del tambor, atrapamiento con el cable, atrapamiento con transmisiones, incendios, sobre todo cuando es diésel, y falla en los anclajes del huinche, entre otros.

Las personas que manejan el sistema (huincheros, portaloneros) deben permanentemente estar atentas a detectar y corregir condiciones y procedimientos de trabajo inseguro.

3.6.1.5 Transporte en minería rajo Abierto

El ancho y pendientes de caminos y rampas, deberán desarrollarse de acuerdo con las características de los vehículos y equipos de la faena minera, garantizando para todos ellos un tránsito seguro.

- Los caminos de la faena minera deberán contar con señalización de advertencias, velocidades máximas permitidas y zona de cruzamientos de vehículos y equipos.

- En los caminos o zonas de bancos que sea necesario, se deberá contar con bermas de seguridad y pretiles de contención.

CAPÍTULO 4: MARCO TEÓRICO

4.1 Definiciones vinculadas al proceso de carguío y transporte.

- Mineral: término minero que se refiere a la masa rocosa mineralizada o recurso que es susceptible de extraerse y procesarse con beneficio económico.
- Estéril: Se refiere al material que no tiene cobre (su ley está bajo la ley de corte), el cual es enviado a botaderos.
- Carguío y Transporte: constituyen las acciones que definen la principal operación en una faena minera. Estos son responsables del movimiento del mineral o estéril que ha sido fragmentado en un proceso de tronadura.
- Disponibilidad mecánica: corresponde al porcentaje de tiempo en que el equipo está disponible para operar y realizar la función para la que está diseñado, en relación con el tiempo total. Esta disponibilidad se expresa como % de disponibilidad.
- Eficiencia: corresponde al porcentaje de carga total que es efectivamente utilizado por el equipo al momento de cargar su balde. Esta eficiencia puede variar debido a condiciones del equipo, del trabajo o del personal.
- Utilización efectiva: definida como el tiempo en que el equipo realiza su función básica de diseño, se mide como la razón entre las horas efectivamente trabajadas y las horas nominales (totales).
- Capacidad: Se refiere al volumen de material que una unidad de carguío o transporte puede contener. La capacidad se puede expresar de dos maneras:
 - a) Capacidad rasa: El volumen de material en una unidad de carguío o transporte cuando es llenado hasta el tope, pero sin material los lados o llevado en algún accesorio externo, como los dientes del balde.

- b) Capacidad Colmada: Máximo volumen de material que una unidad de carguío o transporte puede manejar cuando el material es acumulado sobre los lados del contenedor.
- Capacidad Nominal: Capacidad de un determinado equipo, en términos del peso máximo que puede manejar. La mayoría de los equipos están diseñados para movilizar un determinado peso, en lugar de un volumen máximo.
 - Factor de esponjamiento: El incremento porcentual del volumen del material que ocurre cuando está fragmentado y ha sido sacado de un estado natural (volumen in situ) y depositado en un sitio no confinado. Puede expresarse como una fracción o como porcentaje.
 - Factor de llenado del balde: Un ajuste de la capacidad de llenado del balde de equipos de carguío. Se expresa generalmente como una fracción decimal y corrige la capacidad del balde al volumen que realmente puede mover, dependiendo de las características del material y su ángulo de reposo, y a la habilidad del operador para efectuar la maniobra de llenado del balde.
 - Ciclo: Al igual como la explotación de minas se describe generalmente como un ciclo de operaciones unitarias, cada operación unitaria tiene también una naturaleza cíclica. Las operaciones unitarias de carguío y transporte pueden dividirse en una rotación ordenada de pasos o sub operaciones. Los componentes más comunes en un ciclo de carguío con unidad discreta son: cargar, transportar, botar y regresar.
La suma de los tiempos considerados para completar un ciclo corresponde al tiempo de ciclo.

El objetivo del proceso de selección de equipos para el manejo de materiales, consiste en elegir un equipo o una combinación de estos que sea capaz de mover un volumen específico de material sobre una distancia conocida en un determinado periodo de tiempo.

En el caso de la pequeña minería, el proceso de selección de equipos para el carguío y transporte de material, es muy reducido, debido a que es un equipo es el que realiza ambas funciones. Es por ello que la determinación del equipo debe ser lo más óptima posible, facilitando las labores a realizar y reduciendo los tiempos y costo de producción.

4.2 Caracterización del proceso de carguío

4.2.1 Cuando se debe realizar el proceso de carguío

Una vez que el material haya sido tronado y que haya revisado el área, verificando que la operación sea segura (tiros quedados, colpas grandes, derrumbes, etc), se procede a preparar la zona de carguío; para lo cual se requerirá de equipos de apoyo como bulldozers, wheeldozer, cargadores de servicio, que dejen expedito para la operación de los equipos de carguío y transporte. Cumplido con esto se posiciona el equipo de carguío para iniciar la operación.

Es importante mencionar, que en la pequeña minería, no es común encontrar algún equipo de apoyo, que facilite el carguío del mineral, es por ello que el mismo equipo es el que realiza esta labor, para comenzar con el proceso.

4.2.2 En que consiste el carguío de material

Lo que se hace es cargar extraer el material quebrado desde la frente de operación por el equipo de carguío, para luego ser depositado en el equipo de transporte.

El equipo de carguío penetra el material fragmentado con su balde, llenándolo y desplazándolo hacia el punto de descarga, donde el balde es vaciado sobre la tolva del equipo de transporte. Esto se repite hasta que el equipo de transporte alcance su llenado operacional y sea remplazado por

otro equipo de transporte, para continuar cíclicamente hasta agotar el material de la frente de trabajo.

En la pequeña minería el proceso completo es realizado por un equipo, el cual es utilizado como equipo de apoyo para preparar la marina, luego es quien carga su balde y transporta el material hasta el punto de descarga, que puede ser la cancha o botadero, lo cual depende del tipo de material transportado.

4.2.3 Con que es realizado el carguío

La operación se realiza con equipos adecuados, según la descripción del proceso, es decir, dependiendo de la continuidad del proceso y los equipos involucrados. En general, para el carguío se cuenta con variados equipos como cargadores frontales, palas hidráulicas de excavación frontal o retro excavadoras, palas de cable, etc. Para el caso del transporte, el mercado ofrece camiones convencionales, camiones articulados, ferrocarriles, correas transportadoras.

La flota seleccionada tendrá relación directa con las características de la mina, tanto físicas, geométricas y operacionales.

4.3 Proceso de selección de equipos: caso general.

Los pasos básicos de selección de equipos de carguío y transporte son los siguientes:

4.3.1 Producción requerida

Los requerimientos de producción totales, pueden verse afectados por una serie de factores externos al proyecto. Estos pueden incluir, proyecciones de venta, contratos, cantidad de reservas y otras operaciones de la compañía. En base a estos antecedentes se debe definir la cantidad total de mineral a producir, esta información es muy común conocerla en el mundo de la

mediana y gran minería, donde se conoce las reservas del yacimiento a explotar, pero en cambio, en la pequeña minería, existe un escaso conocimiento de las dimensiones del cuerpo geológico, debido a que realizar una compañía de sondajes es casi imposible, producto de los altos costos que esto significa, es por ello, que las reservas presentes son estimadas con bastante incertidumbre.

4.3.2 Perfiles o recorridos de transporte

Equipos de base fija cargan en un punto y luego rotan en torno a su centro para descargar en otro punto. La máxima distancia horizontal sobre la cual un equipo puede cargar o botar el material se define como su alcance. La geometría del depósito a excavar es el factor primario para determinar el alcance requerido por el equipo.

Los recorridos de transporte se refieren a las distancias y pendientes que deben recorrer equipos móviles. Tanto para las unidades de transporte como para aquellas que combinan el carguío con el transporte, hay cierta distancia que debe ser recorrida para llegar al punto de descarga. Sin embargo, esta distancia no es necesariamente una línea recta. En el caso de una mina subterránea, la configuración espacial de las excavaciones determinará la distancia total a recorrer, aunque esto también puede verse afectado por factores tales como la ventilación y la disponibilidad de energía eléctrica, mientras que en una mina cielo abierto, la principal consideración es la topografía.

4.3.3 Tiempos de ciclo

El tiempo de ciclo para una operación unitaria puede dividirse en dos componentes principales. La primera componente la constituyen todas aquellas operaciones que tienen una duración relativamente constante de una aplicación a la próxima: virar, cambiar de posición, descargar y cargar.

Valores estimados del tiempo necesario para realizar cada una de estas funciones pueden obtenerse generalmente de la documentación del fabricante del equipo, este tiempo es conocido como tiempo fijo. En cambio la componente variable del ciclo, está asociada con el tiempo de viaje para equipos móviles y con el tiempo de giro en el caso de equipos de base fija.

Sabiendo que la tasa de producción es directamente proporcional a la capacidad e inversamente proporcional al tiempo de ciclo de la maquinaria seleccionada, el ingeniero puede hacer varias iteraciones de manera de definir un número de flotas de carguío y transporte para hacer comparaciones de costos.

4.3.4 Capacidad Efectiva

La relación general entre tasa de producción, duración del ciclo y capacidad, se puede establecer como:

$$\text{Tasa de producción} = \text{Capacidad} \times \left(\frac{\text{Número de ciclos}}{\text{Unidad de tiempo}} \right) \quad (4.1)$$

Cuando se han considerado todos los factores de eficiencia:

$$\text{Productividad} = \text{Tasa de producción} \times \text{factores de eficiencia} \quad (4.2)$$

El cálculo de la capacidad requerida es bastante directo cuando los requerimientos de producción han sido establecidos y se han estimado los tiempos de ciclo y los factores de eficiencia. Es importante recordar que los equipos están diseñados para manejar un cierto peso, por lo que en los cálculos finales, se debe considerar la densidad de material, su esponjamiento, para asegurar de que tiene la capacidad de manejar el material requerido.

4.3.5 Eficiencia

Corresponde al porcentaje de la tasa de producción estimada que es efectivamente utilizado por el equipo. Las reducciones de este valor, se puede ver afectado por problemas del equipo mismo o condiciones del personal; principalmente de su experiencia, o de las condiciones del lugar de trabajo.

4.3.6 Inversión y costos

La fase técnica del proceso de selección de equipos, es muy importante. Debido a esto debe realizarse una comparación de los equipos, considerando sus costos de capital, costos de operación y la vida útil de los equipos horas.

4.4 Cálculo de rendimiento horario

El rendimiento horario, es el resultado de la multiplicación entre la cantidad de material que un equipo puede transportar por ciclo, y el número de ciclos que realiza el equipo en una hora de trabajo.

El rendimiento horario de equipos de este tipo se calcula de la siguiente forma:

Rendimiento Horario (m^3/hr):

$$P.N (m^3/hr) = C.P.B (m^3) * 60 (Min/hr) / T.C (min) \quad (4.3)$$

En donde:

- T.C= tiempo de ciclo (Min)
- C.P.B = Capacidad promedio del balde en m^3
- F.E= Factor de eficiencia (%)

4.4.1 Capacidad Efectiva

$$C.P.B (m^3) = C.N.B (m^3) * F.C (%) \quad (4.4)$$

En donde:

- C.P.B = Capacidad promedio del balde en m³
- C.N.B= Capacidad nominal del balde en m³
- F.C = Factor de carga (%)

4.4.2 Disponibilidad

La disponibilidad se define como el porcentaje de tiempo durante el cual un equipo es capaz de realizar sus funciones específicas, dividido por el número total de horas en un periodo dado

$$\text{Disponibilidad} = (\text{Horas operacionales} + \text{Horas Reserva}) / \text{Horas hábiles} \quad (4.5)$$

4.4.3 Tiempo de ciclo

Corresponde a la suma de los tiempos de las maniobras que realiza la máquina de transporte y sus tiempos de desplazamiento, necesarios para completar un ciclo.

4.4.3.1 Tiempos Fijos (Tf)

Corresponde a aquellos tiempos de maniobras que no tienen muchas variaciones y pueden ser consideradas constantes dentro de un rango de tiempo. Dentro de los tiempos fijos encontramos:

Tiempo de carga: corresponde al tiempo que necesita el equipo, para llenar la capacidad efectiva de la pala o balde en donde realiza el transporte de

mineral. Este tiempo puede variar, en caso de que el equipo necesite de otro equipo auxiliar para ser cargado.

En este caso, el tiempo dependerá netamente, del número de paladas necesarias para cargar el equipo de transporte.

$$\text{N}^\circ \text{ de Paladas} = \frac{\text{Ctt}}{\text{Cc} \times \text{FLb} \times \text{Fe} \times \text{Dmis}} \quad (4.6)$$

Donde:

- Ctt: Capacidad Nominal de equipo de transporte (ton).
- Cc: Capacidad de la pala del equipo de carguío (M^3)
- FLb: Factor de llenado del balde (%), es una ajuste de la capacidad de llenado del balde de equipos de carguío, se escribe como fracción decimal y corrige la capacidad del balde, al volumen que realmente puede mover, dependiendo de las características del material y su ángulo de reposo.
- Fe: Factor de esponjamiento (%), corresponde al incremento fraccional del volumen del material que ocurre cuando está fragmentado y ha sido sacado de su estado natural.
- Dmis: Densidad de material insitu (ton/M^3)

Tiempo de carga (Tc): corresponde al tiempo de carguío del equipo y se calcula según la fórmula:

$$\text{Tc} = \text{N}^\circ \text{ de paladas} \times \text{Tcc} \quad (4.7)$$

Tcc: tiempo de ciclo del equipo de carguío (m).

- Generalmente en la pequeña minería, se encuentran equipos los cuales llenan la capacidad de su balde de manera independiente y no

necesitan de un equipo de carguío auxiliar para realizar este proceso. Es por ello que el tiempo de carga, vendría siendo definido por el tiempo que demora el equipo de transporte en llenar la capacidad efectiva su balde o pala.

Tiempo de descarga (Td): corresponde al tiempo necesario que demorar el equipo, en realizar la descarga del material y quedar listo para su posterior posicionamiento e inicio del nuevo ciclo de transporte.

Tiempo de Maniobra (Tm): Corresponde a todas aquellas maniobras realizadas por el operador que permiten llevar a cabo cualquiera de los dos procesos previamente mencionados (tiempo de carga y descarga de material). El tiempo de transporte depende de las condiciones de trabajo y del tipo de descarga del equipo.

4.4.3.2 Tiempos Variables (Tv):

Está determinado por el peso del equipo y las condiciones del camino. Además el tiempo de transporte dependerá de la calidad y pendiente del camino y del peso del equipo con su carga.

Una característica en la operación de estos equipos, es que deben moderar la velocidad de manera que los frenos funcionen sin superar la capacidad de enfriamiento del sistema. Este tiempo variable (TVt) está compuesto por la suma del tiempo de viaje vacío (TVdt) y el tiempo de viaje cargado (TVct).

Estos tiempos están definidos por la siguiente fórmula

$$TVdt \text{ o } TVct = \left(\frac{Dcht}{Vcht} \right) + \left(\frac{Dcst}{Vcst} \right) + \left(\frac{Dcct}{Vcct} \right) \quad (4.8)$$

Donde:

- Dcht (m): Distancias horizontales (pendiente 0 %)
- Dcst (m): Distancias en subida (pendiente > 0)

- Dc_{bt} (m): Distancias en bajada (pendiente < 0)
- Vc_{ht} (m/min): Velocidades en distancias horizontales
- Vc_{st} (m/min): Velocidades en subida
- Vc_{bt} (m/min): Velocidades en bajada.

Para el cálculo de las velocidades del equipo, cargado o vacío, con las que puede enfrentar los distintos tramos del recorrido, se utilizan los gráficos de rendimiento que lo proveedores de los vehículos de transporte entregan.

De esta manera el tiempo variable, queda determinado por:

$$TV = \text{Tiempo de viaje v (TV}_{dt}) + \text{tiempo de viaje c (TV}_{ct}) \quad (4.9)$$

Conocidos todos los tiempos que influyen en el tiempo de ciclo de un equipo de carguío, se determina:

$$\text{Tiempo de ciclo: Tiempos Fijos (T}_f) + \text{Tiempos Variables(T}_v) \quad (4.9.1)$$

Es importante mencionar, que en la pequeña minería esta información es generalmente desconocida por los productores, ya que solamente hacen utilización de los equipos disponibles y no analizan sus tiempos de ciclo ni costos aludidos.

Esta información permite realizar una comparación con otros equipos, y de esta manera optimizar los tiempos y costos de carguío de cada productor.

CAPÍTULO 5: METODOLOGÍA

5.1 Definición y motivación del problema

La empresa nacional de minería, está constantemente trabajando con el pequeño minero. Es por ello, que dispone del área de fomento mediante el cual realiza su ayuda. Dentro de las principales actividades que van en beneficio de los pequeños mineros, se encuentran las siguientes: reconocimiento de reservas, asesoría en la preparación y evaluación de proyectos, capacitación técnica, de seguridad y medio ambiente y la asignación de recursos crediticios para apoyar la puesta en operación de proyectos viables, incluyendo apoyo al equipamiento, desarrollo de las faenas, capital de trabajo y emergencias.

Fuera de todas estas medidas de apoyo, con el correr del tiempo las personas que se desempeñan en esta área, se han percatado que en muchas ocasiones los pequeños mineros realizan trabajos excesivos en sus faenas, lo cual provoca un gasto innecesario, que perjudica considerablemente su tiempo de producción, generando un aumento importante de sus costos. Uno de los procesos en el cual se puso atención durante las visitas a terreno, fue el de carguío y transporte, ya que en algunas oportunidades el equipo utilizado no era el óptimo, debido a sus magnitudes y costo que generaba su funcionamiento.

Acá fue donde surgió la problemática, al no contar con ningún estudio que a base de resultados, sea capaz de aconsejar al minero, en la selección de su equipo de carguío dependiendo del tipo de yacimiento que se estuviese operando.

Un ejemplo representativo de este problema, es el que ocurre en minera "CARITO" ubicado en la localidad de Inca de Oro. Esta faena es operada por 5 trabajadores, y el tipo de yacimiento corresponde a una veta. Cuyo mineral

principal son óxidos. El método de extracción es mediante un socavón, en donde el avance es por la misma dirección de la corrida del cuerpo mineralizado.

Realizada la visita a terreno, se pudo verificar que el socavón tiene una sección de 4 x 4 metros, debido a que se utiliza una retro excavadora para la extracción del material. Pero una vez que se ingresó a la frente, se pudo observar que la potencia del cuerpo era de aproximadamente de 1 a 1.2 metros en promedio, por lo que la sección en la que se trabaja, esta sobre dimensionada respecto al equipo utilizado, realizándose una excavación mayor que retrasa todo el trabajo y además aumenta en manera considerable los costos de perforación, tronadura y carguío entre otros. También aumenta considerablemente la dilución de estéril en el mineral, lo que provoca una disminución de la ley obtenida.

