

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA MINERA Y**

**METALÚRGICA**



**“IMPLICANCIA DE LOS COSTOS FIJOS PARA UNA  
EMPRESA PRESTADORA DE SERVICIOS DE MOVIMIENTO  
DE TIERRAS, CASO: AMPLIACION DEL TAJO MARCONA”**

**INFORME DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

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

**ELABORADO POR:  
JOEL DANIEL LIÑAN DIESTRA  
ASESOR: AUGUSTO TEVES ROJAS**

**LIMA - PERÚ  
2013**

## AGRADECIMIENTO

Al ingeniero Herman Flores, por su apoyo  
constante en revisar y darme las pautas para  
la elaboración del presente trabajo, a mi familia  
y amigos por su apoyo

## **RESUMEN**

El presente trabajo, se enmarca en el análisis de la mejor propuesta para la ampliación de un tajo por parte de una empresa contratista. Se va analizar dos alternativas de trabajo, la primera alternativa consistirá en trabajar todo el proyecto de ampliación del tajo con dos frentes de carguío, mientras que en la segunda alternativa se trabajará con tres frentes de carguío los tres primeros bancos, debido al diseño

Las actividades de minado controladas por la empresa contratista para el proyecto de ampliación del tajo son: perforación, carguío, acarreo y los trabajos auxiliares, siendo la voladura la única actividad controlada por el cliente

El costo fijo es doblemente importante cuando la expansión del tajo se completa en menos tiempo, esto hace que nuestro costo unitario total disminuya, por lo tanto, el precio a presentar para ganar la licitación es más accesible, pero, por otro lado, si no se inicia de inmediato la siguiente ampliación, significa que no hay proyecto al cual cargar dichos gastos y estos serán asumidos por el contratista

## **ABSTRACT**

The present work is part of the analysis of the best proposal for the extension of a cut by a contractor. It will work to analyze two alternatives, the first alternative will be to work around the pit expansion project with two fronts of loading, while the second option will work with three fronts of loading three banks, due to the design

Mining activities controlled by the contractor for earthwork are: the loading, hauling, drilling and other auxiliary works, being only the blasting controlled by the customer

The fixed cost is doubly important when the pit expansion is completed in less time, this causes our total unit cost decreases, therefore, the price to be present to win the bid is more accessible, but, on the other hand, not immediately start the other job, means no work to which charge such costs being borne by the contractor

## ÍNDICE

	<b>Pag</b>
<b>INTRODUCCION</b>	12
<b>CAPITULO I – GENERALIDADES</b>	
1.1 Objetivo	13
1.1.1 Objetivo General	13
1.1.2 Objetivo Especifico	13
1.2 Aspectos Generales del Proyecto de Ampliación	14
1.3 Restricciones del contrato	14
1.4 Recursos	15
1.5 Descripción del Proyecto de Ampliación	17
<b>CAPITULO II – MARCO TEORICO</b>	
2.1 Equipos más usados en Minería a tajo Abierto	20
2.1.1 Equipos de Carguío	21
2.1.2 Equipos de Acarreo	29
2.1.3 Equipos de Perforación	31
2.2 El proyecto de Ampliación del tajo y sus Costos	34

2.2.1 Costo de Posesión	35
2.2.2 Costos de Operación	37
2.2.3 Mano de Obra	38
2.3 Control operativo	38
2.3.1 Control de Equipos	38
2.3.2 Control de Operaciones	38
2.3.2.1 Controles básicos	39
2.3.2.2 Controles consolidados	40
<b>CAPITULO III – REQUERIMIENTO DE LA FLOTA</b>	
3.1 Equipos de Carguío y Acarreo	42
3.1.1 Producción de la pala	44
3.1.2 Producción del camión	46
3.1.3 Producción Pala-Camión	47
3.1.4 Producción Cargador Frontal-Camión	52
3.2 Equipos de Perforación	52
3.3 Equipos Auxiliares	54
<b>CAPITULO IV-COSTO UNITARIO DE LAS ACTIVIDADES DE MINADO</b>	
4.1 Dos Frentes de Carguío	56

4.1.1 Costos Directos	57
4.1.1.1 Costo Unitario de Perforación	57
4.1.1.2 Costo Unitario de Carguío	59
4.1.1.3 Costo Unitario de Acarreo	60
4.1.1.4 Costo Unitario de Auxiliares	63
4.1.2 Costos Indirectos	65
4.2 Tres Frentes de Carguío Hasta el Banco 732	66
4.2.1 Costos Directos	67
4.2.1.1 Costo Unitario de Perforación	67
4.2.1.2 Costo Unitario de Carguío	69
4.2.1.3 Costo Unitario de Acarreo	70
4.2.1.4 Costo Unitario de Auxiliares	71
4.2.2 Costo Indirectos	72

## **CAPITULO V- ANALISIS DE RESULTADOS**

5.1 Análisis de las dos Alternativas y Evaluación de la Implicancia de los Costos	
Fijos	74
CONCLUSIONES	78
BIBLIOGRAFIA	81
ANEXOS	

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 - Tipo de material por banco y tonelaje total	18
Tabla 1.2 - Distancias por tramos de ruta	18
Tabla 3.1 - Velocidades desarrolladas por el camión 785C	47
Tabla 3.2 - Cantidad de pases requeridos para cargar a un camión	47
Tabla 3.3 - Considerando a plena capacidad de cuchara en el último pase	48
Tabla 3.4 - Tiempo total de carguío por camión (minutos)	49
Tabla 3.5 - Producción en toneladas por hora pala-camión	49
Tabla 3.6 - Producción mensual de las palas con su respectiva flota de camiones	50
Tabla 3.7 - Numero de camiones por banco	51
Tabla 3.8 - Cantidad de camiones por nivel, para el cargador frontal	52
Tabla 4.1 - Requerimiento de horas por perforadora	57
Tabla 4.2 - Tarifa de los Equipos de Perforación	58
Tabla 4.3 - Resumen del costo de perforación en todo el proyecto	59
Tabla 4.4 - Tarifa de los equipos de carguío	60
Tabla 4.5 - Costo unitario de carguío	60

Tabla 4.6 - Programa mensual por bancos	61
Tabla 4.7 - Requerimiento de horas-camión por mes	62
Tabla 4.8 - Tarifa de un camión 785C	62
Tabla 4.9 - Costo unitario de acarreo	63
Tabla 4.10 - Tarifa de equipos auxiliares	64
Tabla 4.11- Requerimiento de horas- equipo auxiliares por mes	64
Tabla 4.12- Costo unitario de trabajos auxiliares	64
Tabla 4.13- Equipos e instalaciones	65
Tabla 4.14- Mano de obra Indirectos	66
Tabla 4.15- Costo unitario de Indirectos	66
Tabla 4.16- Plan mensual de producción con tres frentes de carguío	67
Tabla 4.17- Requerimiento de horas de equipo de perforación con tres frentes de carguío	68
Tabla 4.18- Costo unitario de perforación con tres frentes de carguío	68
Tabla 4.19- Requerimiento de horas por equipo de carguío con tres frentes de carguío	69
Tabla 4.20- Costo unitario de carguío con tres frentes de carguío	69
Tabla 4.21- Requerimiento de horas-camión con tres frentes de carguío	70
Tabla 4.22- Costo unitario de acarreo con tres frentes de carguío	70

Tabla 4.23- Requerimiento de horas por equipo auxiliar con tres frentes de carguío	71
Tabla 4.24- Costo unitario de auxiliares con tres frentes de carguío	71
Tabla 4.25- Equipos e instalaciones con tres frentes de carguío	72
Tabla 4.26- Mano de obra indirectos con tres frentes de carguío	72
Tabla 4.27- Costo unitario de Indirectos con tres frentes de carguío	73
Tabla 5.1 - Resumen de costo alternativa-1	74
Tabla 5.2 - Resumen de costo alternativa-2	75
Tabla 5.3 - Resumen de costo por actividad, Alternativa-1/ Mes-2	76
Tabla 5.4 - Resumen de costo fijo y variable, Alternativa-1/ Mes-2	76
Tabla 5.5 - Resumen de costo por actividad, Alternativa-2/ Mes-2	76
Tabla 5.6 - Resumen de costo fijo y variable, Alternativa-2/ Mes-2	77
Tabla 5.7 - Resumen de costo unitario, con tres frentes de carguío hasta el banco 730	77
Tabla 5.8 - Resumen de Costo Fijo y Variable para las tres alternativas	78
Tabla 5.9 - Resumen de costo unitario para las tres alternativas	78
Tabla5.10 – Resumen de costos de trabajar dos frentes de carguío sin considerar al cargador frontal como equipo en stand by	79

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 - Imagen del modo de operación de la pala	24
Figura 2.2 - Modo de operación de una pala de cables	25
Figura 2.3 - Modo de operación de una pala hidráulica	25
Figura 2.4 - Partes de un cargador frontal	27
Figura 2.5 - Imagen del modo de operación de un cargador frontal	29
Figura 2.6 - Camión con tren de potencia mecánico	30
Figura 2.7 - Camión con tren de potencia eléctrico	31
Figura.3.1 - Perfil de acarreo	47
Figura 4.1 - Costos Fijos VS Costo Variable	78
Figura 4.2 - Tiempo VS Costo fijo	79

## INTRODUCCION

La evaluación económica se desarrolló en una mina ubicada en el Sur del Perú. Con el propósito de mantener la confidencialidad de los datos, no mencionaremos el nombre de la empresa contratista y tampoco del cliente, siendo estos tratados de manera general. La empresa contratista viene desde hace siete años laborando en las ampliaciones de los diversos tajos que la empresa minera le ha encargado para su ejecución