Este ejemplo fue uno de los casos que motivo la realización de este estudio, ya que, queda en duda, si un equipo de menor dimensión podría reducir los costos de carguío, debido a que la sección disminuiría, no obstante su extracción sería más lenta.

5.2 Objetivos del Estudio

Este trabajo de titulación tiene como principal objetivo, brindar apoyo al pequeño minero, en la selección de equipos de carguío según el tipo de yacimiento que este explotando.

Para ello se dispondrá de una base de datos, la cual permita elegir el equipo de mayor producción al menor costo posible, para un determinado tipo de yacimiento.

5.3 Origen de la información

Este estudio se llevará a cabo, realizando varias visitas a terreno dentro de las faenas mineras ubicadas en la tercera región de Atacama. Las faenas a visitar, utilizan el método de explotación subterráneo, utilizando socavones para la extracción del mineral.

Generalmente el avance se realiza por la misma corrida de la veta o manto, y cuando es de mayor magnitud, existe la creación de diferentes niveles, con el fin de obtener la mayor cantidad de mineral.

Se seleccionaron minas que presenten diferentes tipos de yacimientos, con la finalidad de que los resultados puedan ser aplicados a faenas mineras de otras regiones de Chile, en las cuales también tenga participación Enami. La selección de los tipos de yacimientos, se realizó según la potencia presente y las dimensiones del cuerpo mineralizado. Esto permitirá encontrar diferentes equipos de carguío, los cuales serán estudiados según su rendimiento horario y costo de mantención que presenten, de esta manera podremos realizar una comparación entre los resultados obtenidos.

5.4 Ficha de visita a terreno

Se creó una ficha, que fue utilizada en cada visita a las faenas mineras, con el fin de recopilar la información necesaria para el estudio del trabajo de titulación.

Los puntos que se tomaron en terreno, fueron elegidos con bastante sutileza, debido a que debía concentrar toda la información necesaria, para el posterior estudio y comparación de equipos.

Dentro de los antecedentes que se debieron llenar, se encuentran los siguientes;

- Antecedentes generales: corresponde a la información de la mina en general, como su ubicación, productor , nombre del dueño, entre otros puntos más.
- Antecedentes del yacimiento: Información característica del cuerpo mineralizado, como el tipo de estructura que se presenta, su potencia, corrida, etc.
- Datos del equipo: información muy importante, porque de acá se obtenían los costos asociados al funcionamiento del equipo presente, algunos de los datos a llenar son: Marca, modelo, peso del equipo, capacidad nominal y efectiva, costos de mantención, costo operador y otro más.
- Tabla de combustible: en esta sección se introduce la información necesaria para obtener el costo aludido al funcionamiento del equipo para calcular el gasto de combustible.
- Tabla tiempo de recorrido: en esta sección se busca determinar el tiempo de ciclo del equipo, con el fin de poder calcular su rendimiento horario.



FICHA DE OPERACIÓN EQUIPO MINERO

INFORMACIÓN GENERAL

OFICINA MINERA FECHA DE VISITA N° DOCUMENTO

MINA SIERRA REGIÓN

PROV COMUNA

PRODUCTOR

DOMICILIO

RUT N°

UBICACIÓN GEOGRÁFICA UTM

	ESTE	NORTE	COTA	DESCRIPCIÓN
PUNTO 1	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
PUNTO 2	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
PUNTO 3	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

ANTECEDENTES DEL YACIMIENTO

TIPO DE ESTRUCTURA	Veta	Manto	Masivo	Otro/
MANTEO	<input type="text"/>			
POTENCIA	<input type="text"/>			
RUMBO	<input type="text"/>			
CORRIDA	<input type="text"/>			
PROFUNDIDAD	<input type="text"/>			
MÉTODO DE EXPLOTACIÓN	<input type="text"/>			
PRODUCCIÓN	<input type="text"/>			
MINERAL	<input type="text"/>			
GANGA	<input type="text"/>			

DATOS DEL EQUIPO

MARCA	<input type="text"/>
MODELO	<input type="text"/>
CAPACIDAD NOMINAL	<input type="text"/>
CAPACIDAD REAL	<input type="text"/>
COSTO EQUIPO	<input type="text"/>
PESO EQUIPO VACÍO	<input type="text"/>
PESO EQUIPO CARGADO	<input type="text"/>
ANTECEDENTES (CATALOGO)	<input type="text"/>
CONSUMO DE COMBUSTIBLE	<input type="text"/>
VALOR COMBUS.	<input type="text"/>
VALOR INSUMOS	<input type="text"/>
VALOR MANCIÓN	<input type="text"/>
FREC. MANT / C OPERADOR	<input type="text"/>

TABLA DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE					
CICLO	DISTANCIA RECORRIDA	ESTANQUE LLENADO (mts)	LITROS RELLENADOS (mts)	HORAS TRABAJADAS	CONSUMO (mts/hrs)
1					
2					
3					
PROM					

TABLA DE ESCOGIDO				
BALDADA	MINERAL (ton)	ESTÉRIL (ton)	MINERAL (%)	ESTÉRIL (%)
PROMEDIO				

TIEMPO DE CARGUÍ Y TRANSPORTE							
RECORRIDO	TIEMPO FIJO			TIEMPO VARIABLE			TIEMPO DE CICLO
1	TM	TC	TD	DIST	PEND (%)	T RECORRIDO	

+

RECORRIDO	TIEMPO FIJO			TIEMPO VARIABLE			TIEMPO DE CICLO
2	TM	TC	TD	DIST	PEND (%)	T RECORRIDO	

RECORRIDO	TIEMPO FIJO			TIEMPO VARIABLE			TIEMPO DE CICLO
3	TM	TC	TD	DIST	PEND (%)	T RECORRIDO	

OBSERVACIONES

--

5.5 Metodología de trabajo.

El procedimiento que se llevará a cabo durante el desarrollo de este trabajo, tiene el siguiente orden:

1. Visitas a faenas mineras: etapa en donde se recopilará toda la información de los equipos, para su posterior interpretación y comparación.
2. Interpretación de la información recopilada en terreno: Esta etapa tiene como finalidad estudiar la información obtenida en la etapa previa. Para poder diferenciar los equipos que trabajan en secciones definidas.
3. Cálculo de costos de los equipos para un trayecto definido: En esta etapa, los equipos estudiados serán simulados para trabajar en un perfil de trayecto común, y de esta manera poder conocer los costos que generaría para el productor.
4. Resultados gráficos para la selección de equipos: Esta corresponde a la última etapa, en donde se interpretarán los resultados obtenidos en el punto anterior, con la finalidad de obtener mediante gráficos, los equipos óptimos para cada dimensión de labor.

CAPÍTULO 6: CASOS DE ESTUDIO

A continuación se describen los diferentes casos de estudio, en donde se realizó una visita a terreno para conocer los equipos de carguío utilizados y de esta manera poder realizar una comparación entre ellos, con la finalidad de obtener el equipo óptimo, para ocupar en diferentes tipos de yacimientos.

Las minas visitadas en este trabajo de titulación, se encuentran en la tercera región de atacama, provincia de Vallenar, Copiapó y Chañaral.

6.1 Minas ubicadas en la provincia de Chañaral, comuna El Salado.

El primer punto de estudio, se realizó en la provincia de Chañaral, en donde se visitaron las faenas mineras ubicadas en cerro negro, comuna El Salado. Acá se estudiaron 3 minas, las cuales presentaban características geológicas similares.

Cerro Negro, corresponde a uno de los principales puntos de abastecimiento de la planta El Salado de Enami. En este sector se explotan principalmente Óxidos de cobre, tales como la crisocola, atacamita y malaquita entre otros. Debido a que los productores comparten el mismo yacimiento, las vetas explotadas comparten características similares, en su potencia, profundidad, rumbo y manteo, lo cual es favorable para el estudio realizado.

A continuación se escriben los resultados de la información recopilada de cada productor, y en la sección de anexos podremos encontrar con mayor detalle, la información de cada segmento, tales como información general, datos del equipo, gastos asociados, relación estéril mineral y tiempos de ciclo en sus trayectos.

Minas Visitadas:

- Mina la negrita 1-44, pertenencia número 9
- Mina la negrita 1-44, pertenencia número 16

- Mina la negrita 1-44, pertenencia número 17

6.1.1 Mina La negrita 1-44, Pertenencia número 9.

El productor de esta mina es don Juan Alfaro, quien posee solo un punto de explotación. Cuenta con 5 trabajadores y su turno es de lunes a viernes de 08:00 am a 12:00 pm y 13:00 pm a 17:00 pm. Los días sábados tiene jornada desde las 08:00 am a 13:00 pm, completando con las 45 horas semanales. Con respecto a la labor, mediante la cual realiza la explotación de la veta, posee una sección de 2.6 m x 2.6 m. El largo de los tiros de perforación es de 2 metros con un avance efectivo de 1.8 metros y la densidad promedio es de 2.7 gr/cm³.

Para la extracción del mineral ocupa un scoop cuya capacidad nominal es de 1 yarda cúbica y sus dimensiones son de 3.5 metros de largo, 1.8 metros de ancho y 1.8 metros de alto. El factor de llenado para el balde del equipo, es de 85%. Su vida útil es de 15 años, de los cuales lleva 10 años operando y su costo de adquisición de es Us\$ 70.000.

Toda esta información permite conocer, cual es el número de ciclos que demora el equipo en extraer el mineral de la frente, cual es el gasto que genera por hora de trabajo, en donde se incluye el costo de combustible y todos los demás costos asociados a su funcionamiento.

Cálculo de la capacidad Efectiva del balde:

- Capacidad Efectica = Capacidad nominal * Factor de llenado
- Capacidad Efectica = 1.308 * 0.85
- Capacidad Efectica = 1.1 Toneladas

Cálculo del número de ciclos que deberá realizar el equipo para extraer la marina.

- Número de ciclos = $\frac{\text{Tonelaje a remover}}{\text{Capacidad efectiva}}$
- Número de ciclos = $\frac{2.6*2.6*2.7*1.8}{1.1}$
- Numero de ciclos = 29.5 = 30 ciclos

Otros de los datos recopilados en terreno, fue el tiempo de ciclo que demoraba el equipo en dirigirse desde la boca mina hasta la frente de carguío y realizar la extracción del mineral, hasta el punto de descarga. La distancia desde el punto de descarga hasta la entrada del túnel, era de 30 metros con una pendiente del 0%, y la distancia desde el inicio de la labor hasta el punto de carguío era de 270 metros con una pendiente del 8 %.

El tiempo de ciclo está determinado por la suma del tiempo fijo y tiempo variable. En el caso de esta mina el tiempo fijo fue de 1.13 Minutos, desglosándose en Tiempo de maniobra = 36.5 segundos, tiempo de carga= 20.5 segundos y como tiempo de descarga= 11 segundos.

- Tabla 6.1 Cálculo del tiempo de ciclo obtenido

Recorrido	Tiempo Fijo			Tiempo Variable				Tpo Trayecto	Tpo Ciclo (m)
	Tm	Tc	Td	Dist (m)	Pend. (%)	T Recco	Velocidad	(Seg)	
1	36,5	20,5	11,0	270	-	87	11,18	1,45	
				270	+	95,5	10,18	1,59	
				60	0	24,5	8,82	0,41	
	1,13	Min						3,45	4,58

Con el tiempo de ciclo y el número de ciclos se puede calcular cuantas horas el equipo está en funcionamiento para poder realizar la extracción de la totalidad del mineral. Además del tiempo en que el equipo de carguío está trabajando, es necesario considerar un tiempo extra, durante su tarea de

extracción, en el cual el equipo realiza otro tipo de actividades ligadas al proceso, como limpiar el camino en caso de desprendimiento de rocas, acomodar la marina para facilitar el proceso de carga, estos tiempo generalmente corresponde a un 5 % del tiempo total de trabajo. Este dato, fue calculado durante las mediciones realizadas en terreno.

- Horas Operando Equipo en el día = $\frac{\text{Numero de ciclo} \cdot \text{Tiempo de ciclo(m)}}{60(\frac{\text{min}}{\text{hr}})}$
- Horas Operando Equipo en el día = $\frac{30 \cdot 4.58(\text{min})}{60(\frac{\text{min}}{\text{hr}})}$
- Horas Operando Equipo en el día = 2.41 horas.

Por otra parte, el costo de combustible por día de trabajo del equipo es:

- Costo combustible equipo día = 2.41 horas * 6.06 Us\$/hora
- Costo combustible equipo día = Us\$ 14.58

Además, se recabó información de gastos para el funcionamiento del equipo de carguío. Dentro de estos gastos encontramos: gastos de mantenciones y reparación = 105.69 Us\$/mes, gasto de neumáticos \$= 135.75US\$/mes y gasto de operador 975.61 Us\$/mes. También se determinó que el consumo de combustible realizado por el equipo es de 6.06 (lts/hr).

Con todos estos gastos calculados, se conoce el gasto mensual, que genera el equipo de carguío, en este caso el scoop 1YD.

- Costo Mensual Equipo = C. Comb. + C. Mant y Rep. + C. Neumaticos
- Costo Mensual Equipo = 22 * 14.58 Us\$ + 105.69 Us\$ + 135.5 Us\$
- Costo Mensual Equipo = 561.95 $\frac{\text{Us\$}}{\text{mes}}$

Esta información es fundamental para realizar la comparación entre los demás equipos que se utilizan en el proceso de carguío de mineral. Además, se puede inferir que para obtener una disminución en los costos de producción, el equipo debe disminuir su largo, ya que necesita de curvas de

mayor longitud en su recorrido, lo que provoca el aumento en la cantidad de metros que se desarrollan.

6.1.2 Mina La negrita 1-44, Pertenencia número 16.

El productor de esta mina es don Alberto Tapia, quien posee dos puntos de explotación y cuenta con aproximadamente 12 trabajadores. Su turno es de lunes a viernes de 08:00 am a 12:00 pm y 13:00 pm a 17:00 pm. Los días sábados tiene jornada desde las 08:00 am a 13:00 pm, completando con las 45 horas semanales.

Con respecto a las labores, mediante la cual realiza la explotación del yacimiento, poseen una sección de 4 m x 4 m. El largo de los tiros de perforación es de 2 metros con un avance efectivo de 1.8 metros y la densidad promedio es de 2.7 gr/cm³.

Para la extracción del mineral ocupa un scoop St – 3.5 C cuya capacidad nominal es de 3.5 yardas cúbicas y sus dimensiones son de 6 metros de largo, 2.6 metros de ancho y 2.5 metros de alto. El factor de llenado para el balde del equipo, es de 0.85. Su vida útil es de 20 años, de los cuales lleva 7 años operando y su costo de adquisición de es Us\$ 120.000.

Toda esta información permite conocer, cual es el número de ciclos que demora el equipo en extraer el mineral de la frente, cual es el gasto que genera por hora de trabajo, en donde se incluye el costo de combustible y todos los demás costos asociados a su funcionamiento.

Cálculo de la capacidad Efectiva del balde:

- Capacidad Efectica = Capacidad nominal * Factor de llenado
- Capacidad Efectica = 6 * 0.85
- Capacidad Efectica = 5.1 Toneladas

Cálculo del número de ciclos que deberá realizar el equipo para extraer la marina.

- Número de ciclos = $\frac{\text{Tonelaje a remover}}{\text{Capacidad efectiva}}$
- Número de ciclos = $\frac{4*4*2.7*1.8}{5.1}$
- Numero de ciclos = 15.24 = 16 ciclos

Otros de los datos recopilados en terreno, fue el tiempo de ciclo que demoraba el equipo en dirigirse desde la boca mina hasta la frente de carguío y realizar la extracción del mineral, hasta el punto de descarga. La distancia desde el punto de descarga hasta la entrada del túnel, era de 35 metros con una pendiente del 0%, y la distancia desde el inicio de la labor hasta el punto de carguío era de 220 metros con una pendiente del 8 %. El tiempo de ciclo está determinado por la suma del tiempo fijo y tiempo variable. En el caso de esta mina el tiempo fijo fue de 3.33 Minutos, desglosándose en Tiempo de maniobra = 110 segundos, tiempo de carga= 70 segundos y como tiempo de descarga= 20 segundos. El tiempo de carga es mayor, debido a que en la frente de carguío, había un cargador frontal de menor dimensión, el cual que terminaba de cargar el balde del scoop, ya que debido a las condiciones de la roca fragmentada, no era posible cargarlo en totalidad por sí mismo, lo cual retrasaba el proceso.

- Tabla 6.2 Cálculo del tiempo de ciclo obtenido

Recorrido	Tiempo Fijo			Tiempo Variable				Tpo Trayecto (Seg)	Tpo Ciclo (m)
	Tm	Tc	Td	Dist (m)	Pend. (%)	T Recco	Velocidad		
1	110,0	70,0	20,0	220	-	125	6,34	2,08	
				220	+	187,5	4,22	3,13	
				70	0	50	5,04	0,83	
	3,33	Min					6,04	9,38	

Con el tiempo de ciclo y el número de ciclos se puede calcular cuantas horas el equipo está en funcionamiento para poder realizar la extracción de la totalidad del mineral. Además del tiempo en que el equipo de carguío esta trabajando, es necesario considerar un tiempo extra, durante su tarea de extracción, en el cual el equipo realiza otro tipo de actividades ligadas al proceso, como limpiar el camino en caso de desprendimiento de rocas, acomodar la marina para facilitar el proceso de carga, entre otros. Estos tiempos generalmente corresponden a un 5 % del tiempo total de trabajo.

Este dato, fue calculado durante las mediciones realizadas en terreno.

- Horas Operando Equipo en el día = $\frac{\text{Numero de ciclo} \cdot \text{Tiempo de ciclo(m)}}{60 \left(\frac{\text{min}}{\text{hr}}\right)}$
- Horas Operando Equipo en el día = $\frac{16 \cdot 9.38(\text{min})}{60 \left(\frac{\text{min}}{\text{hr}}\right)}$
- Horas Operando Equipo en el día = 2.625 Horas

Por otra parte, el costo de combustible por día de trabajo del equipo.

- Costo combustible equipo día = 2.625 horas * 14.54 Us\$/hora
- Costo combustible equipo día = Us\$ 38.168

Además se conocieron los gastos aludidos para el funcionamiento del equipo de carguío, dentro de estos gastos encontramos; gastos de mantenciones y reparación = 162.6 Us\$/mes, gasto de neumáticos= \$372.69 US\$/mes y gasto de operador 1138.21 Us\$/mes. También se determinó que el consumo de combustible realizado por el equipo es de 14.54 (lts/hr).

Con todos estos gastos calculados, se conoce el gasto mensual, que genera el equipo de carguío, en este caso el scoop St – 6C.

- Costo Mensual Equipo = C. Comb. +C. Mant y Rep. +C. Neumaticos
- Costo Mensual Equipo = 22 * 38.168 Us\$ + 162.6 Us\$ + 372.69 Us\$
- Costo Mensual Equipo = 1.374 $\frac{\text{Us\$}}{\text{mes}}$

Esta información es fundamental para realizar la comparación entre los demás equipos que se utilizan en el proceso de carguío de mineral. Además, se puede inferir que para obtener una disminución en los costos de producción, el equipo debe disminuir su largo, ya que necesita de curvas de mayor longitud en su recorrido, lo que provoca el aumento en la cantidad de metros que se desarrollan, y la vez aumenta los tiempos de ciclo.

6.1.3 Mina La negrita 1-44, Pertenencia número 17.

El productor de esta mina es el señor Slobodan Novak, quien posee un punto de explotación y cuenta con 5 trabajadores. Su turno es de lunes a viernes de 08:00 am a 12:00 pm y 13:00 pm a 17:00 pm. Los días sábados tiene jornada desde las 08:00 am a 13:00 pm, completando con las 45 horas semanales.

Con respecto a las labores, mediante la cual realiza la explotación del yacimiento, poseen una sección de 3 m x 4 m. El largo de los tiros de perforación es de 2 metros con un avance efectivo de 1.7 metros y la densidad promedio es de 2.7 gr/cm³.

Para la extracción del mineral ocupa un Dumper DB -1200 cuya capacidad nominal es de 2.5 toneladas y sus dimensiones son de 3 metros de largo, 2.6 metros de ancho y 2.5 metros de alto. El factor de llenado para el balde del equipo, es de 0.85. Su vida útil es de 15 años, de los cuales lleva 12 años operando y su costo de adquisición de es Us\$ 31.000.

Toda esta información permite conocer, cual es el número de ciclos que demora el equipo en extraer el mineral de la frente, cual es el gasto que genera por hora de trabajo, en donde se incluye el costo de combustible y todos los demás costos asociados a su funcionamiento.

Cálculo de la capacidad Efectiva del balde

- Capacidad Efectica = Capacidad nominal * Factor de llenado
- Capacidad Efectica = $2.5 * 0.85$
- Capacidad Efectica = 2.13 Toneladas

Cálculo del número de ciclos que deberá realizar el equipo para extraer la marina.

- Número de ciclos = $\frac{\text{Tonelaje a remover}}{\text{Capacidad efectiva}}$
- Número de ciclos = $\frac{3*4*2.7*1.7}{2.13}$
- Número de ciclos = $25.86 = 26$ ciclos

Otros de los datos recopilados en terreno, fue el tiempo de ciclo que demoraba el equipo en dirigirse desde la boca mina hasta la frente de carguío y realizar la extracción del mineral, hasta el punto de descarga. La distancia desde el punto de descarga hasta la entrada del túnel, era de 20 metros con una pendiente del 0%, y la distancia desde el inicio de la labor hasta el punto de carguío era de 115 metros con una pendiente del 8 %.

El tiempo de ciclo está determinado por la suma del tiempo fijo y tiempo variable. En el caso de esta mina el tiempo fijo fue de 3.42 Minutos, desglosándose en Tiempo de maniobra = 75 segundos, tiempo de carga= 110 segundos y como tiempo de descarga= 20 segundos.

El tiempo de carga es mayor, debido a que en la frente de carguío, había un cargador frontal de menor dimensión, el cual cargaba el balde del dumper, debido a que su movimiento no le permite llegar hasta el piso, lo cual retrasaba el tiempo de carga del equipo.

- Tabla 6.3 Cálculo del tiempo de ciclo obtenido

Recorrido	Tiempo Fijo			Tiempo Variable				Tpo Trayecto	Tpo Ciclo (m)
	Tm	Tc	Td	Dist (m)	Pend. (%)	T Recco	Velocidad	(Seg)	
1	75,0	110,0	20,0	115	-	64,5	6,43	1,08	
				115	+	91,5	4,53	1,53	
				40	0	27	5,34065934	0,45	
	3,42	Min						3,05	6,47

Con el tiempo de ciclo y el número de ciclos se puede calcular cuantas horas el equipo está en funcionamiento para poder realizar la extracción de la totalidad del mineral. Además del tiempo en que el equipo de carguío esta trabajando, es necesario considerar un tiempo extra, durante su tarea de extracción, en el cual el equipo realiza otro tipo de actividades ligadas al proceso, como limpiar el camino en caso de desprendimiento de rocas, acomodar la marina para facilitar el proceso de carga, entre otros. Estos tiempos generalmente corresponde a un 5 % del tiempo total de trabajo.

- Horas Operando Equipo en el día = $\frac{\text{Numero de ciclo} \cdot \text{Tiempo de ciclo(m)}}{60 \left(\frac{\text{min}}{\text{hr}} \right)}$
- Horas Operando Equipo en el día = $\frac{26 \cdot 6.47(m)}{60 \left(\frac{\text{min}}{\text{hr}} \right)}$
- Horas Operando Equipo en el día = 2.94 horas.

Por otra parte el costo de combustible por día de trabajo del equipo.

- Costo combustible equipo día = 2.94 horas * 6.46 Us\$/hora
- Costo combustible equipo día = Us\$ 18.99

Además se conocieron los gastos aludidos para el funcionamiento del equipo de carguío, dentro de estos gastos encontramos; gastos de mantenencias y reparación = 162.6 Us\$/mes, Gasto de neumáticos= 59.62 Us\$/mes y gasto de operador 813.01 Us\$/mes. También se determinó que el consumo de combustible realizado por el equipo es de 6.46 (lts/hr).

Con todos estos gastos calculados, se conoce cuál es el gasto mensual, que genera el equipo de carguío, en este caso el Dumper Db 1200.

- Costo Mensual Equipo = C. Comb. +C. Mant y Rep. +C. Neumaticos
- Costo Mensual Equipo = $22 * 18.99 \text{ Us\$} + 162.6 \text{ Us\$} + 59.62 \text{ Us\$}$
- Costo Mensual Equipo = $640 \frac{\text{Us\$}}{\text{mes}}$

Esta información es fundamental para realizar la comparación entre los demás equipos que se utilizan en el proceso de carguío de mineral. Además, se puede inferir que para obtener una disminución en los costos de producción, el equipo debería tener un movimiento que le permite alcanzar el piso y de esta manera realizar el proceso de carguío, sin la necesidad de que un equipo auxiliar cargue su balde. Esta modificación, disminuirá notoriamente los tiempos de recorrido y costos de carguío.

6.2 Minas ubicadas en la provincia de Vallenar.

El segundo punto de estudio, se realizó en la provincia de Vallenar, en donde se visitaron las faenas mineras ubicadas en los alrededores de la ciudad. Acá fueron estudiadas 3 minas, las cuales explotaban tanto óxidos como sulfuros de cobre. En este punto de estudio, se encontró mayor variedad en los tipos de equipos utilizados en el proceso de carguío, lo cual favorece enormemente al estudio realizado.

A continuación se escriben los resultados de la información recopilada de cada productor, y en la sección de anexos podremos encontrar con mayor detalle, la información de cada segmento, tales como información general, datos del equipo, gastos asociados y tiempos de ciclo en sus trayectos de carguío.

Minas visitadas:

- Mina Santiago 2
- Mina Improvisada 1-5
- Mina San Lorenzo 1-12

6.2.1 Mina Santiago 2

El productor de esta mina es el señor Cipriano Márquez, quien posee un punto de explotación y cuenta con 5 trabajadores. Su turno es de lunes a viernes de 08:00 am a 12:00 pm y 13:00 pm a 18:00 pm, completando con las 45 horas semanales.

Con respecto a las labores, mediante la cual realiza la explotación del yacimiento, poseen una sección de 4 m x 4 m. El largo de los tiros de perforación es de 1.8 metros con un avance efectivo de 1.6 metros y la densidad promedio es de 2.7 gr/cm³.

Para la extracción del mineral ocupa un cargador frontal Caterpillar 920 cuya capacidad nominal es de 2.7 toneladas y sus dimensiones son de 5.7 metros de largo, 2.7 metros de ancho y 3.1 metros de alto. El factor de llenado para el balde del equipo, es de 0.85. Su vida útil es de 20 años, de los cuales lleva 16 años operando y su costo de adquisición de es Us\$ 60.000.

Toda esta información permite conocer, cual es el número de ciclos que demora el equipo en extraer el mineral de la frente, cual es el gasto que genera por hora de trabajo, en donde se incluye el costo de combustible y todos los demás costos asociados a su funcionamiento.

Cálculo de la capacidad Efectiva del balde

- Capacidad Efectica = Capacidad nominal * Factor de llenado
- Capacidad Efectica = 2.7 * 0.85

- Capacidad Efectica = 2.3 Toneladas

Cálculo del número de ciclos que deberá realizar el equipo para extraer la marina.

- Número de ciclos = $\frac{\text{Tonelaje a remover}}{\text{Capacidad efectiva}}$
- Número de ciclos = $\frac{4*4*2.7*1.6}{2.3}$
- Número de ciclos = 30.1 = 30 ciclos

Otros de los datos recopilados en terreno, fue el tiempo de ciclo, que demoraba el equipo en dirigirse desde la boca mina hasta la frente de carguío y realizar la extracción del mineral, hasta el punto de descarga. La distancia desde el punto de descarga hasta la entrada del túnel, era de 35 metros con una pendiente del 0%, y la distancia desde el inicio de la labor hasta el punto de carguío era de 135 metros con una pendiente del 5 %. El tiempo de ciclo está determinado por la suma del tiempo fijo y tiempo variable. En el caso de esta mina el tiempo fijo fue de 2.43 Minutos, desglosándose en Tiempo de maniobra = 105 segundos, tiempo de carga= 31 segundos y como tiempo de descarga= 10 segundos.

- Tabla 6.4 Cálculo del tiempo de ciclo obtenido

Recorrido	Tiempo Fijo			Tiempo Variable				Tpo Trayecto (Seg)	Tpo Ciclo (m)
	Tm	Tc	Td	Dist (m)	Pend. (%)	T Recco	Velocidad		
1	105,0	31,0	10,0	135	-	68	7,15	1,13	
				135	+	88	5,52	1,47	
				70	0	33	7,64	0,55	
	2,43	Min					3,15	5,58	

Con el tiempo de ciclo y el número de ciclos se puede calcular cuantas horas el equipo está en funcionamiento para poder realizar la extracción de la totalidad del mineral. Además del tiempo en que el equipo de carguío está

trabajando, es necesario considerar un tiempo extra, durante su tarea de extracción, en el cual el equipo realiza otro tipo de actividades ligadas al proceso, como limpiar el camino en caso de desprendimiento de rocas, acomodar la marina para facilitar el proceso de carga, entre otros. Estos tiempos generalmente corresponde a un 5 % del tiempo total de trabajo. Este dato, fue calculado durante las mediciones realizadas en terreno.

- Horas Operando Equipo en el día = $\frac{\text{Numero de ciclo} \cdot \text{Tiempo de ciclo(m)}}{60 \left(\frac{\text{min}}{\text{hr}}\right)}$
- Horas Operando Equipo en el día = $\frac{30 \cdot 5.58(\text{min})}{60 \left(\frac{\text{min}}{\text{hr}}\right)}$
- Horas Operando Equipo en el día = 2.93 horas.

Por otra parte el costo de combustible por día de trabajo del equipo es:

- Costo combustible equipo día = 2.93 horas * 14.54 Us\$/hora
- Costo combustible equipo día = Us\$ 42.6

Además se conocieron los gastos aludidos para el funcionamiento del equipo de carguío, dentro de estos gastos encontramos; gastos de mantenciones y reparación = 162.6 Us\$/mes, gasto de neumáticos= 166.3 US\$/mes y gasto de operador 1300.81 Us\$/mes. También se determinó que el consumo de combustible realizado por el equipo es de 14.54 (lts/hr).

Con todos estos gastos calculados, se conoce el gasto mensual, que genera el equipo de carguío, en este caso un cargador frontal Caterpillar 920.

- Costo Mensual Equipo = C. Comb. + C. Mant y Rep. + C. Neumaticos
- Costo Mensual Equipo = 22 * 42.6 Us\$ + 162.6 Us\$ + 166.3 Us\$
- Costo Mensual Equipo = 1.266 $\frac{\text{Us\$}}{\text{mes}}$

Esta información es fundamental para realizar la comparación entre los demás equipos que se utilizan en el proceso de carguío de mineral.

6.2.2 Mina Improvisada 1 - 5

El productor de esta mina es el señor Ignacio Cuellar, quien posee un punto de explotación y cuenta con 4 trabajadores. Su turno es de lunes a viernes de 08:00 am a 12:00 pm y 13:00 pm a 18:00 pm, completando con las 45 horas semanales. Con respecto a las labores, mediante la cual realiza la explotación del yacimiento, poseen una sección de 4 m x 4 m. El largo de los tiros de perforación es de 1.8 metros con un avance efectivo de 1.6 metros y la densidad promedio es de 2.7 gr/cm³.

Para la extracción del mineral ocupa un cargador frontal Shantui SL20W cuya capacidad nominal es de 2 toneladas y sus dimensiones son de 5.66 metros de largo, 2.05 metros de ancho y 2.75 metros de alto. El factor de llenado para el balde del equipo, es de 0.85. Su vida útil es de 15 años, de los cuales lleva 2 años operando y su costo de adquisición de es Us\$ 45.000.

Toda esta información permite conocer, cual es el número de ciclos que demora el equipo en extraer el mineral de la frente, cual es el gasto que genera por hora de trabajo, en donde se incluye el costo de combustible y todos los demás costos asociados a su funcionamiento.

Cálculo de la capacidad Efectiva del balde

- Capacidad Efectica = Capacidad nominal * Factor de llenado
- Capacidad Efectica = 2 * 0.85
- Capacidad Efectica = 1.7 Toneladas

Cálculo del número de ciclos que deberá realizar el equipo para extraer la marina.

- Número de ciclos = $\frac{\text{Tonelaje a remover}}{\text{Capacidad efectiva}}$
- Número de ciclos = $\frac{4*4*2.7*1.6}{1.7}$

- Número de ciclos = $40.7 = 41$ ciclos

Otros de los datos recopilados en terreno, fue el tiempo de ciclo que demoraba el equipo en dirigirse desde la boca mina hasta la frente de carguío y realizar la extracción del mineral, hasta el punto de descarga. La distancia desde el punto de descarga hasta la entrada del túnel, era de 10 metros con una pendiente del 0%, y la distancia desde el inicio de la labor hasta el punto de carguío era de 90 metros con una pendiente del 8 %.

El tiempo de ciclo está determinado por la suma del tiempo fijo y tiempo variable. En el caso de esta mina el tiempo fijo fue de 1.38 Minutos, desglosándose en Tiempo de maniobra = 37.5 segundos, tiempo de carga= 36.5 segundos y como tiempo de descarga= 9 segundos.

- Tabla 6.5 Cálculo del tiempo de ciclo obtenido

Recorrido	Tiempo Fijo			Tiempo Variable				Tpo Trayecto (Seg)	Tpo Ciclo (m)
	Tm	Tc	Td	Dist (m)	Pend. (%)	T Recco	Velocidad		
1	37,5	36,5	9,0	90	-	44	7,37	0,73	
				90	+	54	6,01	0,90	
				20	0	12	6	0,20	
	1,38	Min					1,83	3,22	

Con el tiempo de ciclo y el número de ciclos se puede calcular cuantas horas el equipo está en funcionamiento para poder realizar la extracción de la totalidad del mineral. Además del tiempo en que el equipo de carguío esta trabajando, es necesario considerar un tiempo extra, durante su tarea de extracción, en el cual el equipo realiza otro tipo de actividades ligadas al proceso, como limpiar el camino en caso de desprendimiento de rocas, acomodar la marina para facilitar el proceso de carga, entre otros. Estos tiempos generalmente corresponde a un 5 % del tiempo total de trabajo. Este dato, fue calculado durante las mediciones realizadas en terreno.

- Horas Operando Equipo en el día = $\frac{\text{Numero de ciclo} \cdot \text{Tiempo de ciclo(m)}}{60 \left(\frac{\text{min}}{\text{hr}}\right)}$
- Horas Operando Equipo en el día = $\frac{41 \cdot 3.22(\text{min})}{60 \left(\frac{\text{min}}{\text{hr}}\right)}$
- Horas Operando Equipo en el día = 2.31 horas.

Por otra parte, el costo de combustible por día de trabajo del equipo es:

- Costo combustible equipo día = 2.31 horas * 9.69 Us\$/hora
- Costo combustible equipo día = Us\$ 22.38

Además se conocieron los gastos aludidos para el funcionamiento del equipo de carguío, dentro de estos gastos encontramos; gastos de mantenciones y reparación = 78.05 Us\$/mes, gasto de neumáticos= 126.11 US\$/mes y gasto de operador 1300.81 Us\$/mes. También se determinó que el consumo de combustible realizado por el equipo es de 9.69 (lts/hr).

Con todos estos gastos calculados, se conoce el gasto mensual, que genera el equipo de carguío, en este caso un cargador frontal Shantui SL20W.

- Costo Mensual Equipo = C. Comb. +C. Mant y Rep. +C. Neumaticos
- Costo Mensual Equipo = 22 * 22.38 Us\$ + 78.05 Us\$ + 126.11 Us\$
- Costo Mensual Equipo = 696.52 $\frac{\text{Us\$}}{\text{mes}}$

Esta información es fundamental para realizar la comparación entre los demás equipos que se utilizan en el proceso de carguío de mineral. Para el caso particular de este equipo, debería poseer un motor de mayor potencia, ya que al momento de realizar la carga de mineral, necesita de muchos movimientos para cargar el balde.

6.2.3 Mina San Lorenzo 1 – 12

El productor de esta mina es el señor Patricio Espina, quien posee dos puntos de explotación, pero el punto estudiado corresponde al método subterráneo, en donde la labor se construye en dirección a la corrida de la veta, el equipo utilizado corresponde a un mini cargador cat 246 B. El productor cuenta con 9 trabajadores. Su turno es 10 días de trabajo por 5 días de trabajo.

Con respecto a las labores, mediante la cual realiza la explotación del yacimiento, poseen una sección de 3 m x 3 m. El largo de los tiros de perforación es de 1.8 metros con un avance efectivo de 1.6 metros y la densidad promedio es de 2.7 gr/cm³. Para la extracción del mineral ocupa un mini cargador Caterpillar 246B cuya capacidad nominal es de 0.975 toneladas y sus dimensiones son de 3.7 metros de largo, 1.67 metros de ancho y 2.7 metros de alto. El factor de llenado para el balde del equipo, es de 0.85. Su vida útil es de 5 años, de los cuales lleva 2 años operando y su costo de adquisición de es Us\$ 35.000.

Toda esta información permite conocer, cual es el número de ciclos que demora el equipo en extraer el mineral de la frente, cual es el gasto que genera por hora de trabajo, en donde se incluye el costo de combustible y todos los demás costos asociados a su funcionamiento.