La finalidad es realizar un análisis económico y presentar la mejor propuesta, para lo cual se va analizar dos alternativas, en función del menor costo unitario; lo que se busca es mover mayor tonelaje en el menor tiempo posible, del mismo modo se verá cual es la implicancia que tiene los costos fijos en la determinación de la mejor alternativa

Para esto realizaremos una descripción general de los equipos más usados en la minería superficial así como también su funcionamiento dentro de la operación minera, se determinará el requerimiento de equipos de perforación, de carguío, de acarreo, y de los equipos auxiliares; del mismo modo los costos unitarios de estos y de todo el proyecto de ampliación, luego se analizaran los resultados obtenidos y se plantearan alternativas hipotéticas para su respectivo análisis

## **CAPITULO I**

### **GENERALIDADES**

#### **1.1 Objetivo**

El presente trabajo tiene como objetivo lo siguiente:

##### **1.1.1 Objetivo General**

- El presente trabajo, tiene como finalidad realizar un análisis económico para una mejor propuesta en la expansión de un tajo, por parte de una empresa prestadora de servicios en movimiento de tierras

##### **1.1.2 Objetivo Especifico**

- Mostrar la implicancia que tiene los costos fijos en el movimiento de tierra para una empresa contratista, y que dicho costo, permanecerá constante mientras el proyecto se mantenga dentro de los límites de su capacidad de producción y no implique la adquisición de más equipos o mano de obra adicional

## **1.2 Aspectos Generales del Proyecto de Ampliación**

Como parte de su programa de ampliaciones de tajos y de su nuevo programa de aumentar el volumen de su producción, la empresa minera se ha visto en la necesidad de cambiar los parámetros de diseño de sus nuevos tajos, llevando la altura de banco de 8m a una nueva altura de banco de 12m. Por lo tanto también está aumentando las dimensiones de toda su flota de operación, por las nuevas vías de acarreo podrán transitar volquetes de hasta 150 toneladas

Con la finalidad de continuar manteniéndose como socio estratégico, la empresa contratista se ha visto en la necesidad de evaluar la adquisición de nuevos equipos, básicamente en lo que ha perforación, carguío y acarreo se refiere, manteniendo los equipos auxiliares con los que ya se venía trabajando, para de este modo estar de acorde a los nuevos retos que pretende enfrentarse la empresa minera

Si bien es cierto que la inversión para la adquisición de nuevos equipos de gran envergadura, es recuperado en varios años y por ende, no en una sola ampliación; esta inversión de capital está respaldado por los siete años que ya vienen laborando juntos, la empresa contratista con la empresa minera y por la información brindada por esta ultima de que las ampliaciones se seguirán dando por el lapso de seis años a mas

## **1.3 Restricciones del contrato**

La ampliación de la mina, consiste en remover un total de 25.301.645 toneladas de material, comprendido por encapado de roca(ER) y desmonte(D),el encapado de roca está conformado por hornfels mientras que el desmonte está conformado por diques

básicos, dacitas y andesitas .La empresa contratista se encargará de la perforación, el carguío , el acarreo y el mantenimiento de vías, siendo la voladura la única actividad controlada por el cliente

El plazo para la entrega de la ampliación del tajo, es de diez meses como máximo, para que pueda entrar en producción, lo que implica mover 2.530.164,5 toneladas mínimas por mes, una vez culminado la ampliación del tajo, se negociara con el cliente para iniciar la ampliación de otro tajo abierto, el cual está previsto iniciarlo en cuanto se culmine la ampliación mencionada.

#### **1.4 Recursos**

##### **a) Instalaciones**

- La empresa contratista tiene sus talleres y oficinas dentro de la mina, dicha área fue entregada por el cliente
- El alojamiento de todo el personal está en la ciudad ubicada a 30 km aproximadamente de la mina
- La alimentación, desayuno y cena también se realiza en la ciudad solamente el almuerzo es trasladado de la ciudad a la mina

##### **b) Personal**

El sistema de trabajo es 2x1, con 10 días de trabajo por 5 días de descanso, el cual cubre dos turnos de 12 horas cada uno;

### **c) Equipos que se venía trabajando**

#### **Perforación**

- Una perforadora Rotary DM 45 de la marca INGERSOLL RAND, que perfora diámetros de taladros de 7 7/8" (la cual puede trabajar diámetros de broca de hasta 9 pulgadas)
- Una perforadora DTH, modelo D245S de la marca DRILLTECH, perfora diámetros de taladros de 7 7/8"

Con respecto a esta última se tiene pensado retirarlo por su baja productividad

#### **Carguío**

- Dos palas hidráulicas de la marca O&K modelo RH 90C, con capacidad de cuchara de 10 m<sup>3</sup>
- Un cargador frontal CAT 994F, con capacidad de cuchara de 19 m<sup>3</sup>

Una de las palas será retirado de producción por su antigüedad y la otra se está evaluando transferir a un nuevo proyecto que la contratista está licitando

#### **Acarreo**

- Conformado por 19 camiones CAT, modelo 777F, con capacidad de carga de 90 a 96 toneladas

Los más antiguos serán vendidos y los restantes serán transferidos a un nuevo proyecto que se está licitando

## **Auxiliares**

Conformado por:

- Un tractor CAT tipo D9R
  
- Una motoniveladora CAT de 140HP
  
- Un cargador frontal de la marca CAT modelo 966F
  
- Una excavadora marca CAT modelo 336L

## **1.5 Descripción del proyecto de ampliación**

El proyecto comprende como ya se mencionó, en remover un total de 25.301.645 toneladas, entre encapado de roca (ER ) y desmonte( D), la densidad insitu de cada una de ellas es de 2.7 ton/m<sup>3</sup>, y la densidad del material suelto es de 1,93, lo que nos da un esponjamiento de 40%.

El movimiento de material será, desde los frentes de carguío con destino hacia un único botadero para ambos tipos de material, por la ruta que el cliente ha entregado

El cliente brinda el diseño final del tajo, pero la manera de como ejecutarlo queda a plena consideración de la empresa contratista, eso sí, respetando el diseño final del tajo, vías de acarreo y botadero

La ampliación del tajo consiste en trabajar once niveles o bancos, de 12 metros de altura con 2 metros de sobre perforación

Tabla 1.1-Tipo de material por banco y tonelaje total

Banco	Tipo de Material		Toneladas Totales
	ER	D	
802	1.069.668		1.069.668
790	814.765	1.711.775	2.526.540
778	1.389.016	2.207.192	3.596.208
766	870.530	2.096.749	2.967.279
754	833.587	1.889.378	2.722.965
742	1.084.948	1.846.587	2.931.535
730	653.109	1.500.970	2.154.079
718	282.095	1.877.262	2.159.357
706	146.693	1.775.221	1.921.914
694	2.3041	1.547.052	1.570.093
682	1.682.007		1.682.007

Tabla 1.2 - Distancias por tramos de ruta

Nivel	DISTANCIA (km)		
	Nivel-Rampa	Rampa-Botadero	Botadero
802	0,248	0,6320	0,625
790	0,231	0,7790	0,625
778	0,223	0,9042	0,625
766	0,215	1,0319	0,625
754	0,185	1,1822	0,625
742	0,171	1,3024	0,625
730	0,163	1,4525	0,625
718	0,158	1,6021	0,625
706	0,144	1,7484	0,625
694	0,139	1,8972	0,625
682	0,124	2,0459	0,625

En la primera tabla vemos el tipo de material y el tonelaje a mover en cada nivel o banco, mientras que en la segunda tabla, se tiene las distancias entregadas por el cliente, la distancia en los bancos esta medido desde la rampa de diseño hacia el centro de gravedad del banco o nivel correspondiente, la pendiente de la rampa de

diseño hasta llegar a la parte horizontal del botadero oscila entre los 8.0 y 10.2%, siendo el promedio de estas 9.0%, la distancia en el botadero de igual manera esta medida desde el inicio del botadero hacia el centro de gravedad de esta, en función del crecimiento previsto, este es un botadero antiguo y su crecimiento solamente se dará de manera horizontal

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEORICO**

#### **2.1 Equipos más usados en Minería a tajo Abierto**

Para poder llevar a cabo las actividades de perforación, carguío y acarreo, dentro de una operación minera a tajo abierto es necesario conocer, los equipos que se usan para cada actividad así como la operación y desempeño de cada una de ellas, para de este modo al momento de realizar la selección, esta sea, la adecuada y dicho equipo cumpla satisfactoriamente los trabajos para el cual fue seleccionado.

Primordialmente en nuestro medio se cuenta con palas de cable y palas hidráulicas, dentro esta última dependiendo de la forma de la cuchara podría ser una en modo retro. También se cuenta con cargadores frontales en diferentes tamaños, siendo los más pequeños usados como equipo auxiliar

En lo que respecta a camiones para mediana y gran minería lo más común es camiones que superen las 90 toneladas de carga, denominados camiones fuera de carretera

En cuanto a la perforación, los más usados hoy en día son la perforadora rotativa y la perforadora con martillo en el fondo

Para apoyar en las actividades auxiliares, tales como acondicionamiento de pisos en los frentes de carguío, empuje de material en la zona de descarga, preparación de áreas de perforación, mantenimiento de vías etc; es necesario el uso de bulldozer, welldozer, motoniveladoras, la que mejor se adecue a nuestra operación

Nos centraremos en los equipos de carguío, acarreo y perforación porque son los que mayor costo representan dentro de las actividades de minado

### **2.1.1 Equipos de Carguío**

Los equipos de carguío más usados en lo que respecta a minería superficial son las palas y los cargadores frontales, dentro de las palas podemos distinguir las palas de cable accionadas por energía eléctrica y las palas hidráulicas accionadas por energía diesel o eléctrica,

Estos equipos de grandes dimensiones son capaces de mover millones de toneladas de material a un bajo costo unitario

**a) Palas.-**Son equipos robustos, muy compactos que funcionan en base a energía eléctrica o diesel, conformado por una infraestructura y una superestructura

La infraestructura consiste en una robusta estructura que soporta a toda la máquina, está montada sobre dos bastidores de orugas, las cuales le permiten desplazarse a velocidades lentas y posicionarse sobre los frentes de trabajo.

En este conjunto va instalado el mecanismo de traslación y dirección, aunque en algunos equipos el motor correspondiente vaya montado en la plataforma superior. Todo el equipamiento eléctrico va por la infraestructura (en caso de las palas eléctricas)

La superestructura es una plataforma giratoria, que gira 360 grados en ambos sentidos; aquí van instalados los sistemas de mando y controles eléctricos; así como también todo el soporte del equipo de excavación. La plataforma giratoria está encerrada en un recinto o habitáculo presurizado que impide el ingreso del polvo al motor y a los sistemas de control. En la parte delantera se encuentra la cabina del operador y el equipo de excavación

El equipo de excavación está conformado por el brazo, la pluma y la cuchara o balde. En una pala de cable el equipo de excavación es ejecutado por un conjunto de cables enrollados en tamboras mientras que en una hidráulica lo ejecutan los pistones

Dentro de las palas hidráulicas podemos distinguir dos tipos las frontales y las modo retro, ambas se diferencian en el sentido del modo del cucharón las frontales tiene las uñas de la cuchara mirando hacia el frente de carguío mientras que las de modo retro mirando hacia la cabina del operador

Para una misma capacidad de cuchara, una pala de cables es más grande en dimensiones, que una pala hidráulica y a su vez una hidráulica en modo frontal es más grande que una en modo retro

### **Ventajas y desventajas entre palas hidráulicas y palas de cable**

- Una pala hidráulica tiene mayor movilidad que una pala de cable, consiguiendo desplazarse más rápido si se requiere cambiar de frente de trabajo
- Las palas de cable requieren de un costo de capital más elevado que una hidráulica, pero; el costo operativo de una pala de cable es mucho más económico que una hidráulica; del mismo modo el tiempo de vida útil de una pala de cables es mucho mayor en comparación de una hidráulica
- Una pala hidráulica presenta mayor versatilidad que una pala de cables en cuanto a la orientación del cucharón se refiere debido al par de pistones instalados directamente hacia a esta otorgándole mayor movimiento; por lo tanto requiere menos apoyo de equipo auxiliar
- Una pala de cable requiere de frentes de trabajo más amplios, debido al conjunto de instalaciones eléctricas que hacen posible su funcionamiento

### **Ciclo de trabajo de las palas**

El ciclo de trabajo de una pala está determinado por la penetración del cucharón sobre el material a cargar, esta se eleva en el frente de carguío (pila de material) hasta que queda completamente llena, luego gira y descarga sobre la tolva del camión y nuevamente regresa el cucharón al frente de carguío

El giro se realiza con el pivoteo de la superestructura sobre la infraestructura, manteniéndose esta última de manera inmóvil cuando la pala necesite reposicionarse, lo hace a través de sus orugas

Existen básicamente dos tipos de carguío que son: Carguío a un solo lado y carguío a dos lados

En el carguío a un solo lado el tiempo de espera entre camiones se incrementa, del mismo modo el ángulo de giro de la pala; mientras que en el carguío a dos lados el tiempo de espera entre camión y camión para posicionarse en el frente de carguío es casi nulo, brindándonos mayor productividad. Para realizar el carguío a dos lados se requiere frentes de trabajo amplios

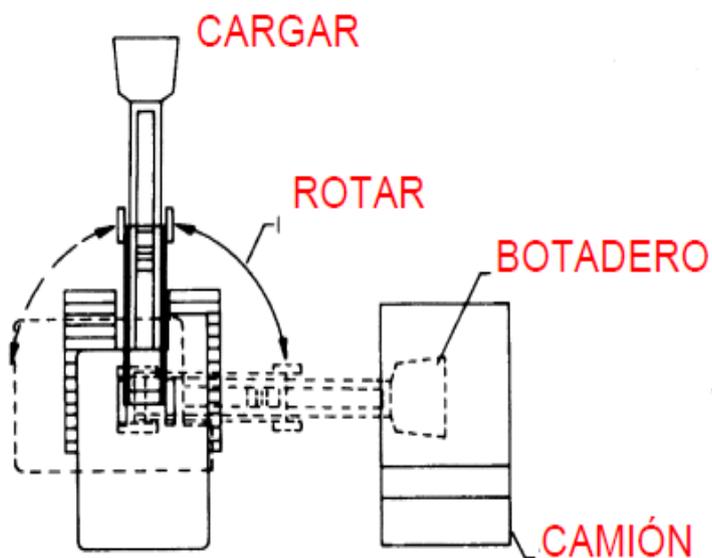


Figura 2.1 - Imagen del modo de operación de la pala

Fuente: Tópicos de Ingeniería de Minas a Rajo Abierto, Capítulo 1\_P. N. Calder

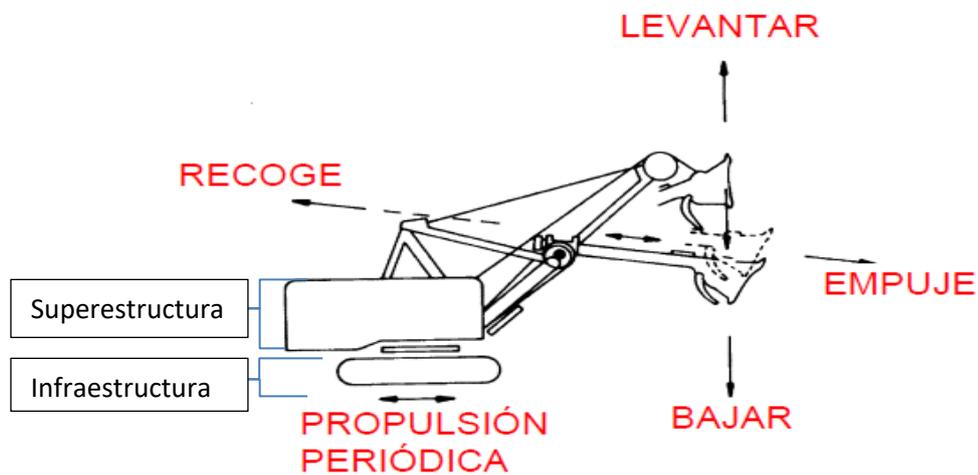


Figura 2.2 Modo de operación de una pala de cables

Fuente: Tópicos de Ingeniería de Minas a Rajo Abierto, Capítulo 1\_P. N. Calder

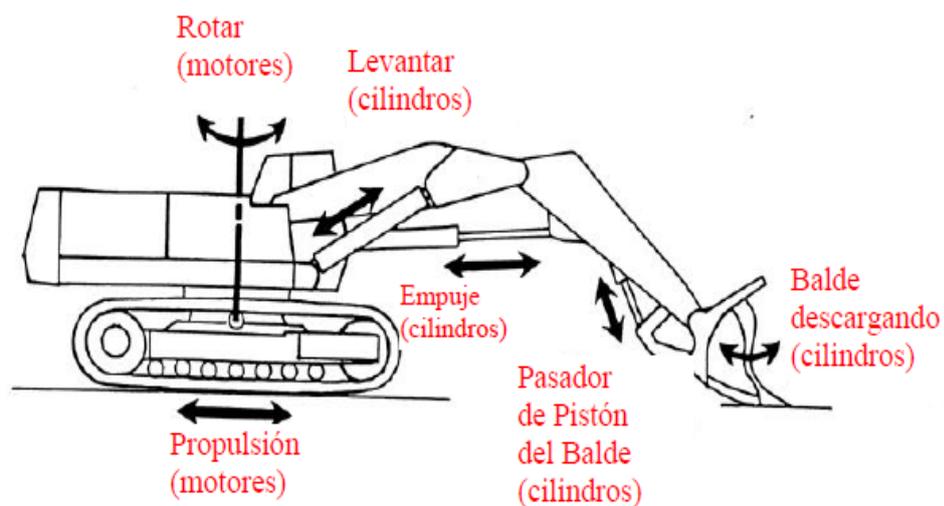


Figura 2.3 Modo de operación de una pala hidráulica

Fuente: Tópicos de Ingeniería de Minas a Rajo Abierto, Capítulo 1\_P. N. Calder

## **b) Cargadores frontales**

El cargador frontal es un equipo de carguío, caracterizado por su movilidad, ya que la maquina se desplaza en uno y otro sentido en busca del frente de excavación y del frente de descarga. Del mismo modo constituye una máquina de apoyo para los servicios auxiliares dentro de la mina, tales como construcción de rampas auxiliares, empuje de material, etc.

Existe una gran variedad de cargadores frontales de acuerdo a la capacidad de la cuchara

Todo el sistema del cargador frontal está montado sobre su chasis; el cual está formado por dos semichasis unidos entre sí por una articulación doble con eje vertical. En el semichasis delantero va anclado todo el equipo de trabajo .El semichasis trasero es el que soporta el peso del motor, de la transmisión, del eje y su diferencial, el peso de la cabina y los mandos del operador

Ambos están contruidos de aceros de alta resistencia, especialmente diseñados para soportar esfuerzos de carácter continuado, tanto de torsión como de flexión.