Cálculo de la capacidad Efectiva del balde

- Capacidad Efectica = Capacidad nominal * Factor de llenado
- Capacidad Efectica = 0.975 * 0.85
- Capacidad Efectica = 0.83 Toneladas

trabajando, es necesario considerar un tiempo extra, durante su tarea de extracción, en el cual el equipo realiza otro tipo de actividades ligadas al proceso, como limpiar el camino en caso de desprendimiento de rocas, acomodar la marina para facilitar el proceso de carga, entre otros. Estos tiempos generalmente corresponde a un 5 % del tiempo total de trabajo. Este dato, fue calculado durante las mediciones realizadas en terreno.

- Horas Operando Equipo en el día = $\frac{\text{Numero de ciclo} \cdot \text{Tiempo de ciclo(m)}}{60 \left(\frac{\text{min}}{\text{hr}}\right)}$
- Horas Operando Equipo en el día = $\frac{47 \cdot 3.27(\text{min})}{60 \left(\frac{\text{min}}{\text{hr}}\right)}$
- Horas Operando Equipo en el día = 2.69 horas.

Por otra parte el costo de combustible por día de trabajo del equipo es:

- Costo combustible equipo día = 2.69 horas * 9.69 Us\$/hora
- Costo combustible equipo día = Us\$ 26.06

Además se conocieron los gastos aludidos para el funcionamiento del equipo de carguío, dentro de estos gastos encontramos; gastos de mantenciones y reparación = 162.6 Us\$/mes, gasto de neumáticos= 455.28 US\$/mes y gasto de operador 1300.81 Us\$/mes. También se determinó que el consumo de combustible realizado por el equipo es de 9.69 (lts/hr).

Con todos estos gastos calculados, se conoce el gasto mensual, que genera el equipo de carguío, en este caso un mini cargador Caterpillar 246B.

- Costo Mensual Equipo = C. Comb. +C. Mant y Rep. +C. Neumaticos
- Costo Mensual Equipo = 20 * 26.06 Us\$ + 162.6 Us\$ + 455.28 Us\$
- Costo Mensual Equipo = 1.139 $\frac{\text{Us\$}}{\text{mes}}$

Esta información es fundamental para realizar la comparación entre los demás equipos que se utilizan en el proceso de carguío de mineral. Se puede inferir de los resultados, que este equipo es adecuado para trabajar en

labores de pequeña dimensión, pero se recomienda modificar el tipo de neumáticos por unos de mayor resistencia, ya que, su duración es de tan solo 2 meses, lo que provoca un aumento considerable en la utilización del equipos.

6.3 Minas ubicadas en la provincia de Copiapó.

El tercer punto de estudio, se realizó en la provincia de Copiapó, en donde se visitaron las faenas mineras ubicadas en los alrededores de la ciudad. Acá fueron estudiadas 4 minas, las cuales explotaban tanto óxidos como sulfuros de cobre.

A continuación se escriben los resultados de la información recopilada de cada productor, y en la sección de anexos podremos encontrar con mayor detalle, la información de cada segmento, tales como información general, datos del equipo, gastos asociados y tiempos de ciclo en sus trayectos de carguío.

Minas Visitas:

- Mina La Culebra
- Mina Mark

6.3.1 Mina La Culebra

Esta mina posee un punto de explotación y su método de explotación, corresponde al subterráneo, en donde la labor se construye en dirección a la corrida de la veta. El equipo utilizado corresponde a un cargador Frontal JCB 426 HT.

El productor cuenta con 5 trabajadores. Su turno es 10 días de trabajo por 5 días de trabajo. Con respecto a las labores, mediante la cual realiza la explotación del yacimiento, poseen una sección de 4.5 m x 4.5 m. El largo

de los tiros de perforación es de 1.8 metros con un avance efectivo de 1.6 metros y la densidad promedio es de 2.7 gr/cm³.

Para la extracción del mineral ocupa un cargador Frontal 426 HT cuya capacidad nominal es de 4.8 toneladas y sus dimensiones son de 6.8 metros de largo, 2.48 metros de ancho y 3.24 metros de alto. El factor de llenado para el balde del equipo, es de 0.85. Su vida útil es de 20 años, de los cuales lleva 10 años operando y su costo de adquisición de es Us\$ 58.000.

Toda esta información permite conocer, cual es el número de ciclos que demora el equipo en extraer el mineral de la frente, cual es el gasto que genera por hora de trabajo, en donde se incluye el costo de combustible y todos los demás costos asociados a su funcionamiento.

Cálculo de la capacidad Efectiva del balde

- Capacidad Efectica = Capacidad nominal * Factor de llenado
- Capacidad Efectica = 4.8 * 0.85
- Capacidad Efectica = 3.6 Toneladas

Cálculo del número de ciclos que deberá realizar el equipo para extraer la marina.

- Número de ciclos = $\frac{\text{Tonelaje a remover}}{\text{Capacidad efectiva}}$
- Número de ciclos = $\frac{4.5*4.5*2.7*1.6}{3.6}$
- Número de ciclos = 25 ciclos

Otros de los datos recopilados en terreno, fue el tiempo de ciclo que demoraba el equipo en dirigirse desde la boca mina hasta la frente de carguío y realizar la extracción del mineral, hasta el punto de descarga. La distancia desde el punto de descarga hasta la entrada del túnel, era de 65 metros con una pendiente del 10%, y la distancia desde el inicio de la labor hasta el punto de carguío era de 45 metros con una pendiente del 0 %.

El tiempo de ciclo está determinado por la suma del tiempo fijo y tiempo variable. En el caso de esta mina el tiempo fijo fue de 1.2 Minutos, desglosándose en Tiempo de maniobra = 44 segundos, tiempo de carga = 16.5 segundos y como tiempo de descarga = 11.5 segundos.

- Tabla 6.7 Cálculo del tiempo de ciclo obtenido

Recorrido	Tiempo Fijo			Tiempo Variable				Tpo Trayecto	Tpo Ciclo (m)
	Tm	Tc	Td	Dist (m)	Pend. (%)	T Recco	Velocidad	(Seg)	
1	44,0	16,5	11,5	65	-	24	9,77	0,40	
				65	+	47	5,04	0,78	
				90	0	37	8,76	0,62	
	1,20	Min					1,79	2,99	

Con el tiempo de ciclo y el número de ciclos se puede calcular cuantas horas el equipo está en funcionamiento para poder realizar la extracción de la totalidad del mineral. Además del tiempo en que el equipo de carguío esta trabajando, es necesario considerar un tiempo extra, durante su tarea de extracción, en el cual el equipo realiza otro tipo de actividades ligadas al proceso, como limpiar el camino en caso de desprendimiento de rocas, acomodar la marina para facilitar el proceso de carga, entre otros. Estos tiempos generalmente corresponde a un 5 % del tiempo total de trabajo. Este dato, fue calculado durante las mediciones realizadas en terreno.

- Horas Operando Equipo en el dia = $\frac{\text{Numero de ciclo} \cdot \text{Tiempo de ciclo(m)}}{60 \left(\frac{\text{min}}{\text{hr}}\right)}$
- Horas Operando Equipo en el dia = $\frac{25 \cdot 2,99(\text{min})}{60 \left(\frac{\text{min}}{\text{hr}}\right)}$
- Horas Operando Equipo en el dia = 1.3 horas.

Por otra parte el costo de combustible por día de trabajo del equipo es:

- Costo combustible equipo día = 1.3 horas * 11.35 Us\$/hora
- Costo combustible equipo día = Us\$ 14.86

Además se conocieron los gastos aludidos para el funcionamiento del equipo de carguío, dentro de estos gastos encontramos; gastos de mantenciones y reparación = 317.46 Us\$/mes, gasto de neumáticos= 121.75 US\$/mes y gasto de operador 1.111 Us\$/mes. También se determinó que el consumo de combustible realizado por el equipo es de 12 (lts/hr).

Con todos estos gastos calculados, podemos conocer cuál es el gasto mensual, que genera el equipo de carguío, en este caso un cargador frontal JCB 426 HT.

- Costo Mensual Equipo = C. Comb. +C. Mant y Rep. +C. Neumaticos
- Costo Mensual Equipo = 22 * 14.86 Us\$ + 317.46 Us\$ + 121.75 Us\$
- Costo Mensual Equipo = 766.1 $\frac{\text{Us\$}}{\text{mes}}$

Esta información es fundamental para realizar la comparación entre los demás equipos que se utilizan en el proceso de carguío de mineral.

6.3.2 Mina Mark

Esta mina posee un punto de explotación y su método de explotación, corresponde al subterráneo, en donde la labor se construye en dirección a la corrida de la veta. El equipo utilizado corresponde a un Minicargador Terex TSR – 60. Su turno es de 5 x 2, trabajando de lunes a viernes de 08:00 am a 12:00 pm y 13:00 pm a 18:00 pm.

Con respecto a las labores, mediante la cual realiza la explotación del yacimiento, poseen una sección de 2.5 m x 2.5 m. El largo de los tiros de

perforación es de 1.8 metros con un avance efectivo de 1.6 metros y la densidad promedio es de 2.7 gr/cm³.

Para la extracción del mineral ocupa un Minicargador Terex TSR-60 cuya capacidad nominal es de 0.68 toneladas y sus dimensiones son de 3.47 metros de largo, 1.68 metros de ancho y 2.21 metros de alto. El factor de llenado para el balde del equipo, es de 0.85. Su vida útil es de 5 años, de los cuales lleva 1 año operando y su costo de adquisición de es Us\$ 25.000.

Toda esta información permite conocer, cual es el número de ciclos que demora equipo en extraer el mineral de la frente, cual es el gasto que genera por hora de trabajo, en donde se incluye el costo de combustible y todos los demás costos asociados a su funcionamiento.

Cálculo de la capacidad Efectiva del balde

- Capacidad Efectica = Capacidad nominal * Factor de llenado
- Capacidad Efectica = 0.68 * 0.85
- Capacidad Efectica = 0.58 Toneladas

Cálculo del número de ciclos que deberá realizar el equipo para extraer la marina.

- Número de ciclos = $\frac{\text{Tonelaje a remover}}{\text{Capacidad efectiva}}$
- Número de ciclos = $\frac{2.5*2.5*2.7*1.6}{0.58}$
- Número de ciclos = 47 ciclos

Otros de los datos recopilados en terreno, fue el tiempo de ciclo que demoraba el equipo en dirigirse desde la boca mina hasta la frente de carguío y realizar la extracción del mineral, hasta el punto de descarga. La distancia desde el punto de descarga hasta la entrada del túnel, era de 20

metros con una pendiente del 0%, y la distancia desde el inicio de la labor hasta el punto de carguío era de 25 metros con una pendiente del 0 %.

El tiempo de ciclo está determinado por la suma del tiempo fijo y tiempo variable. En el caso de esta mina el tiempo fijo fue de 0.92 Minutos, desglosándose en Tiempo de maniobra = 23 segundos, tiempo de carga= 21 segundos y como tiempo de descarga= 11 segundos.

- Tabla 6.8 Cálculo del tiempo de ciclo obtenido

Recorrido	Tiempo Fijo			Tiempo Variable				Tpo Trayecto (Seg)	Tpo Ciclo (m)
	Tm	Tc	Td	Dist (m)	Pend. (%)	T Recco	Velocidad		
1	22,5	21,5	11,0	20	-	12	6,27	0,19	
				20	+	15	4,82	0,25	
				50	0	32,5	5,57142857	0,54	
	0,92 Min							0,98	1,90

Con el tiempo de ciclo y el número de ciclos se puede calcular cuantas horas el equipo está en funcionamiento para poder realizar la extracción de la totalidad del mineral. Además del tiempo en que el equipo de carguío está trabajando, es necesario considerar un tiempo extra, durante su tarea de extracción, en el cual el equipo realiza otro tipo de actividades ligadas al proceso, como limpiar el camino en caso de desprendimiento de rocas, acomodar la marina para facilitar el proceso de carga, entre otros. Estos tiempos generalmente corresponde a un 5 % del tiempo total de trabajo. Este dato, fue calculado durante las mediciones realizadas en terreno.

- Horas Operando Equipo en el dia = $\frac{\text{Numero de ciclo} \cdot \text{Tiempo de ciclo (m)}}{60 \left(\frac{\text{min}}{\text{hr}} \right)}$
- Horas Operando Equipo en el dia = $\frac{47 \cdot 1.9 (\text{min})}{60 \left(\frac{\text{min}}{\text{hr}} \right)}$

- Horas Operando Equipo en el día = 1.56 horas.

Por otra parte el costo de combustible por día de trabajo del equipo es:

- Costo combustible equipo día = 1.56 horas * 5.82 Us\$/hora
- Costo combustible equipo día = Us\$ 9.08

Además se conocieron los gastos aludidos para el funcionamiento del equipo de carguío, dentro de estos gastos encontramos; gastos de mantenciones y reparación = 126.98 Us\$/mes, gasto de neumáticos= 444.44 US\$/mes y gasto de operador 1.269 Us\$/mes. También se determinó que el consumo de combustible realizado por el equipo es de 6.2 (lts/hr).

Con todos estos gastos calculados, se conoce el gasto mensual, que genera el equipo de carguío, en este caso un Minicargador Terex TSR-60.

- Costo Mensual Equipo = C. Comb. + C. Mant y Rep. + C. Neumaticos
- Costo Mensual Equipo = 20 * 9.08 Us\$ + 126.98 Us\$ + 444.44 Us\$
- Costo Mensual Equipo = 753.2 $\frac{\text{Us\$}}{\text{mes}}$

Esta información es fundamental, para realizar la comparación entre los demás equipos que se utilizan en el proceso de carguío de mineral. Se recomienda para este equipo, una modificación en el tipo de neumático que utiliza, ya que, su deterioro es muy rápido, lo cual provoca un elevado costo en la utilización de este mini cargador.

CAPÍTULO 7: ANÁLISIS DE RESULTADOS

Una vez recopilada la información durante las diferentes salidas a terreno, podemos realizar la comparación de los costos asociados a la utilización de cada equipo minero.

Esta comparación se realizará clasificando a los equipos según la sección de trabajo que necesitan para su operación. Los costos considerados para el análisis son los costos de mantenimiento y reparación del equipo, costo de cambio de neumáticos, costo del consumo de combustible, costo de adquisición y vida útil entre otros.

Debido a que los perfiles de transporte son diferentes en cada faena minera, se simuló un recorrido común para los equipos de una misma sección de labor, lo cual es posible, ya que se pudo conocer durante las salidas a terreno, las velocidades de desplazamiento de cada equipo minero. De esta manera se podrá conocer sus tiempos de ciclo para un recorrido determinado y además, sus costos de producción.

La manera que se utilizará para seleccionar el equipo adecuado, será calculando el costo unitario por tonelada - Kilometro (Us\$/Ton-Km), ya que este valor, incluye todos los costos necesarios para su funcionamiento.

Una vez obtenidos los resultados para cada equipo, será posible encontrar el equipo óptimo a utilizar en una sección determinada de labor.

Con esta información la Empresa Nacional de Minería podrá realizar una recomendación al momento de que un productor quiera elegir el equipo que utilizará para su proceso de carguío de mineral, lo que ayudará enormemente a los pequeños mineros a reducir sus costos de producción.

7.1 Selección del equipo adecuado para una sección de labor determinada.

Ahora se procede a realizar la comparación de los costos de cada equipo, los cuales trabajan en una sección determinada.

7.1.1 Sección 2.5 x 2.5 M²

Equipos estudiados:

- Scoop Wagner 1 YD³
- Minicargador Caterpillar 246 B
- Minicargador Terex TSR-60

Tabla 7.1 Parámetros considerados para la comparación de los equipos

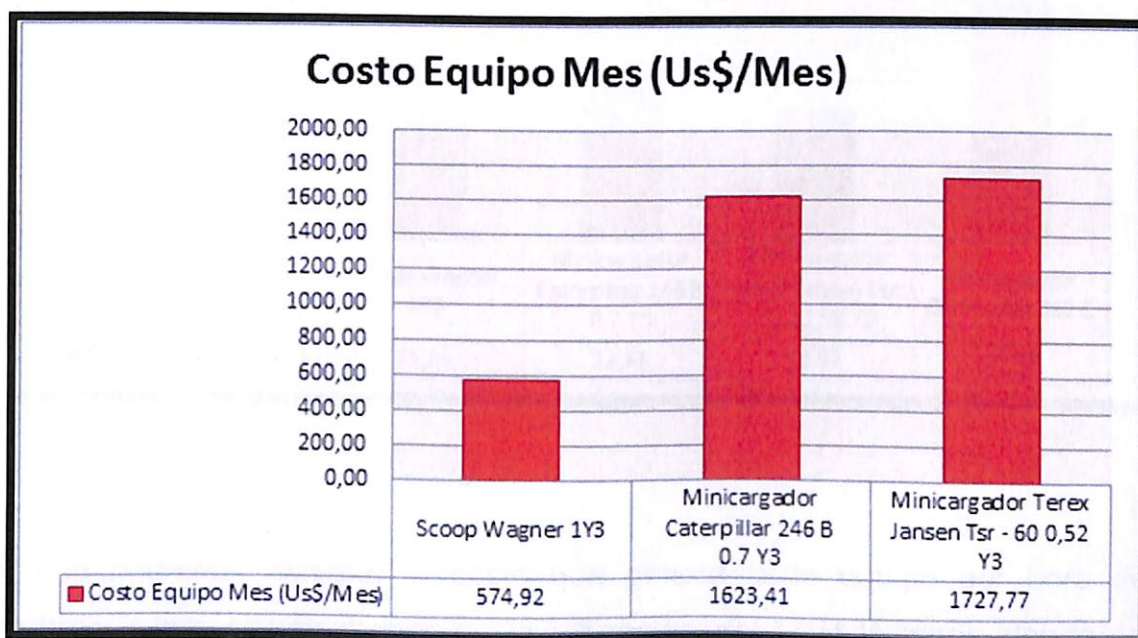
Comparación de equipos sección de 2,5 x 2,5		
Información de entrada		
Ancho	2,5	Metros
Alto	2,5	Metros
Densidad	2,7	Ton/M3
Metros de avance	1,8	Metros
Tonelaje a remover	30,375	Toneladas
Factor Conversion km/hr a M/Seg	16,67	Km/Hr a Mts/Seg
Distancias de trayectos Pendientes (5 a 10%)		
Distancia Boca mina - Frente de trabajo	165	Metros
Distancia Boca Mina -Punto de descarga (ida - Reg)	52	Metros ida y vuelta

Características turno Mina		
Horas Turno	9	Horas
Horas Necesarias Otros procesos mina	3,5	Horas
Tiempos Muertos	1	Hora
Máximo Tiempo del proceso de cargueo	4,5	Horas
% Tiempos de perdida Proceso Cargueo	5	%
Días Trabajados en Mes	22	Días
Costo promedio Operador Mes	\$1.111,11	Us\$/Mes
Costo Operador Por Hora	\$5,61	Us\$/Hr
Frecuencia de Matención	200	Horas
Precio Dolar	630	\$

En base a estos antecedentes, se puede estimar el tiempo de ciclo necesario para cada equipo en el proceso de carguío, y además, la cantidad de ciclos a realizar para extraer la totalidad de la marina. Con esto se puede conocer la cantidad de horas que estará operando el equipo por día, y sus costos de funcionamiento.