Mediante la acción de los vástagos de dos cilindros hidráulicos, uno a cada lado, la articulación permite giros a izquierda y derecha, con ángulos de entre 35 y 45 grados, lo que aumenta la maniobrabilidad de la máquina. Los cucharones de los cargadores frontales se diseñan con un ancho un poco mayor al de la máquina, de forma que al introducirlos en la pila de material no se produzcan daños en los neumáticos.

Estas dimensiones hacen que los baldes tengan una estructura más débil que la de las palas de cable y/o hidráulicas. Como además es necesario maximizar la carga útil, se

deben construir con el menor peso posible. Por este motivo, las fuerzas de arranque de estos equipos son mucho menores que en las palas

El equipo de trabajo está constituido por el mecanismo de elevación, volteo y la cuchara. Los brazos de elevación están unidos por un puente central que garantiza solidez del conjunto, y son accionados por cilindros hidráulicos para subirlos y bajarlos

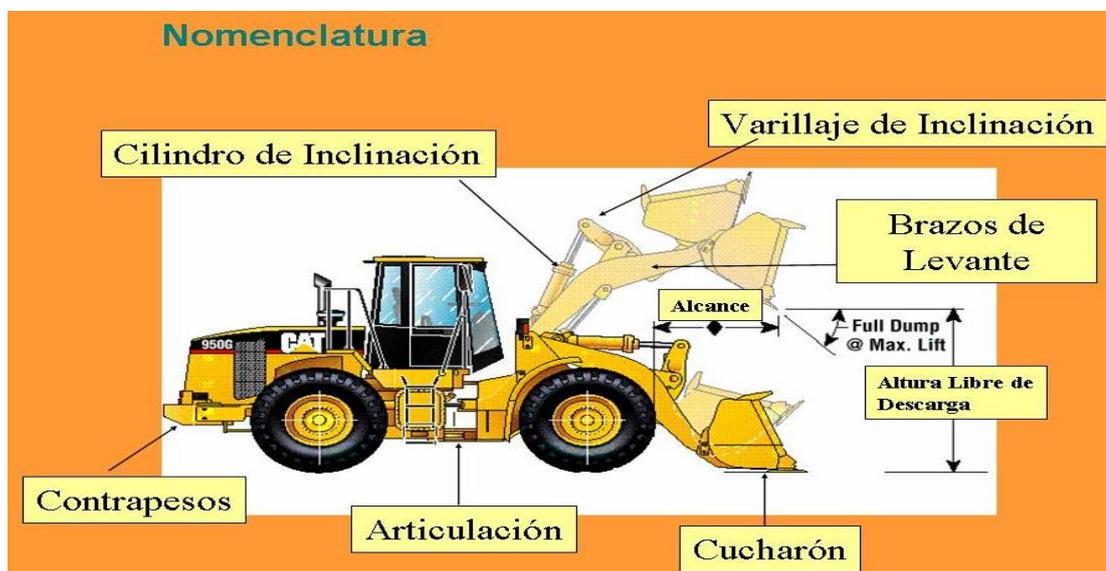


Figura 2.4 Partes de un cargador frontal

Fuente: [www. Maquinarias Pesadas.Org](http://www.Maquinarias Pesadas.Org)

### Ciclo de trabajo de un cargador frontal

Un cargador se dirige hacia la pila de material, con el cucharón casi al ras del piso, la penetración que logre el cucharón en la pila de material dependerá de la tracción generada por las ruedas, la masa del cargador y la velocidad desarrollada en ese momento, luego conforme se va llenando el cucharón, esta se va elevando, una vez

llena el cucharón el cargador retrocede se detiene y gira para descargar el material sobre la tolva del camión, una vez descargada todo el material del cucharón, nuevamente el cargador se dirige hacia la pila de material para repetir el ciclo

Por lo general un camión tiene que esperar que salga el otro camión, para posicionarse; pero cuando se tiene frentes de carguío realmente muy amplios se puede practicar el carguío a dos lados o también dos cargadores cargando aun solo camión, sacrificando el carguío para ganar en acarreo, generalmente se hace cuando hay déficit de camiones

### **Ventajas y desventajas entre cargadores frontales y palas**

- El costo de capital es mucho menor para cargadores frontales, así como también lo es su vida útil
- Requieren de frentes de trabajo mucho más amplios
- Para una misma capacidad de cucharón tiene menor productividad que una pala
- La altura de bancos es reducida por tema de seguridad
- El uso de las llantas representa un alto costo
- Poseen menor disponibilidad mecánica que las palas
- Presenta gran movilidad para cambiar fácilmente de frentes de trabajo
- No requiere mucho apoyo de equipos auxiliares
- En un frente de trabajo en la cual la pila de material no tiene buena altura, obtiene mejor productividad que una pala

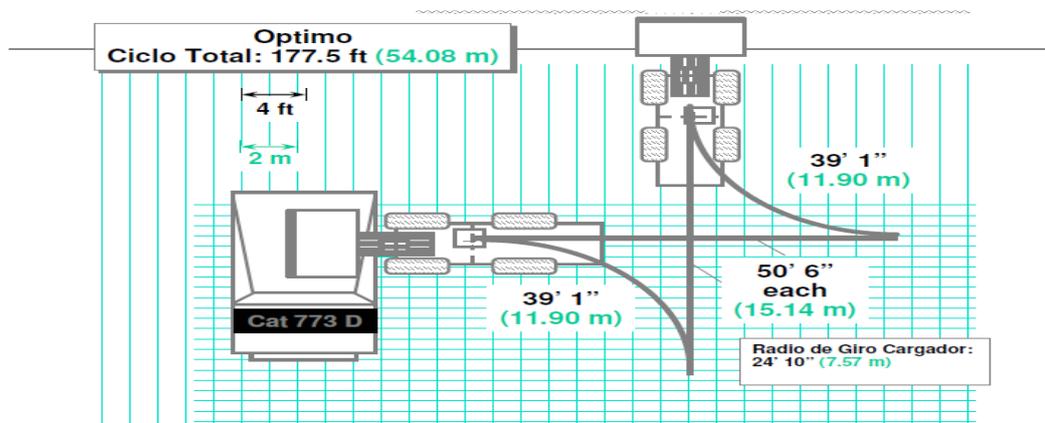


Figura 2.5 - Imagen del modo de operación de un cargador frontal

Fuente: FINNINGCAT

### 2.1.2 Equipos de Acarreo

La mejor forma de transportar el material volado desde el frente de trabajo hacia su destino final dependiendo del tipo de material, es mediante el uso de camiones, estos han evolucionado a lo largo de todas estas décadas, los más comunes son los de sistema de descarga hacia atrás, en los últimos años el mundo de la minería en su afán de mover mayor cantidad de tonelaje ha impulsado la fabricación de camiones cada vez más gigantes

Normalmente, estos vehículos son de dos ejes, uno de dirección y otro motriz, con ruedas gemelas. El eje delantero soporta aproximadamente el 47% del peso neto de la unidad y el 32% del peso total cargado, mientras que el trasero soporta el 53% y el 68% de los pesos, respectivamente.

En el caso de camiones de más de 350 toneladas, se dispone de tres ejes, de los cuales los traseros son motrices.

Existen dos tipos principales de camiones en la industria minera los de transmisión mecánica y los de transmisión eléctrica. Los eléctricos utilizan motores armados en los cubos de las ruedas. La energía es transmitida para hacer rotar la rueda por la armadura del motor sobre la cual se monta el neumático

Sergio Elgueta, Gerente General de Komatsu Mining Systems, dice lo siguiente “Técnicamente ambos sistemas (transmisión mecánica y eléctrica) tienen ventajas y desventajas y la aplicación generalmente define la elección. El equipo eléctrico supera al mecánico subiendo la carga y en largos descensos cargado. El mecánico supera al eléctrico con mayor velocidad en plano y descensos cortos.”