También se podrá determinar si el equipo es capaz de extraer el total del material en las horas disponibles para el proceso de carguío, que corresponden a 4.5 horas.

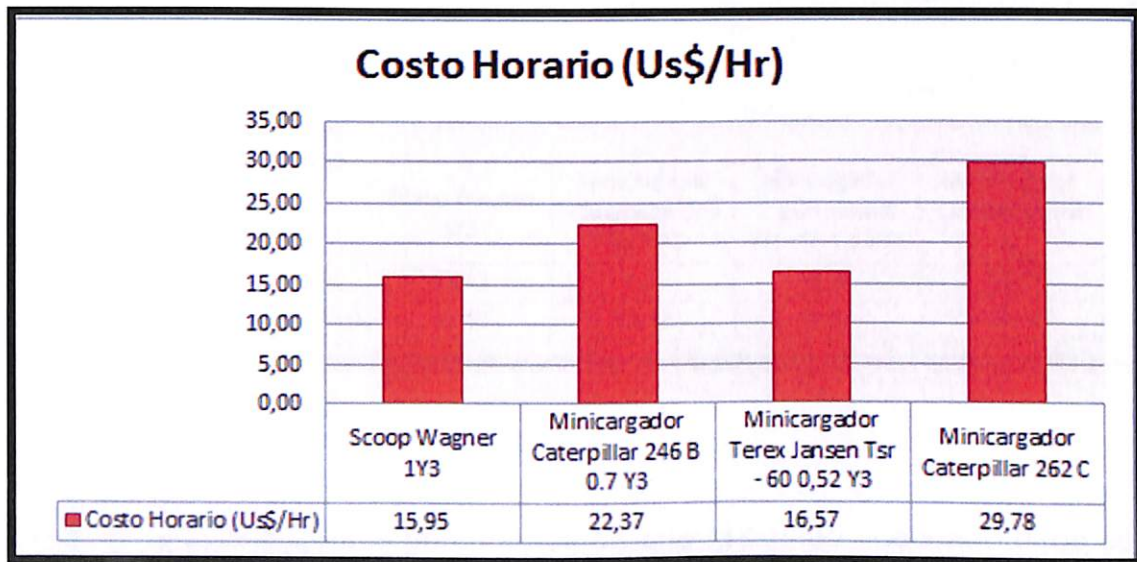
- Gráfico 7.1 Comparación Rendimiento Horario RH (Ton/Hr)



A primera vista se puede observar que el rendimiento horario mayor es de 18.53 toneladas removidas por hora de trabajo, asociado al equipo LHD Wagner 1 YD³. Esto se debe a que la capacidad efectiva de su balde es mayor y además sus velocidades de desplazamiento son más altas, lo que genera una menor cantidad de viajes con un tonelaje mayor por ciclo recorrido. Este dato, será de relevancia en la selección del equipo óptimo, ya que, el equipo escogido debe movilizar la mayor cantidad de toneladas por hora de trabajo. Además, se puede inferir que un equipo que transporte una

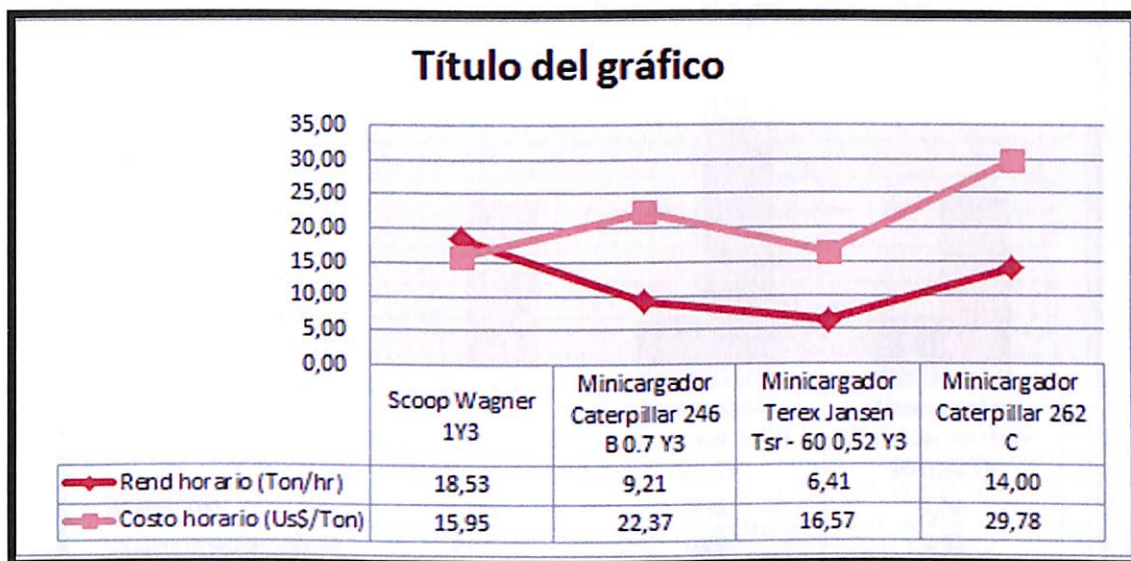
mayor cantidad de toneladas por hora, necesitará una menor cantidad de viajes para extraer la totalidad de la marina, no obstante, es necesario conocer los costos horarios, y de esta manera saber si aún sigue siendo conveniente la utilización del equipo.

- Gráfico 7.2 Comparación Costo Horario (Ch)



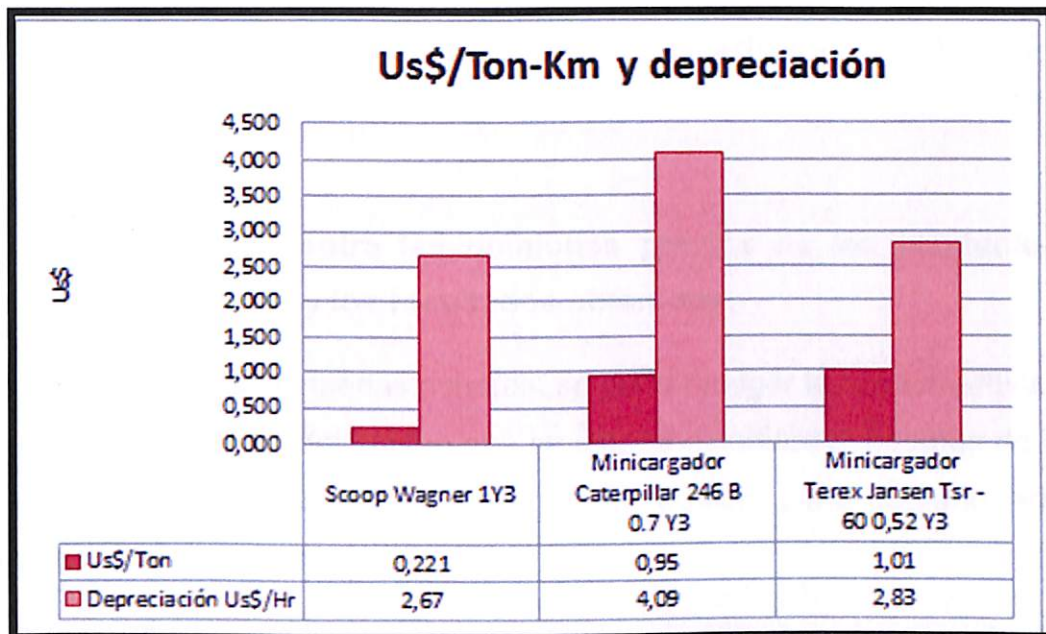
Como podemos apreciar el costo que genera cada equipo por hora de trabajo, sigue siendo menor en la utilización del LHD Wagner, donde se gastan 15.95 Us\$/hora de trabajo, valor que es menor en comparación al generado por los minicargadores.

- Gráfico 7.3 Comparación Costo horario y rendimiento horario de cada equipo (Ch y Rh)



Según el gráfico podemos percatarnos de que el equipo adecuado debe ser el que posea un mayor rendimiento horario y que a la vez su costo horario no sea tan elevado, de esta manera el equipo trabajará la menor cantidad de horas con un costo de operación mínimo en comparación a los demás equipos. Según este gráfico el mejor equipo es el LHD Wagner 1 Y3, debido a que su costo horario es el menor dentro los 3 equipos estudiados y a la vez su rendimiento horario es mayor, por ende, el equipo trabaja una menor cantidad de horas para extraer la totalidad de la marina y a un costo menor.

- Gráfico 7.4 Comparación Costo por tonelada removida (Us\$/Ton-Km) y Depreciación del equipo por hora de trabajo en base a su vida útil.



Este gráfico es el que se utilizó para realizar la comparación y selección del equipo adecuado para trabajar en una labor con sección de $2.5 \times 2.5 \text{ M}^2$, que en este caso el equipo corresponde al equipo LHD Wagner de 1 YD^3 , el cual genera el menor costo por tonelada removida en un kilómetro recorrido, que corresponde a $0.221 \text{ Us\$/Ton-Km}$.

En el gráfico también se encuentra, la depreciación que sufre el equipo por cada hora de trabajo, en función de su vida útil. En este caso se puede observar, que el equipo con menor depreciación sigue correspondiendo al LHD Wagner, cuya depreciación por hora de trabajo es de $2.67 \text{ Us\$/Hr}$.

La selección de esta máquina, como el equipo óptimo, era esperable debido a que es un equipo construido para la minería, en cambio los minicargadores son equipos que fueron diseñados para utilizar en el rubro de la construcción y que con el correr de los años han sido insertos en la minería, debido que su costo de adquisición es mucho menor, pero no obstante se puede comprobar

que sus costos de operación son mucho más altos, y uno de los principales factores que eleva este valor, corresponde al costo de cambio de neumáticos, ya que se comprobó que el promedio de duración de estos neumáticos es de dos meses, lo que genera un gasto mensual de Us\$450 mensuales, a diferencia del que generar un scoop con un gasto de Us\$ 135.5 por mes.

7.1.1.1 Comparación entre las opiniones previas de los productores acerca de los equipos y los resultados obtenidos.

Durante las visitas a las faenas mineras, se pudo recoger la opinión previa de los productores acerca del equipo que se estaba estudiando, además de sus comentarios de porque habían escogido el equipo para utilizarlo en el proceso de carguío de mineral.

En el caso de los productores que usaban minicargadores en sus faenas, opinaban que el equipo era muy cómodo para secciones de menor magnitud, pero destacaban que los gastos que generaba el cambio de neumáticos era muy alto, ya que en promedio la duración que tenían era de aproximadamente 2 meses. Analizando esto, se puede comprobar mediante los resultados obtenidos, que si existieran neumáticos de mayor resistencia para este tipo de equipos, favorecería mucho a los productores, reduciendo sus costos de utilización.

En el caso de que el equipo pudiera contar con neumáticos que tuvieran una duración similar a la de un scoop, los costos unitarios generador por un minicargador, serían mucho menor, acercándose al que genera un Scoop Wagner de 1 YD³.

En cuanto al productor quién utilizaba el scoop, dijo que la única recomendación o modificación necesaria para un mejor funcionamiento del equipo, era su largo, ya que su operación requiere de un radio de giro mayor,

lo que obliga a construir curvas más extensas. Es por ello, que si el equipo fuera modificado y se redujera su largo, podría facilitar aún más el trabajo de los productores, evitando que deban contar con una mayor cantidad de metros para una curva en donde transite el LHD.

Tabla 7.2 Equipo óptimo sección 2.5 x 2.5 M²

Equipos que pueden operar en una sección 2,5 X 2,5 M²
Scoop Wagner 1y3
Minicargador Caterpillar 246 B 0,7 Y3
Minicargador Terex Jansen Tsr - 60, 0.52 Y3
Equipo Óptimo
Scoop Wagner 1y3

7.1.2 Sección 4 x 4 M²

Equipos estudiados:

- Cargador Caterpillar 920
- Cargador Shantui SL20W
- Cargador Caterpillar 426 HT
- Scoop Wagner St 3.5 C
- Dumper DB 1200

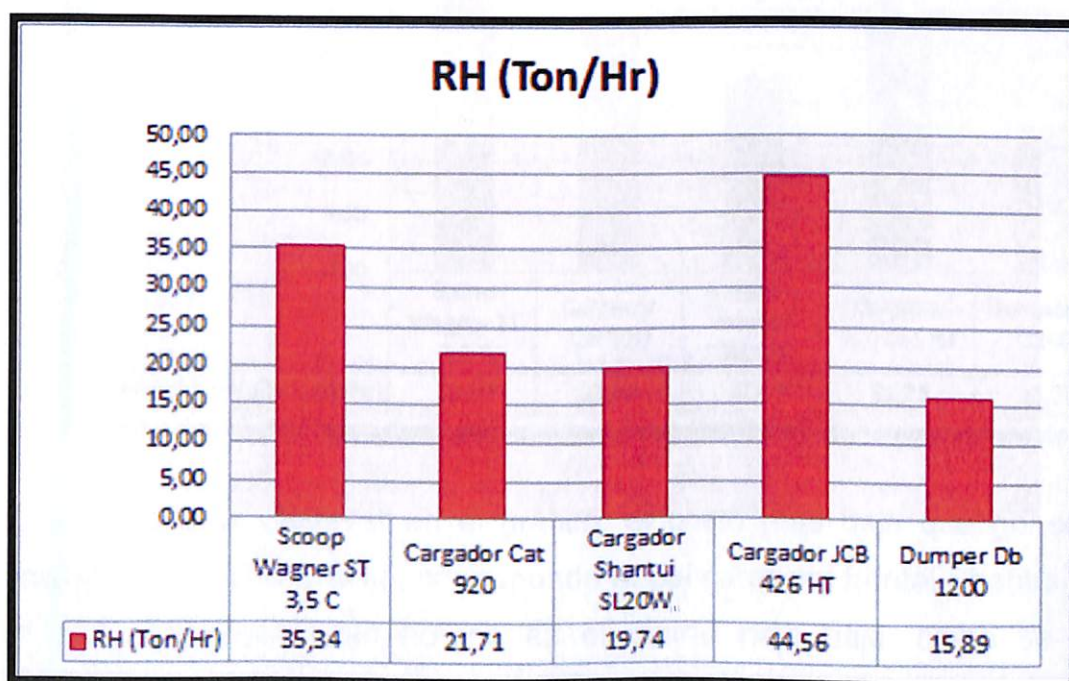
Tabla 7.3 Parámetros considerados para la comparación de los equipos

Comparación de equipos seccion de 4 x 4		
Información de entrada		
Ancho	4	Metros
Alto	4	Metros
Densidad	2,7	Ton/M3
Metros de avance	1,8	Metros
Tonelaje a remover	77,76	Toneladas
Factor Conversion km/hr a M/Seg	16,67	Km/Hr a Mts/Seg
Distancias de trayectos Pendientes (5 a 10%)		
Distancia Boca mina - Frente de trabajo	165	Metros
Distancia Boca Mina -Punto de descarga (ida - Reg)	52	Metros ida y vuelta

Características Turno Mina		
Horas Turno	9	Horas
Horas Necesarias Otros procesos mina	4,4	Horas
Tiempos Muertos	1	Hora
Máximo Tiempo del proceso de carguío	3,6	Horas
% Tiempos de perdida Proceso Carguío	5	%
Dias Trabajados en Mes	22	Dias
Costo promedio Operador Mes	\$1.111,11	Us\$/Mes
Costo Operador Por Hora	\$5,61	Us\$/Hr
Frecuencia de Matención	200	Horas
Precio Dolar	630	\$

En base a estos antecedentes, se puede estimar el tiempo de ciclo necesario para cada equipo en el proceso de carguío, y además la cantidad de ciclos a realizar para extraer la totalidad de la marina. Con esto se puede conocer la cantidad de horas que estará operando el equipo por día, y sus costos de funcionamiento. También se podrá determinar si el equipo es capaz de extraer el total del material en las horas disponibles para el proceso de carguío, que corresponden a 3.5 horas.