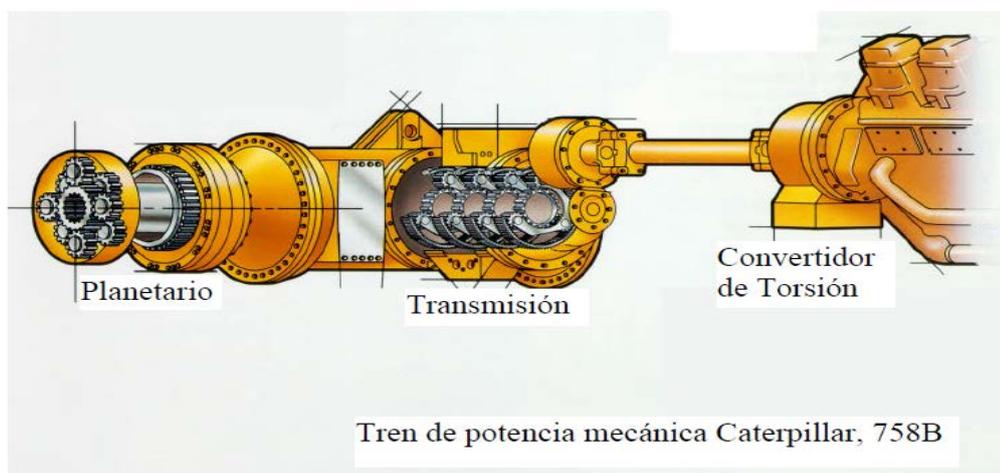


Figura 2.6 Tren de potencia mecánico

Fuente: Tópicos de Ingeniería de Minas a Rajo Abierto, Capítulo 1\_P. N. Calder

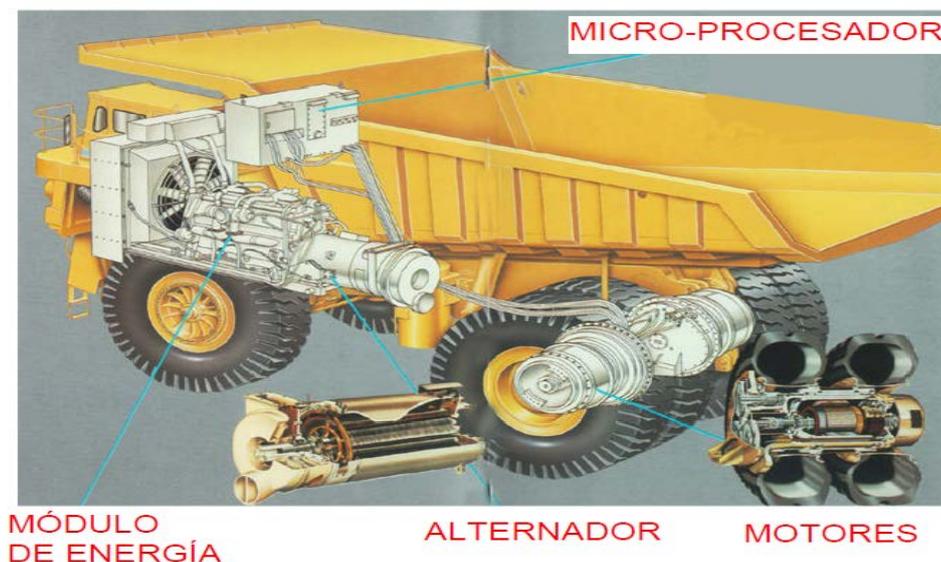


Figura 2.7 Camión con tren de potencia eléctrico

Fuente: Tópicos de Ingeniería de Minas a Rajo Abierto, Capítulo 1\_P. N. Calder

### 2.1.3 Equipos de Perforación

Las perforadoras se clasifican en neumáticas e hidráulicas de acuerdo al tipo de energía, ambas constan básicamente de los mismos componentes, la diferencia entre estas dos es que las neumáticas requieren de aire para su funcionamiento y las hidráulicas requieren de aceite

Las perforadoras hidráulicas presentan las siguientes ventajas frente a una neumática

- La utilización de la energía es más eficiente por que trabajaba con fluido y no con aire
- Menor costo de accesorios, debido a que la forma de la onda de choque se transmite de forma más uniforme

- Mayores velocidades de perforación debido al mejor aprovechamiento de la energía de la onda de choque
- Ofrece mayor seguridad, menores niveles de ruido, mas confort, su principal desventaja es el alto costo de inversión que requiere y mano de obra más calificada para su mantenimiento

Las perforadoras hidráulicas son las que mejor rendimiento tienen en dólares por metro perforado en comparación con las neumáticas.

Por el mecanismo de perforación se clasifican en Rotopercutivas y Rotativas

#### **a) Rotopercutivas**

Dentro de este tipo de equipos tenemos las que llevan el martillo en la cabeza de la columna de perforación y las que la llevan en el fondo

Las de martillo en la cabeza la acción de percusión y rotación se producen fuera de la columna de perforación, transmitiéndose estas dos acciones a través de la barra hasta llegar a la broca

En una perforadora con martillo en el fondo conocido como DTH, por sus siglas en inglés, la rotación se realiza en el exterior de la columna de perforación y puede ser accionada de manera neumática o hidráulica. La percusión se realiza de forma directa sobre la broca y el pistón es accionado neumáticamente

La principal ventaja de un DTH frente a un martillo en cabeza es que no hay disipación de energía debido a que el martillo se ubica detrás de la broca,

Las perforadoras DTH son netamente de percusión por lo que su rendimiento estará normado por el caudal y presión de aire suministrado, los diámetros de perforación que se trabajan para un DTH es de 4" a 8",

Requieren compresoras de alta presión, por lo tanto alto consumo de energía y se elevan los costos

#### **b) Rotativas**

La necesidad de mover cada vez mayor tonelaje de material ha hecho que las mallas de perforación aumenten su dimensión, burden, espaciamiento, por ende el diámetro y la profundidad del taladro. Siendo el diámetro del taladro una de las limitantes para las perforadoras rotopercutivas, de este modo se da paso a las perforadoras rotativas con brocas tricónicas principalmente, quienes penetran en el terreno mediante la trituración y no por corte; para lo cual se necesita mayor empuje y torque que en la perforación por percusión. El mayor diámetro obliga a mayores caudales de aire para la evacuación del detritus

En las rotativas el diámetro generalmente oscila entre 6" a 12 ¼ ". Diámetros inferiores a los 6" está limitado por el desgaste prematuro de los triconos debido al reducido tamaño de los cojinetes

Las usadas en minería a tajo abierto son la DTH y las Rotativas. La principal ventaja de un DTH con una tricónica es que la primera puede trabajar en cualquier tipo de terreno, mientras que las tricónicas ven disminuido su rendimiento en rocas duras

## **2.2 El Proyecto de Ampliación y sus Costos**

El costo se basa en un presupuesto que abarca una estimación de los costos relacionados con varios recursos que servirán para llevar a cabo el proyecto. Por ejemplo las horas a usar de los equipos de carguío, acarreo, equipos auxiliares, mano de obra, materiales, etc. El costo de una obra viene a ser la cantidad de dinero que el cliente está dispuesto a pagar a la empresa contratista por la culminación de esta; dentro del plazo estipulado, el cual está enmarcada en un acuerdo entre cliente y la empresa contratista

El objetivo siempre es de culminar el proyecto dentro del plazo establecido sin rebasar el presupuesto, generando ganancias para la empresa contratista y logrando la plena satisfacción del cliente

Realizar el presupuesto viene a ser una de las tareas más complicadas para la empresa contratista, lo más difícil es establecer la cantidad de horas maquinas necesarias para lograr el objetivo del proyecto; ya que son las maquinas debido a su alto costo de posesión y de operación por el consumo de combustible y otros materiales los que representan el grueso del presupuesto.

El costo básicamente se divide en Costo Directos e Indirectos y estos a su vez en pueden ser tratados como costos fijos y variables

Los costos directos son los que se pueden asociar directamente a la producción de una determinada actividad y por lo tanto solamente debe figurar dentro de la contabilidad de costo de dicha actividad, para la obra tendremos: los costos de

posesión y costos de operación así como también el costo de mano de obra (sueldo del operador)

Siendo el costo de posesión y el de mano de obra un costo fijo, mientras que el costo de operación es un costo variable. Se dice que es fijo por que dicho costo permanecerá constante mientras el proyecto se mantenga dentro de los límites de su capacidad de producción y no implique la adquisición de más equipos. El costo es variable porque están en función del nivel de producción

Los costos indirectos por su parte son aquellos que afectan el proceso productivo de una o más actividades; por lo tanto no se le puede asignar directamente a una sola actividad. Como costos Indirectos para la obra tendremos los costos de supervisión, costos de cisternas de agua, combustible, luminarias, costo de sistemas y comunicaciones, etc

Siendo los equipos los que representan el costo mayor, analicemos su costo de posesión, costo de operación y la mano de obra para su respectiva tarifa

### **2.2.1 Costo de Posesión**

Es un costo fijo no le afecta las horas que trabaje el equipo es muy independiente de este. Está compuesto básicamente por la Depreciación, Interés de capital Invertido y Seguros

**a. Depreciación.** Es el costo que resulta de la disminución del valor del equipo como resultado del uso a lo largo de su vida útil, esto se da de manera lineal y sirve para reponer el capital invertido

$D = (\text{Valor de Adquisición} - \text{Valor Residual}) / \text{Vida Económica}$

**Valor de Adquisición.-** Es el precio actual en el mercado y se obtiene solicitando cotizaciones a los diversos proveedores

**Valor Residual.-** Es el valor recuperable o valor de reventa que tendrá la maquina al final de su vida económica

**Vida Económica.-** Está definido por el periodo en el cual la maquina trabaja con un rendimiento aceptable

**b. Interés de capital Invertido.-** Cualquier empresa o persona para comprar una maquinaria financia dichos fondos en las entidades financieras por lo cual tiene que desembolsar ciertas cuotas o también puede hacerlo con su propio dinero, pero el hecho de hacerlo con su propio dinero implica que dejó de invertir en otra cosas, esperando que dicho monto le brinde un beneficio, por lo tanto también se tiene que cargar un cierto interés

**c. Seguros.-** Es el monto destinado a cubrir los riesgos a los cuales está expuesto la maquinaria durante su vida económica, ya sea que la aseguradora sea una compañía de seguros o la empresa misma asuma dicha tarea

La forma más común de cómo obtener una maquinaria es hacerlo a través de un leasing, existen dos formas de leasing el Financiero y el Operativo

El Financiero es la modalidad mediante el cual existe un contrato de arrendamiento con opción a compra de la maquinaria, por parte de la empresa arrendataria, por la cual se pagará una cuota mensual, se diferencia de un crédito bancario en que se

financia al 100% el valor de la maquinaria sin comprometer a una carga financiera, si la empresa desea adquirir el bien al final del contrato tendrá que pagar una cuota BALLON

En el leasing operativo la principal característica es que se trata de un contrato de arrendamiento en el que no se contempla la posibilidad de que el arrendatario adquiera el dominio de la maquinaria al final del contrato.

### **2.2.2 Costos de Operación**

Son aquellos costos para mantener productiva la maquinaria, estas estarán en función de las horas usadas, dependerán del trabajo a realizar y aumentan con el paso del tiempo

Básicamente están compuesto de:

- Costo de Mantenimiento y Reparación, son aquellos originados para mantener el equipo en buen estado, trabajando con un rendimiento normal(incluye la mano de obra de los mecánicos)
- Costo de Llantas o Carrilera (en caso de equipos sobre ruedas o sobre orugas)
- Costo de Elementos de Desgaste (cucharas, tolvas, rippers, cuchillas, etc.)
- Costo de Lubricantes, Filtros, Grasa
- Costo de Combustible
- Costo de Reparaciones Mayores, se refiere a la reparación de componentes mayores tales como transmisión, motor, etc

### **2.2.3 Mano de Obra**

Toda máquina requiere de un operador para que trabaje. El costo del operador, incluye la mensualidad que se le tiene que depositar más los beneficios sociales tales como: Seguro, CTS, gratificación, etc , EPP(Equipo de protección personal)

### **2.3 Resultado Operativo**

En toda obra, se manejan presupuestos y un plazo de cumplimiento, para tal fin es necesario llevar un control de los costos y verificar que lo planeado se cumpla. El resultado operativo denominado R.O es un sistema manejado por muchas empresas contratistas tanto en el rubro de construcción como en el de minería

Te permite medir el desarrollo de la gestión dentro de la obra, analiza que está sucediendo en cada fase, como se puede corregir, mejorar para lo cual los datos que se reporten tiene que ser reales para obtener resultados fidedignos.

El resultado operativo tiene muchas herramientas de control pero principalmente se dividen en un control de equipos y en un control de operaciones

#### **2.3.1 Control de Equipos**

El área de equipos mediante una tarifa interna alquila dichos equipos al área de operaciones, como resultado de la venta por las horas trabajadas, el área de equipos obtiene una ganancia y también, un costo por los mantenimientos realizados para que dicha maquina pueda trabajar correctamente

#### **2.3.2 Control de Operaciones**

La venta que se obtiene es por el movimiento del material que se ha acordado y por

la cual el cliente pagara de acuerdo a la valorización respectiva, el costo es todo aquello que ha sido necesario usar para poder producir, maquinarias, mano de obra, supervisión, combustibles, accesorios de perforación, etc.

Dentro del control de operaciones tenemos los controles básicos y los reportes consolidados

### **2.3.2.1 Controles básicos**

En este tipo de control lo que se busca es llevar de manera detallada lo que está sucediendo en el día a día, en la obra, para lo cual se lleva un reporte de producción y un reporte de margen diario

En el reporte de producción se controla básicamente:

- El tonelaje movido,
- Las horas trabajadas, no importa el trabajo que ha realizado se le carga a la fase para la cual ha sido destinado ese equipo
- La disponibilidad y el uso de los equipos
- El rendimiento de los equipos, cuantas toneladas por hora están produciendo
- Registro de paradas, para evaluar la utilización de los equipos y como registro en tema contractual con el cliente

El reporte de margen diario es un indicador del estado actual de la obra y nos informa si se está ganando o perdiendo, por lo tanto se necesita conocer el tonelaje movido, las salidas de almacén y en cuanto a los costos fijos se hace una proyección

del mes y eso se trae a un costo diario, este reporte nos permite analizar las fases por individual pero es a corto plazo lo que interesa es el resultado final de toda la obra

### **2.3.2.2 Controles consolidados**

Este control es el consolidado del resultado operativo y contiene el detalle de todas las fases

Contiene un resumen codificado por tipo de costo y uno por fase de producción

#### **a. Resumen codificado por costo**

- Costo de mano de obra, el cual incluye su sueldo mensual, sus beneficios sociales, alimentación, hospedaje, implementos de seguridad
- Costo de equipos, se refiere a todos los equipos tanto propios como alquilados
- Costo de supervisión
- Costo de materiales, aquí están incluido el combustible, aceros de perforación, elementos de desgaste, etc.
- Costo de sub contratos, se refiere al costo que se incurre para pagar al trabajo realizado por terceros
- Costo de fletes, tiene que ver con el costo de transportar materiales o algunos equipos
- Costos generales y administrativos

**b. Resumen por actividad de producción**

Aquí tenemos un costo resumen por cada actividad

- Carguío

- Acarreo

- Perforación

- Auxiliares

- Indirectos

## **CAPITULO III**

### **REQUERIMIENTO DE EQUIPOS**

Con la finalidad de mover mayor tonelaje y terminar las ampliaciones en plazos más cortos, la empresa contratista se ha visto en la necesidad de evaluar la adquisición de nuevos equipos de mayores dimensiones, por lo tanto es necesario considerar las limitaciones que ha puesto el cliente en cuanto al diseño de sus tajos y vías se refiere

Como ya se mencionó anteriormente el cliente nos indica que las ampliaciones de sus tajos tendrán un ancho de vía operativo para camiones de 150 toneladas, altura de bancos de 12 m, queda en consideración de la empresa contratista seleccionar los equipos adecuados que le brinden la mejor rentabilidad económica

#### **3.1 Equipos de Carguío y Acarreo**

El acarreo representa el costo más alto de todas las fases de minado, por lo tanto para seleccionar el camión correcto tenemos que hacerlo conjuntamente con el equipo de carguío ya que ambos tienen que trabajar en armonía, brindándonos el costo más bajo por tonelada movida, hoy en día es muy común escuchar sobre la economía de escala con camiones que transportan hasta 400 toneladas por viaje, muchos estudios

realizados se han enfocado en determinar cuál es el match, la cantidad de pases adecuados que tiene que realizar el equipo de carguío para llenar la tolva del camión.

Un estudio publicado por Bruce Gregory en el 2002, muestra que de 4 a 6 pases nos brinda los mejores costos

Cuando se va seleccionar el camión se toma se toma los siguientes aspectos

- El match con el equipo de carguío
- Costo operativo
- Costo capital, financiamiento
- Disponibilidad de llantas en el mercado
- El soporte que brinda el proveedor en materia de repuestos y capacitaciones
- Estrategias comerciales

Debido a la sólida relación comercial que la empresa contratista mantiene con la casa Ferreyros (Representante de la marca CAT), se decidió optar por camiones de dicha marca siendo el modelo 785C, un camión de 140 toneladas y el modelo 777F un camión de 90 toneladas de capacidad los elegidos para la evaluación

Criterio de selección de la flota de carguío:

- Altura de Banco y Tonelaje a Mover
- Disponibilidad de Energía
- Costo Capital, Financiamiento

- Costo operativo
- El soporte que brinda el proveedor en materia de repuestos y capacitaciones
- Estrategias comerciales

Por estrategia comercial se optó por la marca O&K (actualmente perteneciente a la marca CAT), una pala Hidráulica accionada por energía diesel, debido a que no se cuenta con energía eléctrica disponible en la zona de trabajo, la opción de palas que se estaba manejando son palas de 10 m<sup>3</sup>, 16.5 m<sup>3</sup> y 22 m<sup>3</sup> de capacidad de cuchara respectivamente; por lo tanto las alternativas Equipo de carguío-Equipo de acarreo son:

- Pala de 10,0 m<sup>3</sup> de capacidad de cuchara con camiones de 90 y 140 toneladas,
- Pala de 16,5 m<sup>3</sup> de capacidad de cuchara con camiones de 90 y 140 toneladas
- Pala de 22,0 m<sup>3</sup> de capacidad de cuchara con camiones de 90 y 140 toneladas

Veamos la producción de la pala y del camión

### **3.1.1 Producción de la pala**

Para estimar la producción de la Pala es necesario tener en cuenta lo siguiente

- a) Densidad Insitu.**-Es la densidad de la roca en su estado natural antes de ser arrancado, para el material a trabajar es de 2,7 ton/m<sup>3</sup>

**b) Factor de Esponjamiento (FE).**-Es el aumento del volumen de la roca debido a la fragmentación sufrida, siendo igual a:  $1/(1+ \% \text{Esponjamiento})$ .El esponjamiento del material a trabajar es de 40%

**c) Factor de Llenado(FLI).**- Indica el porcentaje del volumen del balde de la pala, que ha sido ocupado en una pasada, esto depende de la geometría del frente de carguío, por lo general está en un rango de 85-90%, consideraremos 85%

**d) Disponibilidad Mecánica:** Está definida como el tiempo programado menos el tiempo de mantención todo esto dividido por el tiempo programado. El tiempo de mantención incluye las paradas programadas y las no programadas

$$D. \text{ Mecánica} = \frac{(720 \text{ horas} - \text{horas no disponibles mecánicamente}) \times 100}{720 \text{ horas}}$$

**e) Uso del Equipo:** Es el porcentaje del tiempo mecánicamente disponible que el equipo se encuentra realizando la función principal que se le asignó, aquí se contabiliza las paradas por cambio de turno, evacuaciones por voladura, etc.

$$\text{Utilización} = \frac{(\text{Horas mecánicamente disponible} - \text{Retrasos operativos}) \times 100}{(\text{Horas mecánicamente disponible})}$$

De experiencia y en base a datos históricos se tiene que la disponibilidad es de 85% con una Utilización de 83%, esto equivale a que durante el mes que tiene 720 horas se trabaje 510 horas, es necesario considerar que durante la hora que tiene 60 minutos el equipo de carguío no realiza solamente carguío sino que también pierde

tiempo corrigiendo su piso o reposicionándose hacia el mismo frente de carguío; por lo tanto se considerara una hora de 50 minutos

Producción de la pala/pase = (capacidad cuchara (m<sup>3</sup>) x FE x densidad insitu(ton/m<sup>3</sup>)  
x ( Factor de llenado )

Con todo lo anterior se tiene la producción para las tres palas y seria así:

- Pala de 10.0 m<sup>3</sup> de capacidad de cuchara toneladas/pase=16.3

- Pala de 16.5 m<sup>3</sup> de capacidad de cuchara toneladas/pase=26.9

- Pala de 22.0 m<sup>3</sup> de capacidad de cuchara toneladas/pase=35.8

**3.1.2 Producción del camión.-** dicha producción está determinado por la capacidad de carga del camión, por el ciclo de acarreo, la cual depende de la velocidad que el camión puede desarrollar en los diversos tramos de la ruta de acarreo, la espera en los puntos de carguío así como también el tiempo que demora en ser cargado.