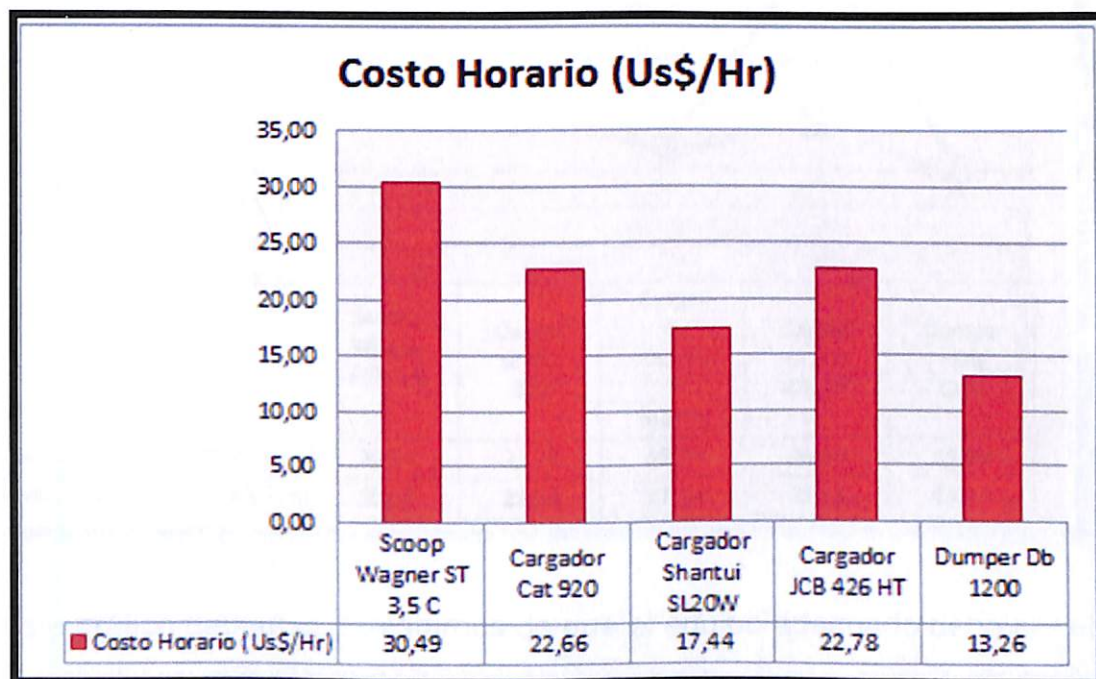
- Gráfico 7.5 Comparación Rendimiento Horario RH (Ton/Hr)



A primera vista se puede observar que el rendimiento horario mayor es de 44.56 toneladas removidas por hora de trabajo, asociado al equipo Cargador Caterpillar 426 HT. Esto se debe a que la capacidad efectiva de su balde es mayor en comparación a los demás equipos, y además sus velocidades de desplazamiento son más altas, lo que genera una menor cantidad de viajes con un tonelaje mayor por ciclo ejecutado. Además se puede inferir que un

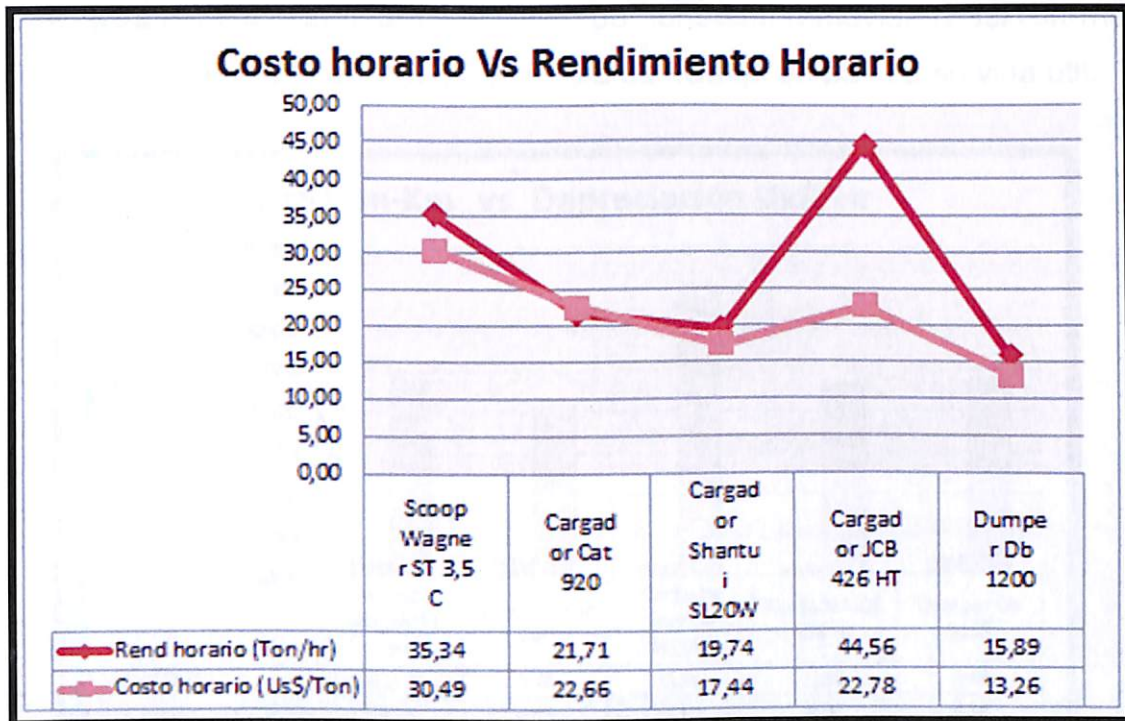
equipo que transporte una mayor cantidad de toneladas por hora, necesitara una menor cantidad de viajes para extraer la totalidad de la marina, no obstante, es necesario conocer los costos horarios, y de esta manera saber si aún sigue siendo conveniente la utilización del equipo

- Gráfico 7.6 Comparación Costo Horario (Ch)



Como podemos observar en el gráfico, el costo más bajo que genera un equipo por hora de trabajo, corresponde al del cargador frontal Shantui SL20 W, pero su rendimiento horario es el cuarto más bajo, como se pudo observar en el grafico anterior, lo que provoca que el equipo este una mayor cantidad de horas trabajando para retirar la totalidad del mineral, lo que provoca directamente un aumento en los costos de carguío. Acá ocurre lo señalado en el mismo gráfico de los equipos para una sección de 2.5 x 2.5 M². Debido que este equipo posee el menor costo horario, pero su rendimiento horario es muy bajo, lo que provoca que el equipo tenga que estar una mayor cantidad de horas operando, para extraer la totalidad de marina, provocando un aumento de los costos de carguío.

- Gráfico 7.7 Comparación Costo horario y rendimiento horario de cada equipo

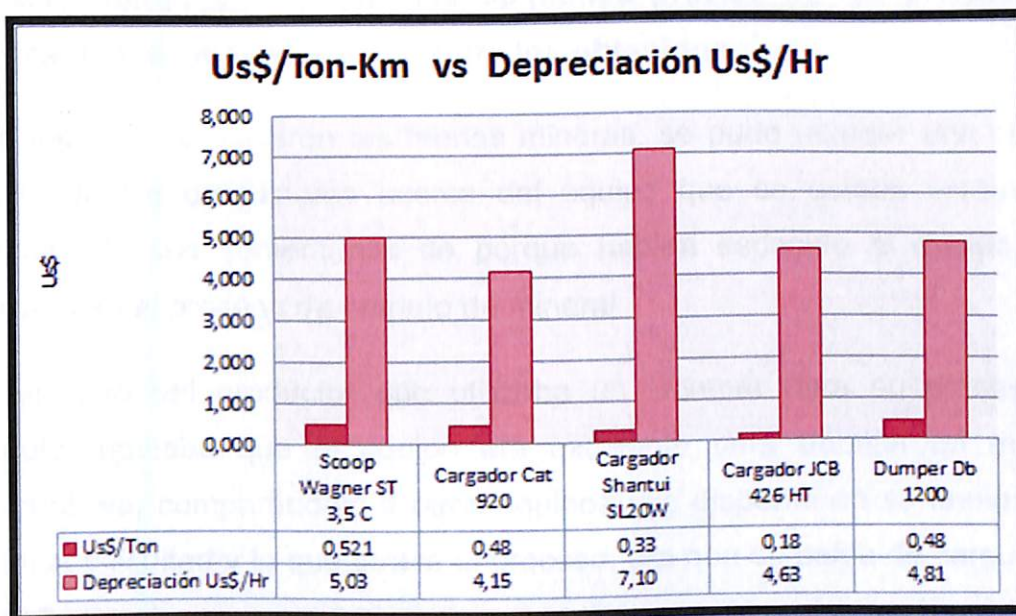


En este gráfico debemos percatarnos de que el equipo adecuado debe ser el que posea un mayor rendimiento horario y que a la vez su costo horario no sea tan elevado, de esta manera el equipo trabajará la menor cantidad de horas con un costo de operación mínimo en comparación a los demás equipos.

Según el gráfico podemos percatarnos de que el equipo adecuado debe ser el que posea un mayor rendimiento horario y que a la vez su costo horario no sea tan elevado, de esta manera el equipo trabajará la menor cantidad de horas con un costo de operación mínimo en comparación a los demás equipos. Según este gráfico el mejor equipo es el cargador frontal JCB 426 HT, debido a que su costo horario es el cuarto valor más bajo en comparación a los 5 equipos estudiados y además su rendimiento horario es

mayor, por ende, el equipo trabaja una menor cantidad de horas para extraer la totalidad de la marina, generando un costo menor.

- Gráfico 7.8 Comparación Costo por tonelada removida (Us\$/Ton-Km) y Depreciación del equipo por hora de trabajo en base a su vida útil.



Este gráfico es el que se utilizó para realizar la comparación y selección del equipo adecuado para trabajar en una labor con sección de $4 \times 4 \text{ M}^2$, que en este caso corresponde al equipo Cargador Frontal JCB 426 HT, el cual genera el menor costo por tonelada removida, correspondiente a 0.18 Us\$/Ton-km.

Se pudo comprobar que los demás equipos tenían un costo horario mayor, y además su rendimiento horario era menor, por lo que los equipos debían trabajar una mayor cantidad de horas para realizar la extracción de la marina, lo que aumenta directamente los costos de operación en el carguío del mineral.

En el gráfico también se encuentra, la depreciación que sufre el equipo por cada hora de trabajo, en función de su vida útil. En este caso se puede

observar, que el equipo con menor depreciación correspondiendo al cargador frontal Caterpillar 920, pero si consideramos el costo de por tonelada removida en un kilómetro, nos percataremos que el equipo con menor gasto sigue siendo el Cargador Frontal JCB 426 HT.

7.1.2.1 Comparación entre las opiniones previas de los productores acerca de los equipos y los resultados obtenidos.

Una vez que se visitaron las faenas mineras, se pudo recoger una opinión previa de los productores acerca del equipo que se estaba estudiando, además de sus comentarios de porque habían escogido el equipo para utilizarlo en el proceso de carguío de mineral.

En el caso del productor que utilizaba un Dumper para su proceso de carguío, opinaba que el equipo era excelente para trabajar en minería subterránea, comparándolo a otros equipos que disponía en su faena, pero la única dificultad y lo que atrasa el proceso, era que su balde de carguío, no llega hasta el piso (característica similar en los equipos dumper), por lo que necesita de un equipo auxiliar para cargar su balde. Si el equipo fuera modificado y su balde pudiera realizar la carga del material desde el piso, disminuiría sus tiempos de ciclo aumentando considerablemente el rendimiento el horario del equipo, acercándose a costos por tonelada removida, muy similares al generador por el equipo óptimo para la sección de $4 \times 4 \text{ M}^2$.

En el caso de los cargadores frontales, los productores se sentían muy conformes con los resultados de las máquinas, pero el único inconveniente que presentaban algunos, era que la capacidad del balde era baja, en comparación a las dimensiones del equipo. En cambio el cargador frontal JCB 426 HT, tenía dimensiones similares a los demás cargadores, pero su capacidad de balde era un 55 % mayor, al promedio de los otros dos

cargadores estudiados, lo que quedó demostrado en el gráfico de rendimiento horario de los equipos.

Tabla 7.4 Equipo óptimo sección 4 x 4 M2.

Equipos que pueden operar en una seccion de 4 x 4 M2
Scoop Wagner ST 3,5 C
Cargador Cat 920
Cargador Shantui SL20W
Cargador JCB 426 HT
Dumper Db 1200
Equipo Óptimo
Cargador JCB 426 HT

7.2 Comparación de equipos según la sección de trabajo.

Gráfico 7.9 Grafico de información general de equipos sección 2.5 x 2.5 M2

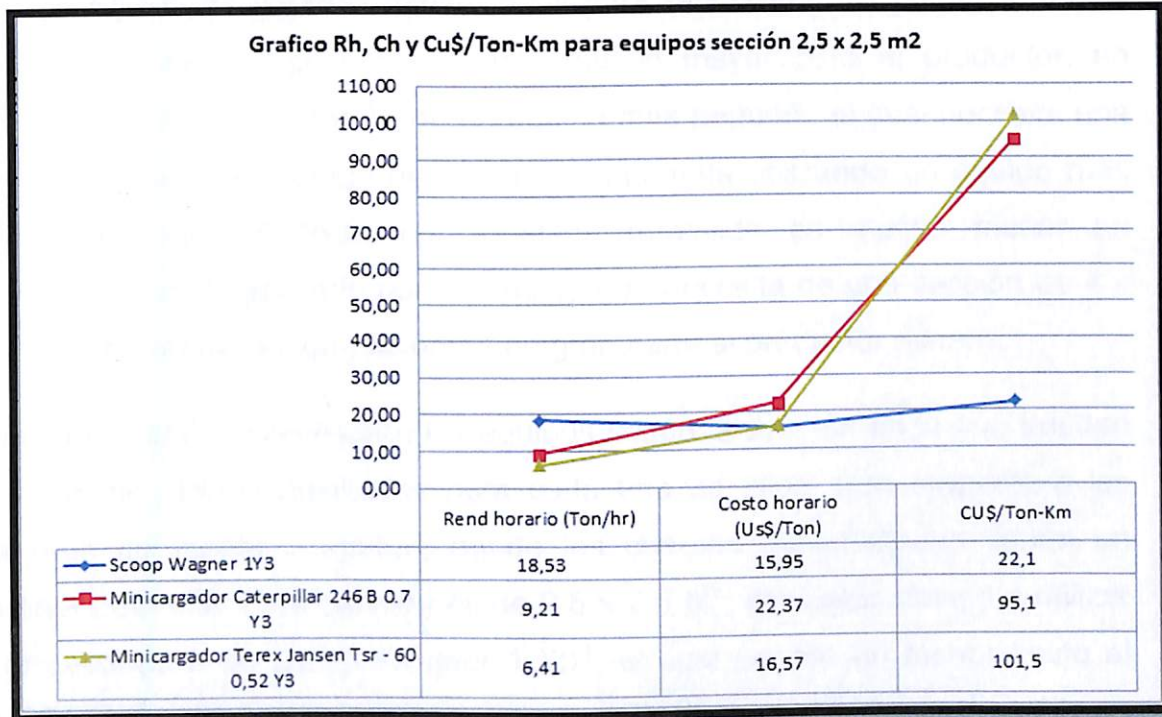
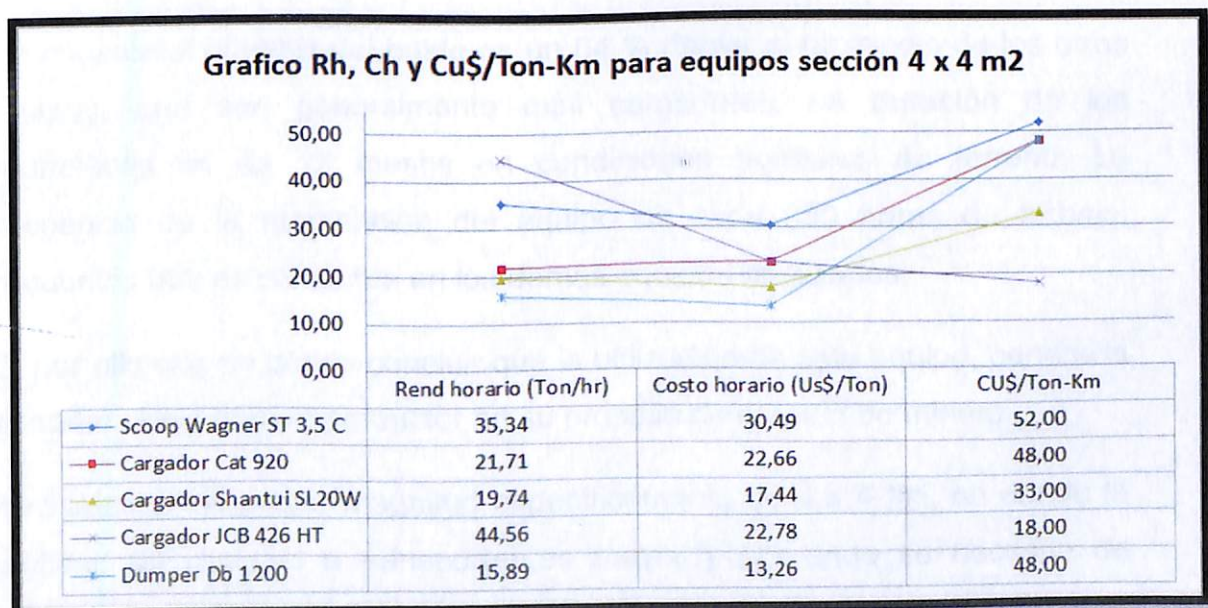


Gráfico 8 Grafico de información general de equipos sección 4 x 4 M2



CAPÍTULO 8: CONCLUSIONES

Una vez obtenidos los resultados del estudio, se concluye que la utilización de un equipo de grandes dimensiones para una veta cuya potencia era de 1.2 a 1.5 metros, genera un gasto mucho mayor para el productor, en comparación a la utilización de un equipo más pequeño el cual necesita una sección menor. El tiempo de extracción aumenta utilizando un equipo más pequeño, pero el costo por tonelada removida es mucho menor en comparación al generado por un equipo que necesita de una sección de 4 x 4 M² para operar. Lo que favorece en gran parte al productor minero.

Debido a que se clasificaron los equipos según la sección en la que pueden operar, se obtuvo resultados para cada una de ellas. Con respecto a las labores de menor magnitud, donde los cuerpos mineralizados tienen un menor potencia, cuya sección es de 2.5 x 2.5 M², el equipo óptimo a utilizar corresponde a un scoop Wagner 1 YD³, el cual genera un menor costo al productor por tonelada removida de material. El consumo de combustible es de 6 litros por hora de trabajo, además su velocidad de desplazamiento es mayor a la de otros equipos que son utilizados en esta dimensión de sección.

La capacidad efectiva del balde es un 54 % mayor al promedio de los otros equipos, que son generalmente mini cargadores. La duración de los neumáticos es de 12 meses en condiciones normales de terreno. La frecuencia de la mantención del equipo es cada 250 horas de trabajo, frecuencia que es constante en los demás equipos analizados.

Es por ello que se puede concluir que la utilización de este equipo, generaría el menor costo para el productor en su proceso de carguío de mineral.

Para labores de mayor magnitud específicamente de 4 x 4 M², en donde la cantidad de material a transportar es mayor y por ende se necesita de equipos de mayor capacidad, el equipo óptimo corresponde a un cargador

frontal JCB 426 HT, el cual genera el menor costo al productor por tonelada removida de material. Su consumo promedio de combustible es de 12 litros por hora de trabajo, además su velocidad de desplazamiento es mayor a la de los otros equipos que se utilizan en una sección similar. La duración de los neumáticos en condiciones normales de terreno es de 18 meses y la frecuencia de su mantención es cada 250 horas de trabajo, frecuencia que se repite en los demás equipos estudiados para esta sección de labor. Por ende, este equipo es el adecuado para usar en estas condiciones, y sus costos de utilización son los mínimos en comparación a los demás equipos.

Otro aspecto importante que se logró inferir, tiene relación con el grado de conocimiento que tienen los productores en la información de sus gastos de producción, ya que se pudo comprobar durante el estudio y las visitas a terreno que cerca del 70 % de los productores, desconoce cuáles son sus costos de producción y cuáles son los costos que genera la utilización de algún equipo en particular, información que es de suma relevancia para poder reducir sus costos de trabajo, considerando que el recurso económico es mucho más escaso para este tipo de minería.

También se pudo deducir que la vida útil de los equipos utilizados en la pequeña minería, generalmente es menor a la que indican los catálogos de fábrica y esto ocurre debido a que los equipos son utilizados para una mayor cantidad de tareas y en algunos casos, para actividades para las cuales no fueron fabricados lo que genera un deterioro más rápido del equipo.

Con respecto a la seguridad presente en la pequeña minería, se pudo corroborar que no es un tema de menor relevancia, ya que las condiciones en algunas faenas, son de bastante cuidado, situación que pone en riesgo constante a los trabajadores de la faena minera. Esto se debe, a que la acuñadura es la única tarea que se realiza posterior a la tronadura, y en muy

pocas oportunidades se lleva a cabo una fortificación, productos de los elevados costos que significa realizarla.