La velocidad que el camión puede desarrollar va depender bastante de las características del motor, las pendientes de la ruta de acarreo, la resistencia a la rodadura, los límites de velocidad impuesto por motivos de seguridad y la capacidad de los operadores

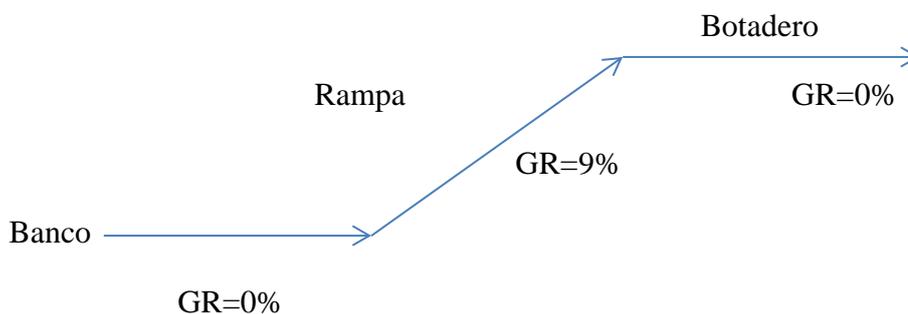


Figura.3.1- Perfil de acarreo

Tabla 3.1 - Velocidades desarrolladas por el camión 785C y 777F

	Ruta		
	Banco	Rampa	Botadero
Velocidad Cargado (km/h)	20	12	20
Velocidad Vacío (km/h)	30	45	20

### 3.1.3 Producción Pala-Camión

Primeramente se tiene que determinar la cantidad de pases requeridos por cada pala para cargar a un determinado camión, para descartar alternativas; ya que nuestra selección se basará en que la cantidad de pases necesarios para cargar un camión tiene que estar en el rango de 4 a 6, tal como lo mencionamos anteriormente

Tabla 3.2 - Cantidad de pases requeridos para cargar a un camión

CAMION	PALA		
	Pala RH 90 C (10,0m <sup>3</sup> )	Pala RH 120E (16,5m <sup>3</sup> )	Pala RH 170 B (22,0m <sup>3</sup> )
785C(140 ton)	8,6	5,2	3,9
777F (90 ton)	5,5	3,3	2,5

De la tabla vemos que la alternativa Pala de 10,0 m<sup>3</sup> de capacidad de cuchara con camión de 140 toneladas queda descartado, del mismo modo la alternativa pala de 22m<sup>3</sup> de cuchara con camión de 90 toneladas de capacidad, porque lo carga en 2,5 pases, que sería en realidad 3 pases, entonces nuestro análisis para el requerimiento de equipos se basará en analizar

- Pala RH 90C, con camiones 777F

- Pala RH 120 E, con camiones 777F y 785C

- Pala RH 120 E, con camiones 785C

Para calcular la producción horaria pala-camión es necesario tener en cuenta que en el último pase que realice la pala, no vaciara por completo toda la carga, ósea no será a capacidad completa de la cuchara, para lo cual veamos la siguiente tabla

Tabla 3.3 Considerando a plena capacidad de cuchara en el último pase

	Pala-Camión 777F		Pala-Camión 785C	
	RH 90C	RH120E	RH 120E	RH170B
Numero de pase Reales	6	4	6	4
Toneladas Camión /viaje	97,8	107,6	161,4	143,2

El rango de capacidad de carga para un camión 777F es de 90-96t, para un camión 785C es de 140-150 toneladas, si bien es cierto que siempre existe una variabilidad en cuanto a la carga que transporta el camión esta no debe sobrepasar en un 10% del total de cargas registradas; para el análisis consideraremos su carga nominal 90 y 140

toneladas respectivamente para cada camión. Entonces la producción de la pala estará restringida por la capacidad de carga del camión

Para determinar la capacidad horaria de la pala es necesario considerar lo siguiente:

Tiempo/pase=32 segundos

Tiempo de cuadrado del camión=34 segundos

Tabla 3.4 Tiempo total de carguío por camión (minutos)

Pala-Camión 777F		Pala-Camión 785C	
RH 90C	RH120E	RH 120E	RH170B
3,77	2,70	3,77	2,70

Como se mencionó anteriormente considerando una hora de 50 minutos tenemos que la producción horaria para cada pala con su respectivo camión es tal como se muestra en la siguiente tabla

Tabla 3.5 Producción en toneladas por hora pala-camión

Pala-Camión 777F		Pala-Camión 785C	
RH 90C	RH120E	RH 120E	RH170B
1.194,7	1.666,7	1.858,4	2.600,0

En la tabla se nota como la producción de la pala se ve afectado por la capacidad del camión, tal como se mencionó anteriormente, la pala RH 120E con camiones 777F nos da una producción horaria de 1.666,7 toneladas mientras que con los camiones 785C la producción horaria es de 1.858,4 toneladas

La producción mensual requerida para culminar la ampliación en diez meses es de 2.530.164,5 toneladas, con este dato calcularemos el número de palas requerido con su respectiva combinación de camión, considerando que la cantidad de horas trabajadas por mes es de 510

Tabla 3.6 Producción mensual de las palas con su respectiva flota de camiones

	Pala-Camión 777F		Pala-Camión 785C	
	RH 90C	RH120E	RH 120E	RH170B
Numero de Palas Teórico	4,15	2,98	2,67	1,91
Numero de Palas Reales	4	3	3	2
Producción Real/mes	2.437.168,14	2.550.000	2.843.362,83	2.652.000

- La combinación pala RH90C con camiones 777F queda descartado por que está por debajo de la producción requerida
- Debido a que son ampliaciones y no siempre se puede contar con tres frentes de carguío, nos quedamos con la alternativa Pala RH 170B con camiones 785C

Para determinar la cantidad de camiones es necesario ver los requerimientos banco por banco

Para el Banco 802, se tiene lo siguiente

$$\text{Tiempo de Ida} = [(0,248 \text{ km})/(20\text{km/h}) + (0,632\text{km})/(12\text{km/h}) + (0,625\text{km})/(20\text{km/h})]$$

Tiempo de Ida=0.095 h=5,7 min

Tiempo de Regreso=(0,625km)/(20km/h)+(0,632km)/(45km/h)+(0,248km)/(30km/h)

Tiempo de Regreso=0,045h=2,7 min

Tiempo de descarga=1 min

Tiempo de carguío y cuadrado=2,7 min

Ciclo del camión =5,7+2,7+2,7+1= 12,1 min

Numero de vueltas/hora=(50/12.1)=4.1

Esto significa que un camión en una hora habrá acarreado 575 toneladas

Número de camiones= Producción flota de carguío/Producción de un camión

Para el Banco 802 se requerirá 9 camiones para cumplir con el ritmo de producción, en base al histórico se tiene que a dicha cantidad hay que aumentarle 17% más para cubrir los mantenimientos y fallas

Del mismo modo se procede para cada nivel y obtenemos la siguiente tabla

Tabla 3.7 – Numero de camiones por banco

<b>Banco</b>	<b>802</b>	<b>790</b>	<b>778</b>	<b>766</b>	<b>754</b>	<b>742</b>
<b>Número de Camiones</b>	9	10	11	11	12	12
<b>Total de Camiones</b>	11	12	13	14	14	14
<b>Banco</b>	<b>730</b>	<b>718</b>	<b>706</b>	<b>694</b>	<b>682</b>	
<b>Número de Camiones</b>	13	13	14	15	16	
<b>Total de Camiones</b>	15	15	17	17	19	

Por lo tanto la flota de carguío y acarreo para cubrir la producción del proyecto, constará de dos palas RH170B con capacidad de cuchara de 22m<sup>3</sup> y diecinueve camiones 785C, con capacidad nominal de 140 toneladas

### 3.1.4 Producción Cargador Frontal-Camión

El cargador frontal modelo 994F de la marca CAT, es el equipo con el cual se realizara la evaluación de trabajar tres frentes de carguío hasta el banco730. Del histórico se tiene que la producción del cargador frontal es de 1800 toneladas por hora, lo que significa que el tiempo de cuadrado y carguío por volquete es de 3,8 minutos(considerando una hora de 50 minutos) ,procediendo como se calculó la cantidad de camiones por nivel para las palas, para el cargador frontal se obtiene la siguiente tabla

Tabla 3.8 - Cantidad de camiones por nivel, para el cargador frontal

Nivel	Número de Camiones
802	4
778	4
766	4

Con la flota de diecinueve camiones es suficiente para trabajar tres frentes de carguío hasta el nivel 766

### 3.2 Equipo de Perforación

El tonelaje a mover por mes para cumplir con el plazo del proyecto es de 2.530.164,5