CAPÍTULO 9: RECOMENDACIONES

Después de analizar los resultados e inferidas las conclusiones de este trabajo de titulación, quedan algunas sugerencias y recomendaciones que permiten profundizar más el tema, con el fin de que la información pueda ser más completa y detallada. Es por ello que se recomienda realizar un seguimiento a los equipos estudiados, ya que debido a la duración de esta tesis, se hace imposible comprobar si con el correr de los meses u años, los equipos mantienen su frecuencia de mantención, o si su vida útil tiene una variación considerable, esta actualización de datos alterarían la información recopilada, modificando sus costos unitarios y haciendo más exactos los resultados obtenidos. También es importante ir actualizando la variedad de equipos que van siendo utilizados por los productores, para conocer sus costos de utilización.

En el caso de los productores y la utilización de equipos para su proceso de carguío, se les recomienda mantener en mejor estado la calidad de los caminos que recorren los equipos, ya que la presencia de rocas de gran tamaño, provocan un desgaste mucho más rápido de los neumáticos, siendo este uno de los costos de mayor relevancia en la utilización de los equipos mineros. También se recomienda mejorar la distribución de las perforaciones y la secuencia de salida de los tiros en la tronadura, ya que en gran parte de las faenas, se encuentran colpas de gran tamaño, la cuales una vez cargadas por el equipo, ocupan mucho espacio del balde, dejando muchos espacios vacíos, lo que no permite alcanzar de mejor forma la capacidad nominal del equipo, y por ende aumenta la cantidad de ciclos necesarios para transportar la totalidad de la marina.

También se recomienda a la empresa nacional de minería (ENAMI), que realice capacitaciones a los diferentes productores mineros, en el área de sus procesos productivos y costos correspondientes, ya que se pudo

apreciar un desconocimiento relevante en esta materia, debido a que los mineros no conocen, cual es el valor que genera la utilización de sus equipos y tampoco en sus procesos de perforación y tronadura realizadas. Esto claramente puede generar un incremento de los costos, lo cual conlleva a decisiones futuras en la selección de equipos o a una operación poco eficiente.

CAPÍTULO 10: BIBLIOGRAFÍA

- Guía N°2 de operación para la pequeña minería, “Operación y tránsito de equipos, vehículos y personas” elaborado por el servicio nacional de geología y minería, publicado el 14 de junio del año 2013.
- Guía N°3 de operación para la pequeña minería. “Manejo de explosivos” elaborado por el servicio nacional de geología y minería, publicado el 14 de junio del año 2013.
- Guía N°4 de operación para la pequeña minería. “Perforación y Tronadura” elaborado por el servicio nacional de geología y minería, publicado el 14 de junio del año 2013.
- Guía N°5 de operación para la pequeña minería. “Fortificación y Acuñadura” elaborado por el servicio nacional de geología y minería, publicado el 14 de junio del año 2013.
- Guía N°6 de operación para la pequeña minería. “Manejo de mineral y residuos mineros” elaborado por el servicio nacional de geología y minería, publicado el 14 de junio del año 2013.
- Guía N°7 de operación para la pequeña minería. “Manejo de residuos industriales y domesticos” elaborado por el servicio nacional de geología y minería, publicado el 14 de junio del año 2013.
- Atlas de faenas mineras regiones de Antofagasta y Atacama (versión actualizada), Mapas y estadísticas de faenas mineras de Chile N°7 año 2011. Elaborado por el servicio de geología y minería. Subdivisión nacional de minería.
- Material docente Universidad de Atacama, departamento de Ingeniería Civil en Minas “Selección y remplazo de equipos Mineros”, autor Eduardo Latorre Nanjarí, elaborado el año 2012.
- Reglamento de seguridad Minera, decreto supremo N°132, Ministerio de minería, publicado en el diario oficial el 07 de febrero del año 2004.

- Monitoreo de la mediana y pequeña minería, publicado por la Comisión Chilena del cobre (COCHILCO), publicado en marzo del año 2013.
- Documento "Productividad de los equipos de transporte", publicado por educarchile el 24 junio de 2014.
- Valor de los neumáticos utilizados por los equipos mineros, "presupuesto entregado por empresa Neumaq" Diciembre de 2014. www.neumaq.cl
- Guía de instrumentos de fomento y crédito, entregado por Enami, en septiembre del año 2014.
- Catálogo de equipos mineros empresa motorman, publicado el año 2014. www.motorman.cl
- Clase de carguío y transporte, publicada por Juan Carlos Nomuch Villegas. www.scribd.com/doc/36329802/carguío-y-transporte.
- Manual de procedimientos operacionales, publicado por la Empresa Nacional de Minería el año 2014.

CAPÍTULO 11: ANEXOS

1 Información Cargador Frontal JCB 426 HT

Información General	Detalle	
Oficina Minera	Copiapó	
Fecha de visita	26-01-2015	
N° Documento	7	
Mina	La Culebra	
Prov	Copiapó	
Sierra	El Chinchado	
Comuna	Copiapó	
Región	Atacama	
Productor	Mario Mercado	
Domicilio		
R.U.T N°		
Antecedentes del yacimiento	Detalle	
Tipo de Estructura	Manto	
Manteo	55 E	
Potencia	2-2,5 m	
Rumbo	N45°E	
Corrida	100	
Método Explotación	Socavón dirección a la veta	
Producción		
Mineral	Atacamita, malaquita, calcosina	
Ganga		
Sistema Trabajo	Lunes a viernes 9 horas día	22
Características Tronadura	Unidad	
Ancho Sección	4,5	Metros
Alto Sección	4,5	Metros
Avance Tronadura	1,6	Metros
Densidad	2,7	Gramo/cc3

Costos Asociados	Valor	Unidad	Frecuencia	Detalle
Cambio de Insumos	200000	\$	1	Mes
Neumáticos	1840932	\$	18	Meses
Operador	700000	\$	1	Mes
Valor Litro Petróleo	596	\$		\$
Datos del equipo	Detalle		Unidad	
Marca	JCB			
Modelo	426 HT			
Capacidad Nominal	4,8	Toneladas		
Factor de llenado	75	%		
Capacidad Real	3,6	Toneladas		
Costo Equipo	55000	Us\$		
Peso Equipo vacío	12,7	Toneladas		
Peso equipo Cargado	17,5	Toneladas		
Antecedentes	No presentaba			
Consumo Combustible	12	Lts/hr		
Productividad Nominal (Ton/hr)	72,20	(ton/hr)		
Costos Asociados al equipo	Detalle		Unidad	
Costo compra Comb	0,95	Us\$		
Costo Hora Combustible	11,35	Us\$/Hr		
Costo Mes Mantenencia	317,46	Us\$/Mes		
Costo Mes Operador	1111,11	Us\$/Mes		
Costo Mes neumático	162,34	Us\$/Mes		
Tonelaje a remover por día	87,48	Ton/Día		
Numero de ciclos	24,30	Ciclos/Día		
Numero de ciclos real día	25	Ciclos/Día		
Horas operando equipo día	1,25	Hrs/Día		
Factor De tiempo otra tarea	5	%		
Horas reales Op Equipo día	1,209	Hrs/Día		
Horas operando equipo mes	28,795	Hrs/Mes		
Costo Combustible mes	126,89	Us\$/Mes		

Recorrido	Tiempo Fijo			Tiempo Variable			Velocidad Km/Hr	Tpo Trayecto (Min)	Tpo Ciclo (m)
	Tm	Tc	Td	Dist (m)	Pend. (%)	T Recco (Seg)			
1	45	18	12	65	10	25	9,36	0,42	
				65	10	48	4,88	0,800	
				90	0	36	9	0,60	
	1,25 Min							1,816666667	3,07

Recorrido	Tiempo Fijo			Tiempo Variable			Velocidad Km/Hr	Tpo Trayecto (Min)	Tpo Ciclo (m)
	Tm	Tc	Td	Dist (m)	Pend. (%)	T Recco (Seg)			
2	43	15	11	65	10	23	10,17	0,38	
				65	10	45	5,20	0,750	
				90	0	38	8,53	0,63	
	1,15 Min							1,77	2,92

Tiempo ciclo Promedio
2,99 Minutos

2 Información Minicargador Terex TSR – 60

Información General	Detalle
Oficina Minera	Copiapo
Fecha de visita	25-12-2015
N° Documento	9
Mina	Mina Mark
Prov	Copiapo
Sierra	
Comuna	Copiapo
Región	Atacama
Productor	
Domicilio	
R.U.T.N°	
Antecedentes del yacimiento	Detalle
Tipo de Estructura	Veta
Manteo	
Potencia	1,5
Rumbo	
Corrida	
Método Explotación	Socavón en dirección a la veta
Producción	
Mineral	Calcopirita
Ganga	Minerales de fierro
Sistema Trabajo	turno de 10x5
	20
Características Tronadura	Unidad
Ancho Sección	2,5 Metros
Alto Sección	2,5 Metros
Avance Tronadura	1,6 Metros
Densidad	2,7 Gramo/cc3

Costos Asociados	Valor	Unidad	Frecuencia	Detalle
Cambio de Insumos	80000	S	1	Mes
Neumáticos	560000	S	2	Mezes
Operador	800000	S	1	Mes
Valor Litro Petróleo	596			S
Datos del equipo	Detalle	Unidad		
Marca	Terex			
Modelo	Jansen TSR-60			
Capacidad Nominal	0,68	Toneladas		
Factor de llenado	85	%		
Capacidad Real	0,578	Toneladas		
Costo Equipo				
Peso Equipo vacío	2.259	Toneladas		
Peso equipo Cargado	2.939	Toneladas		
Antecedentes	No presentaba			
Consumo Combustible	6,153846154	Lts/hr		
Productividad Nominal (Ton/hr)	18,25	(ton/hr)		
Costos Asociados al equipo	Detalle	Unidad		
Costo compra Comb	0,95	Us\$		
Costo Hora Combustible	5,82	Us\$/Hr		
Costo Mes Mantenición	126,98	Us\$/Mes		
Costo Mes Operador	1269,84	Us\$/Mes		
Costo Mes neumático	444,44	Us\$/Mes		
Tonelaje a remover por día	27	Ton/Día		
Numero de ciclos	46,71	Ciclos/Día		
Numero de ciclos real día	47	Ciclos/Día		
Horas operando equipo día	1,49	Hrs/Día		
Factor De tiempo otra tarea	5	%		
Horas reales Op Equipo día	1,563	Hrs/Día		
Horas operando equipo mes	31,255	Hrs/Mes		
Costo Combustible mes	181,96	Us\$/Mes		

Recorrido	Tiempo Fijo			Tiempo Variable				Tpo Trayecto (Min)	Tpo Ciclo (m)
	Tm	Tc	Td	Dist (m)	Pend. (%)	T Recco (Seg)	Velocidad Km/Hr		
1	25	20	12	20	1	11	6,55	0,18	
				20	1	14	5,14	0,233	
				50	1	30	6,00	0,50	
	0,95	Min					0,916666667	1,87	

Recorrido	Tiempo Fijo			Tiempo Variable				Tpo Trayecto (Min)	Tpo Ciclo (m)
	Tm	Tc	Td	Dist (m)	Pend. (%)	T Recco (Seg)	Velocidad Km/Hr		
2	20	23	10	20	1	12	6	0,20	
				20	1	16	4,50	0,267	
				50	1	35	5,14	0,58	
	0,8833333	Min					1,05	1,93	

Tiempo ciclo Promedio
1,90 Minutos

3 Información Cargador frontal Shantui SL20W

Información General	Detalle	
Oficina Minera	Valleñar	
Fecha de visita	17-12-2014	
N° Documento	4	
Mina	Improvisada 1-5	
Prov	Huasco	
Sierra	Pelicano	
Comuna	Valleñar	
Región	Atacama	
Productor	Ignacio Cuellar Duran	
Domicilio	Isla tengo 3573, La Serena	
R.U.T N°	17,827,751-0	
Antecedentes del yacimiento	Detalle	
Tipo de Estructura	Veta	
Manteo	50°E	
Potencia	2-2,5	
Rumbo	N-s, N20°E	
Corrida	100	
Método Explotación	Socavon dirección a la veta	
Producción		
Mineral	Calcopirita	
Ganga	Pirita	
Sistema Trabajo	Lunes a viernes (9horas/día)	22
Características Tronadura	Detalle	
Ancho Sección	4	Metros
Alto Sección	4	Metros
Avance Tronadura	1,6	Metros
Densidad	2,7	Gramos/cc3

Costos Asociados	Valor	Unidad	Frecuencia	Detalle
Cambio de Insumos	120000	\$	2,5	Meses
Neumáticos	1396000	\$	18	Meses
Operador	800000	\$	1	Mes
Valor Litro Petróleo	596			\$
Datos del equipo	Detalle	Unidad		
Marca	Shantui			
Modelo	SL20W			
Capacidad Nominal	2	Toneladas		
Factor de llenado	85	%		
Capacidad Real	1,7	Toneladas		
Costo Equipo				
Peso Equipo vado	4,2	Toneladas		
Peso equipo Cargado	6,2	Toneladas		
Antecedentes	No presentaba			
Consumo Combustible	10	Lts/hr		
Productividad Nominal (Ton/hr)	31,71	(ton/hr)		
Costos Asociados al equipo	Detalle	Unidad		
Costo compra Comb	0,95	Us\$		
Costo Hora Combustible	9,46	Us\$/Hr		
Costo Mes Mantenion	76,19	Us\$/Mes		
Costo Mes Operador	1269,84	Us\$/Mes		
Costo Mes neumático	123,10	Us\$/Mes		
Tonelaje a remover por día	69,12	Ton/Día		
Numero de ciclos	40,66	Ciclos/Día		
Numero de ciclos real día	41	Ciclos/Día		
Horas operando equipo día	2,198	Hrs/Día		
Factor De tiempo otra tarea	5	%		
Horas reales Op Equipo día	2,308	Hrs/Día		
Horas operando equipo mes	50,775	Hrs/Mes		
Costo Combustible mes	480,348	Us\$/Mes		

Recorrido	Tiempo Fijo			Tiempo Variable				Tpo Trayect (Seg)	Tpo Ciclo (m)
	Tm	Tc	Td	Dist (m)	Pend. (%)	T Recco	Velocidad		
1	35	35	10	90	1	43	7,53	0,72	
				90	1	52	6,23	0,8666667	
				20	1	12	6	0,20	
	1,33	Min					1,7833333	3,12	

Recorrido	Tiempo Fijo			Tiempo Variable				Tpo Trayect (m)	Tpo Ciclo (m)
	Tm	Tc	Td	Dist (m)	Pend. (%)	T Recco	Velocidad		
2	40	38	8	90	1	45	7,2	0,75	
				90	1	56	5,7857143	0,93	
				20	1	12	6	0,2	
	1,4333333	Min					1,88	3,32	

Tiempo ciclo Promedio
3,2166667 Minutos

4 Información Minicargador Cat 246 B

Información General	Detalle
Oficina Minera	Vallenar
Fecha de visita	18-12-2014
N° Documento	6
Mina	San Lorenzo 1-12
Prov	Vallenar
Sierra	
Comuna	Vallenar
Region	Atacama
Productor	Patricio Espina
Domicilio	Escva de balualler 9423, Vitacura
R.U.T N°	8.481.019-3
Antecedentes del yacimiento	Detalle
Tipo de Estructura	Veta
Manteo	60W
Potencia	1,5
Bumbo	520W
Corrida	80
Metodo Explotación	Socavón en dirección a la veta
Producción	
Mineral	Crisocola y azurita
Ganga	Minerales de hierro
Sistema Trabajo	turno de 10x5
Características Tronadura	Unidad
Ancho Sección	3
Alto Sección	3
Avance Tronadura	1,6
Densidad	2,7

Costos Asociados	Valor	Unidad	Frecuencia	Detalle
Cambio de Insumos	100000	\$	1	Mes
Neumáticos	560000	\$	2	Meses
Operador	800000	\$	1	Mes
Valor Litro Petróleo	596			5
Datos del equipo	Detalle	Unidad		
Marca	Caterpillar			
Modelo	246 B			
Capacidad Nominal	0,975	Toneladas		
Factor de llenado	85	%		
Capacidad Real	0,82675	Toneladas		
Costo Equipo				
Peso Equipo vacío	2,393	Toneladas		
Peso equipo Cargado	3,368	Toneladas		
Antecedentes	No presentaba			
Consumo Combustible	10	Lts/hr		
Productividad Nominal (Ton/hr)	15,22	(ton/hr)		
Costos Asociados al equipo	Detalle	Unidad		
Costo compra Comb.	0,95	Us\$		
Costo Hora Combustible	9,46	Us\$/hr		
Costo Mes Mantenion	158,73	Us\$/Mes		
Costo Mes Operador	1269,84	Us\$/Mes		
Costo Mes neumático	444,44	Us\$/Mes		
Tonelaje a remover por día	38,88	Ton/Día		
Numero de ciclos	46,91	Ciclos/Día		
Numero de ciclos real día	47	Ciclos/Día		
Horas operando equipo día	2,56	Hrs/Día		
Factor De tiempo otra tarea	5	%		
Horas reales Op Equipo día	2,687	Hrs/Día		
Horas operando equipo mes	53,737	Hrs/Mes		
Costo Combustible mes	508,37	Us\$/Mes		

Recorrido	Tiempo Fijo			Tiempo Variable				Tpo Trayecto (Min)	Tpo Ciclo (m)
	Tm	Tc	Td	Dist (m)	Pend. (%)	T Recco (Seg)	Velocidad Km/Hr		
1	58	25	10	85	1	42	7,29	0,70	
				85	1	55	5,56	0,917	
				16	1	11	5,236363636	0,18	
	1,55	Min					1,8	3,35	

Recorrido	Tiempo Fijo			Tiempo Variable				Tpo Trayecto (Min)	Tpo Ciclo (m)
	Tm	Tc	Td	Dist (m)	Pend. (%)	T Recco (Seg)	Velocidad Km/Hr		
2	55	25	10	85	1	39	7,846153846	0,65	
				85	1	52	5,88	0,867	
				16	1	10	5,76	0,17	
	1,5	Min					1,68	3,18	

Tiempo ciclo Promedio
3,27
Minutos

5 Información Cargador Frontal Caterpillar 920

Información General	Detalle	
Oficina Minera	Vallenar	
Fecha de visita	18-12-2014	
N° Documento	5	
Mina	Santiago 2	
Prov	Vallenar	
Sierra		
Comuna	Vallenar	
Región	Atacama	
Productor	Cipriano Marquez	
Domicilio	Pablo de Roca 3322	
R.U.T N°	6.404.322-6	
Antecedentes del yacimiento	Detalle	
Tipo de Estructura	Veta	
Manteco		
Potencia	2	
Bumbo		
Corrida		
Metodo Explotación	Caseron	
Producción		
Mineral	Calcopirita	
Ganga	Pirita	
Sistema Trabajo	Lunes a Viernes (9 Horas/día)	22
Características Tronadura	Detalle	Unidad
Ancho Sección	4	Metros
Alto Sección	4	Metros
Avance Tronadura	1,6	Metros
Densidad	2,7	Gramo/cc3

Costos Asociados	Valor	Unidad	Frecuencia	Detalle
Cambio de Insumos	100000	S	1	Mes
Neumáticos	1340932	S	18	Meses
Operador	800000	S	1	Mes
Valor Litro Petroleo	596			S
Datos del equipo	Detalle	Unidad		
Marca	Caterpillar			
Modelo	920			
Capacidad Nominal	2,7	Toneladas		
Factor de llenado	85	%		
Capacidad Real	2,295	Toneladas		
Costo Equipo	26594	Us\$		
Peso Equipo vacío	5,74	Toneladas		
Peso equipo Cargado	8,44	Toneladas		
Antecedentes	No presentaba			
Consumo Combustible	15	Lts/hr		
Productividad Nominal (Ton/hr)	24,66	(ton/hr)		
Costos Asociados al equipo	Detalle	Unidad		
Costo compra Comb	0,95	Us\$		
Costo Hora Combustible	14,19	Us\$/Hr		
Costo Mes Mantenion	158,73	Us\$/Mes		
Costo Mes Operador	1269,84	Us\$/Mes		
Costo Mes neumatico	162,34	Us\$/Mes		
Tonelaje a remover por día	69,12	Ton/Día		
Numero de ciclos	30,12	Ciclos/Día		
Numero de ciclos real día	30	Ciclos/Día		
Horas operando equipo día	2,79	Hrs/Día		
Factor De tiempo otra tarea	5	%		
Horas reales Op Equipo día	2,931	Hrs/Día		
Horas operando equipo mes	64,488	Hrs/Mes		
Costo Combustible mes	915,11	Us\$/Mes		

Recorrido	Tiempo Fijo			Tiempo Variable				Tpo Trayecto (Min)	Tpo Ciclo (m)
	Tm	Tc	Td	Dist (m)	Pend. (%)	T Recco (Seg)	Velocidad Km/Hr		
1	105	31	10	135	6	68	7,15	1,13	
				135	6	88	5,52	1,467	
				70	0	33	7,64	0,55	
	2,43	Min					3,15	5,58	

Recorrido	Tiempo Fijo			Tiempo Variable				Tpo Trayecto (Min)	Tpo Ciclo (m)
	Tm	Tc	Td	Dist (m)	Pend. (%)	T Recco (Seg)	Velocidad Km/Hr		
2	105	31	10	135	6	68	7,15	1,13	
				135	6	88	5,52	1,467	
				70	0	33	7,64	0,55	
	2,43	Min					3,15	5,58	

Tiempo ciclo Promedio
5,58 Minutos

6 Información Scoop Wagner 1 YD³

Información General	Detalle	
Oficina Minera	El Salado	
Fecha de visita	18-11-2014	
N° Documento	1	
Mina	Negrita 1-44, P 09	
Prov	Chañaral	
Sierra	Cerro Negro	
Comuna	Diego De Almagro	
Región	Atacama	
Productor	Juan Alfaro	
Domicilio	Ferrocarril 944, chañaral	
R.U.T N°	4,267,704-3	
Antecedentes del yacimiento	Detalle	
Tipo de Estructura	Veta	
Manteo		
Potencia	1 m	
Rumbo		
Corrida		
Método Explotación	Socavón a la veta	
Producción	194 Ton/ mes	
Mineral	Crisocola, atacamita	
Ganga	Minerales de fierro.	
Sistema Trabajo	lunes a viernes, sábado 1/2 día	22
Características Tronadura	Detalle	
Ancho Sección	2,6	Metros
Alto Sección	2,6	Metros
Avance Tronadura	1,8	Metros
Densidad	2,7	Gramos/cc3

Costos Asociados	Valor	Unidad	Frecuencia	Detalle
Cambio de Insumos	65000	\$	1	Meses
Neumáticos	1000000	\$	12	Meses
Operador	600000	\$	1	Mes
Valor Litro Petróleo	596			\$
Datos del equipo	Detalle	Unidad		
Marca	Wagner			
Modelo	Sin registro			
Capacidad Nominal	1,308	Toneladas		
Factor de llenado	85	%		
Capacidad Real	1,118	Toneladas		
Costo Equipo	Se desconoce			
Peso Equipo vacío	Se desconoce	Toneladas		
Peso equipo Cargado	Se desconoce	Toneladas		
Antecedentes	No presentaba			
Consumo Combustible	6,25	Lts/hr		
Productividad Nominal (Ton/hr)	14,55	(ton/hr)		
Costos Asociados al equipo	Detalle	Unidad		
Costo compra Comb	0,95	Us\$		
Costo Hora Combustible	5,91	Us\$/Hr		
Costo Mes Mantenición	103,17	Us\$/Mes		
Costo Mes Operador	952,38	Us\$/Mes		
Costo Mes neumático	132,28	Us\$/Mes		
Tonelaje a remover por día	32,8536	Ton/Día		
Numero de ciclos	29,55	Ciclos/Día		
Numero de ciclos real día	30	Ciclos/Día		
Horas operando equipo día	2,292	Hrs/Día		
Factor De tiempo otra tarea	5	%		
Horas reales Op Equipo día	2,406	Hrs/Día		
Horas operando equipo mes	52,94	Hrs/Mes		
Costo Combustible mes	313,003	Us\$/Mes		

Recorrido	Tiempo Fijo			Tiempo Variable				Tpo Trayecto (Seg)	Tpo Ciclo (m)
	Tm	Tc	Td	Dist (m)	Pend. (%)	T Recco	Velocidad		
1	35	20	10	270	6	85	11,44	1,42	
				270	6	95	10,23	1,5833333	
				60	0	25	8,64	0,42	
	1,08	Min					3,4166667	4,50	

Recorrido	Tiempo Fijo			Tiempo Variable				Tpo Trayecto (m)	Tpo Ciclo (m)
	Tm	Tc	Td	Dist (m)	Pend. (%)	T Recco	Velocidad		
2	38	21	12	270	6	89	10,921348	1,4833333	
				270	6	96	10,125	1,60	
				60	0	24	9	0,4	
	1,1833333	Min					3,48	4,67	

Tiempo ciclo Promedio
4,5833333 Minutos

7 Información Scoop Wagner St 3.5 C

Información General	Detalle
Oficina Minera	El Salado
Fecha de visita	19-11-2014
N° Documento	2
Mina	Negruta 1-44 P.16
Prov	Chañaral
Sierra	Cerro Negro
Comuna	Diego De Almagro
Región	Atacama
Productor	Alberto Tapia
Domicilio	
R.U.T.N°	
Antecedentes de yacimiento	Detalle
Tipo de Estructura	Veta
Manteo	55w
Potencia	1,5 m
Rumbo	N35°W
Corrida	50
Método Explotación	Socavón a la veta
Producción	
Mineral	Crisocola, atacamita
Ganga	Minerales de fierro.
Sistema Trabajo	8 horas día, Sábado 5 horas
Características Tronadura	Detalle
Ancho Sección	4 Metros
Alto Sección	4 Metros
Avance Tronadura	1,8 Metros
Densidad	2,7 Gramos/cc

Costos Asociados	Valor	Unidad	Frecuencia	Detalle
Cambio de Insumos	400000	\$	4	Meses
Neumáticos	4125708	\$	18	Meses
Operador	700000	\$	1	Mes
Valor Litro Petróleo	596			\$
Datos del equipo	Detalle	Unidad		
Marca	Wagner			
Modelo	St - 3,5C			
Capacidad Nominal	6	Toneladas		
Factor de llenado	85	%		
Capacidad Real	5,1	Toneladas		
Costo Equipo	43050			
Peso Equipo vado	23,5	Toneladas		
Peso equipo Cargado	29,5	Toneladas		
Antecedentes	No presentaba			
Consumo Combustible	15	Lts/hr		
Productividad Nominal (Ton/hr)	32,64	(ton/hr)		
Costos Asociados al equipo	Detalle	Unidad		
Costo compra Comb	0,95	Us\$/Hr		
Costo Hora Combustible	14,19	Us\$/Hr		
Costo Mes Mantenion	158,73	Us\$/Mes		
Costo Mes Operador	1111,11	Us\$/Mes		
Costo Mes neumatico	353,82	Us\$/Mes		
Tonelaje a remover por día	77,76	Ton/Día		
Numero de ciclos	15,25	Ciclos/Día		
Numero de ciclos real día	16	Ciclos/Día		
Horas operando equipo día	2,500	Hrs/Día		
Factor De tiempo otra tarea	5	%		
Horas reales Op Equipo día	2,625	Hrs/Día		
Horas operando equipo mes	57,75	Hrs/Mes		
Costo Combustible mes	819,50	Us\$/Mes		

Recorrido	Tiempo Fijo			Tiempo Variable				Tpo Trayect (Seg)	Tpo Ciclo (m)
	Tm	Tc	Td	Dist (m)	Pend. (%)	T Recco	Velocidad		
1	110	70	20	220	1	125	6,34	2,08	
				220	1	190	4,17	3,1666667	
				70	1	50	5,04	0,83	
	3,33	Min					6,0833333	9,42	

Recorrido	Tiempo Fijo			Tiempo Variable				Tpo Trayect (m)	Tpo Ciclo (m)
	Tm	Tc	Td	Dist (m)	Pend. (%)	T Recco	Velocidad		
2	110	70	20	220	1	125	6,336	2,0833333	
				220	1	185	4,2810811	3,08	
				70	1	50	5,04	0,8333333	
	3,3333333	Min					6,00	9,33	

Tiempo ciclo Promedio
9,375 Minutos

8 Información Dumber BMTP Db 1200

Información General	Detalle	
Oficina Minera	El Salado	
Fecha de visita	19-11-2014	
N° Documento	3	
Mina	Negrita 1-44 P 17	
Prov	Chañaral	
Sierra	Cerro Negro	
Comuna	Diego De Almagro	
Region	Atacama	
Productor	Slobodan Novak Valdes	
Domicilio		
R.U.T N°	7424779-2	
Antecedentes del yacimiento	Detalle	
Tipo de Estructura	Veta	
Manteo	30°E	
Potencia	1,2	
Bumbo	N70°E	
Corrida	40	
Método Explotación	Socavón a la veta	
Producción		
Mineral	Crisocola, atacamita	
Ganga	Minerales de fierro.	
Sistema Trabajo	8 horas día, trabajo 5 horas	22
Características Tronadura	Detalle	
Ancho Sección	3	Metros
Alto Sección	4	Metros
Avance Tronadura	1,7	Metros
Densidad	2,7	Gramos/cc3

Costos Asociados	Valor	Unidad	Frecuencia	Detalle
Cambio de Insumos	100000	\$	1	Meses
Neumáticos	600000	\$	18	Meses
Operador	500000	\$	1	Mes
Valor Litro Petróleo	596			\$
Datos del equipo	Detalle	Unidad		
Marca	BMTP			
Modelo	Db 1200			
Capacidad Nominal	2,5	Toneladas		
Factor de llenado	85	%		
Capacidad Real	2,125	Toneladas		
Costo Equipo	24599	Us\$		
Peso equipo vacío	No presentaba	Toneladas		
Peso equipo Cargado	No presentaba	Toneladas		
Antecedentes	No presentaba			
Consumo Combustible	6,67	Lts/hr		
Productividad Nominal (Ton/hr)	20,24	(ton/hr)		
Costos Asociados al equipo	Detalle	Unidad		
Costo compra Comb	0,95	Us\$		
Costo Hora Combustible	6,31	Us\$/Hr		
Costo Mes Mantenion	158,73	Us\$/Mes		
Costo Mes Operador	793,65	Us\$/Mes		
Costo Mes neumatico	58,20	Us\$/Mes		
Tonelaje a remover por día	55,08	Ton/Día		
Numero de ciclos	25,92	Ciclos/Día		
Numero de ciclos real día	26	Ciclos/Día		
Horas operando equipo día	2,730	Hrs/Día		
Factor De tiempo otra tarea	5	%		
Horas reales Op. Equipo día	2,867	Hrs/Día		
Horas operando equipo mes	63,06	Hrs/Mes		
Costo Combustible mes	397,73	Us\$/Mes		

Recorrido	Tiempo Fijo			Tiempo Variable				Tpo Trayecto (Seg)	Tpo Ciclo (m)
	Tm	Tc	Td	Dist (m)	Pend. (%)	T Recco	Velocidad		
1	70	110	15	115	1	67	6,18	1,12	
				115	1	88	4,70	1,4666667	
				40	1	28	5,1428571	0,47	
	3,25	Min						3,05	6,30

Recorrido	Tiempo Fijo			Tiempo Variable				Tpo Trayecto (m)	Tpo Ciclo (m)
	Tm	Tc	Td	Dist (m)	Pend. (%)	T Recco	Velocidad		
2	70	110	15	115	1	62	6,6774194	1,0333333	
				115	1	95	4,3578947	1,58	
				40	1	26	5,5384615	0,4333333	
	3,25	Min						3,05	6,30

Tiempo ciclo Promedio
6,3 Minutos

9 Dumper BMTP Db 1200



10 Cargador Frontal JCB 426 HT



11 Scoop Wagner St 3.5 C



12 Cargador Frontal Shantui SL20W



13 Cargador Frontal Caterpillar 920



14 Scoop Wagner Tmsa 1 YD³



PLANILLA EXCEL PARA LA SELECCIÓN DEL EQUIPO ÓPTIMO EN UNA SECCIÓN DE 2,5 X 2,5 M²

Comparación de equipos sección de 2,5 x 2,5		
Información de entrada		
Ancho	2,5	Metros
Alto	2,5	Metros
Densidad	2,7	Ton/M3
Metros de avance	1,8	Metros
Tonelaje a remover	30,375	Toneladas
Factor Conversión km/hr a M/Seg	16,67	Km/HR a Mts/Seg

Distancias de trayectos Pendientes (L 5 a 10%)		
Distancia Boca mina - Frente de Trabajo	165	Metros
Distancia Boca Mina - punto de descarga (ida - Reg)	52	Metros ida y vuelta

Características turno Mina		
Horas Turno	9	Horas
Horas Necesarias Otros procesos mina	4	Horas
Tiempos Muertos	1	Hora
Maximo Tiempo del proceso de carguo	4,5	Horas
% Tiempos de perdida Proceso Carguo	5	%
Dur. Trabajados en Mes	22	Dias
Costo promedio Operador Mes	\$1.111,11	Us\$/Mes
Costo Operador Por Hora	\$5,61	Us\$/Hr
Frecuencia de Mantenion	200	Horas
Precio Dolar	630	\$

Resultados Generales	
Prom US\$/Ton Km	Prom \$/Ton Km
\$0,73	\$459,09

Equipo	Cap. Efectiva	Costo Mantenion	Vel. pend. (km/hr)	Sumatoria de tiempos			Numero de ciclos	Cumple condicion	Tpo horas Mes	BH (Ton/Hr)	Costo Mes Equipo (Us\$/Mes)	Us\$/Mes		
Scoop Wagner 1Y3	1,1118	\$103,17	11,18	Tiempos Fijos			27,32	SI	36,055	18,534	\$574,92	Us\$/Mes		
		65000	Vel. Pend. (km/hr)	Tpo. manobras	Tpo. Carga	Tpo. Descarga	Ciclos Reales				Factor Mantenion	C.H (Us\$/Hr)	Us\$/Ton Km	\$/Ton Km
		Costo Neumaticos	10,18	36,5	20,5	11	28				18%	\$15,95	\$0,22	\$139,24
		\$135,50	Vel. Pend. Oti (km/hr)		1,133	Minutos	Tiempo horas Dia				Costo Real Mant Mes	Km/hr		
		Costo Operador	8,82				1,56083				\$18,60	3,89		
		\$1.111,11					2,21				Minutos	Tpo. Con perdidas		
		Costo hora Comb (Us\$/Hr)					1,6389				Minutos	Tiempo de ciclo		
\$6,06					3,34	Minutos				\$218,49				

Equipo	Cap. Efectiva	Costo Mantenion	Vel. pend. (km/hr)	Sumatoria de tiempos			Numero de ciclos	Cumple condicion	Tpo horas Mes	BH (Ton/Hr)	Costo Mes Equipo (Us\$/Mes)	Us\$/Mes		
Minicargador Caterpillar 246 B	0,82875	\$158,73	7,78	Tiempos Fijos			36,65	SI	72,58	9,21	\$1.623,41	Us\$/Mes		
		100000	Vel. Pend. (km/hr)	Tpo. manobras	Tpo. Carga	Tpo. Descarga	Ciclos Reales				Factor Mantenion	C.H (Us\$/Hr)	Us\$/Ton Km	\$/Ton Km
		Costo Neumaticos	5,72	56,5	25	10	37				36%	\$22,37	\$0,95	\$598,89
		\$455,28	Vel. Pend. Oti (km/hr)		1,53	Minutos	Tiempo horas Dia				Costo Real Mant Mes	Km/hr		
		Costo Operador	5,5				3,147				\$57,60	2,56		
		\$1.111,11					3,57				Minutos	Tpo. Con perdidas		
		Costo hora Comb (Us\$/Hr)					3,299				Minutos	Tiempo de ciclo		
\$9,69					5,09	Minutos				\$703,26				

Equipo	Cap. Efectiva	Costo Mantenion	Vel. pend. (km/hr)	Sumatoria de tiempos			Numero de ciclos	Cumple condicion	Tpo horas Mes	BH (Ton/Hr)	Costo Mes Equipo (Us\$/Mes)	Us\$/Mes		
Minicargador Terex Jansen Tsr - 60	0,578	\$126,98	6,27	Tiempos Fijos			52,55	NO	104,25	6,41	\$1.727,77	Us\$/Mes		
		80000	Vel. Pend. (km/hr)	Tpo. manobras	Tpo. Carga	Tpo. Descarga	Ciclos Reales				Factor Mantenion	C.H (Us\$/Hr)	Us\$/Ton Km	\$/Ton Km
		Costo Neumaticos	4,82	22,5	21,5	11	53				52%	\$16,57	\$1,01	\$639,15
		\$455,28	Vel. Pend. Oti (km/hr)		0,92	Minutos	Tiempo horas Dia				Costo Real Mant Mes	Km/hr		
		Costo Operador	5,57				4,513				\$66,19	2,55		
		\$1.111,11					4,19				Minutos	Tpo. Con perdidas		
		Costo hora Comb (Us\$/Hr)					4,738				Minutos	Tiempo de ciclo		
\$5,96					5,11	Minutos				\$621,31				