La perforadora con la que se cuenta es una de 9" de diámetro, la velocidad de penetración que esta perforadora ha demostrado en material similar en ampliaciones pasadas es de 20 m/h, para determinar su producción horaria es necesario considerar lo siguiente:

Burden=6m

Espaciamiento=7m

Altura de banco=12m

Sobreperforación = 2m

Toneladas por hora= $(6m \times 7m \times 12m \times 2.7t/m^3 \times 20m/h) / 14m$

Toneladas por hora=1944 ton/h

Esta perforadora ha demostrado que durante el mes trabaja un promedio de 465 horas

Lo que nos da una producción mensual de 903.960 toneladas

Se decidió adquirir dos perforadoras que trabajen con brocas cuyo diámetros estén en el rango de 9 a 11 pulgadas, para cubrir la producción que se tiene pensado alcanzar

Debido al diámetro que se desea manejar no existen perforadoras con sistema DTH, con dicha capacidad; por lo tanto se decidió fácilmente por el sistema rotativo, tal como se mencionó anteriormente para decidirse por una u otra marca, el servicio post-venta que ofrezca el proveedor es de vital importancia para el soporte de mantenimiento y de repuestos

Por tal motivo se decidió adquirir dos perforadoras de la marca Drilltech D75KS, las que trabajan con un Pull Down de 75.000 libras y con 1.350-2.000 CFM de capacidad del compresor, los diámetros de los taladros a manejar serán de 11 pulgadas. Para lo cual se tiene los siguientes parámetros

Velocidad de penetración= 24 m/h

Burden=6,5m

Espaciamiento=7,5m

Altura de banco=12m

Sobre perforación = 2m

Toneladas por hora=  $(6,5m \times 7,5m \times 12m \times 2,7 t/m^3 \times 24m/h) / 14m$

Toneladas por hora=2707 t/h

Considerando una Disponibilidad de 84% y una utilización de 80% se tiene que al mes trabajaran 480 horas, por lo tanto la producción mensual de cada perforadora que maneja una broca de 11 pulgadas de diámetro es de 1.299.703; las dos palas moverán un total de 2.652.000 toneladas mensuales, para lo cual es necesario que trabajen las dos perforadoras nuevas con el apoyo de la perforadora de 9 pulgadas de diámetro de broca

### **3.3 Equipos Auxiliares**

Para el mantenimiento de vías, perfilado de taludes, empuje en el botadero y nivelación de pisos, se decidió dotar a la flota de los siguientes equipos:

- Una motoniveladora 140H marca CAT, la cual se encargará del mantenimiento de vías, el refinado en el botadero así como también en las plataformas de carguío
- Un tractor D9R de 410 HP será el encargado de brindar apoyo en los frentes de carguío de la Pala, así como también en la preparación de áreas de perforación
- Excavadora CAT modelo 336, será la encargada del perfilado de los taludes
- Cargador Frontal 966F, será el encargado del empuje en el botadero debido a su versatilidad también brindara soporte en el mantenimiento de las vías

## **CAPITULO IV**

### **COSTO UNITARIO DE LAS ACTIVIDADES DE MINADO**

Se analizará los costos Directos e Indirectos para todo el proyecto y dentro de cada una de ellas analizaremos los costos Variables y Fijos, con la finalidad de ver la implicancia que tiene los costos fijos en la elaboración del presupuesto, para lo cual manejaremos dos alternativas: La alternativa-1, consistirá en trabajar todo el proyecto con dos frentes de carguío, mientras que la alternativa-2, consistirá en trabajar con tres frentes de carguío hasta el banco766

Para ambas alternativas el tonelaje total es de 25.301.645

#### **4.1 Dos Frentes de Carguío Durante toda la Ampliación**

En esta alternativa, considerada alternativa-1, la producción mensual está determinado por la producción de las dos palas RH 170B, la cual como se mostró en la tabla 3.1.5.5 producen mensualmente 2.652.000 toneladas entre ambas, en base a este dato se elaboraran los requerimientos de hora maquina por mes y por el total del proyecto

#### 4.1.1 Costos Directos

Aquí analizaremos los costos de perforación, carguío, acarreo y auxiliares

##### 4.1.1.1 Costo Unitario de Perforación

En el capítulo III, se determinó la producción horaria y mensual de las perforadoras tanto para la que tiene broca 9 pulgadas de diámetro, a la cual llamaremos EP-9; así como también para las que manejan brocas de 11 pulgadas de diámetro, a las cuales llamaremos EP-17 y EP-18. En base a su producción horaria y a su promedio de horas por mes se tiene el siguiente cuadro

Tabla 4.1 - Requerimiento de horas por perforadora

Mes	Horas requeridas			Tonelaje producido
	EP-9	EP-17	EP-18	
1	28	480	480	2.652.000
2	28	480	480	2.652.000
3	28	480	480	2.652.000
4	28	480	480	2.652.000
5	28	480	480	2.652.000
6	28	480	480	2.652.000
7	28	480	480	2.652.000
8	28	480	480	2.652.000
9	28	480	480	2.652.000
10	0	264	264	1.433.645

De la tabla obtenemos el total de horas requeridas por cada perforadora, en todo el proyecto

La estructura del costo del equipo considerará lo siguiente:

- Costo de Posesión

- Costo de Operación

- Costo de Mano de Obra

Tabla 4.2 - Tarifa de los Equipos de Perforación

Costo	EP-9	EP-17	EP-18
Costo Posesión US\$/mes	16.200	28.500	28.500
Costo Operación US\$/h	200,13	295,27	295,27
Mano Obra Operadores US\$/mes	4.657	5.093	5.093

Cada perforadora requiere de un ayudante lo que equivale a tres ayudantes por perforadora con un costo mensual de 2266,8 dólares

El costo de posesión está determinado por la cuota mensual que se tiene que depositar al banco

El costo de operación como ya se mencionó anteriormente incluye el mantenimiento mecánico, lubricación, carrilera, costo horario de reparación mayor, el consumo de accesorios de perforación y el consumo de combustible.

Los accesorios de perforación para una perforadora rotativa están conformados por una barra superior y una inferior de 9m y 5m respectivamente, la broca tricónica, el centralizador, el adaptador, el top sub y bit sub.

El consumo diesel es de 21 galones por hora para la perforadora EP-9 y 34 galones por hora para la EP-17 y EP-18 respectivamente. El costo del combustible puesto en obra es de 3.98 US\$ el cual incluye el flete

Para calcular el costo de la mano de obra por equipo, se considera el sueldo del operador y en este caso también del ayudante, a este sueldo se le multiplica por 1.5 para incluir los beneficios sociales y lo multiplicamos por el número de guardias que serían tres y lo dividimos entre el tipo de cambio a considerar que es de 2.68

Tabla 4. 3 - Resumen del costo de perforación en todo el proyecto

	EP9	EP17	EP18
Horas totales	252	4582	4582
Costo Posesión US\$\$	162.000	285.000	285.000
Costo Operación US\$	50.432,76	1.352.927,14	1.352.927,14
Mano Obra US\$/mes	69.238	73.598	73.598
Costo por equipo	281.671	1.711.525	1.711.525
Costo total	3.704.721		
Tonelaje a extraer	25.301.645		
Costo US\$/t	0,146		

#### 4.1.1.2 Costo Unitario de Carguío

Para el carguío contamos con las dos Palas O&K RH 170B, cada una con una capacidad de cuchara de 22 m<sup>3</sup>, con un consumo de combustible diesel de 80 gl/h, como ya se vio en el capítulo de Requerimiento de flota, la producción horaria de cada uno es de 2.600 ton/h. Estimando que ambas trabajaran a razón de 510 horas por mes se tiene una producción mensual de 2.652.000 toneladas. Como apoyo se tiene un cargador frontal 994F que tiene un consumo diesel de 55 gl/h; servirá como equipo en stand by para asegurar la fase de carguío. La producción horaria del histórico para el cargador frontal es de 1.800 toneladas por mes

La tarifa de los equipos es como se muestra

Tabla 4.4 - Tarifa de los equipos de carguío

Costos	Pala 1	Pala 2	Cargador 994F
Costo Posesión US\$/mes	122.500	122.500	65.300
Costo Operación US\$/h	727,7	727,7	594,1
Mano obra US\$/mes	5.530	5.530	5.530

Para mover un total de 25.301.645 toneladas, se requiere de un total de 4.866 horas por cada pala

Tabla 4.5 - Costo unitario de carguío

	Pala 1	Pala 2	Cargador 994F
Horas totales	4.866	4.866	0
Costo Posesión US\$	1.225.000	1.225.000	653.000
Costo Operación US\$	3.540.988,2	3.540.988,2	0
Mano Obra US\$	55.299	55.299	55.299
Costo total US\$	4.821.287	4.821.287	708.299
Costo del proyecto US\$	10.350.872		
Tonelaje a extraer	25.301.645		
Costo US\$/ton	0,409		

Nuestro costo de carguío es de 0,409 dólares americanos por tonelada de material cargado

#### 4.1.1.3 Costo Unitario de Acarreo

Siendo la producción mensual de 2.652.000 toneladas, se necesita la cantidad de horas camión por mes, para lo cual necesitamos conocer que bancos se trabajaran por mes, ya que la cantidad de camiones está en función del banco o nivel a trabajar

De la Tabla 1.1, donde se tiene la cantidad de material por nivel, elaboramos el plan mensual

Tabla 4.6 - Programa mensual por bancos

Mes	802	790	778	766	754	742	730	Tonelaje
1	1.069.668	1.582.332						2.652.000
2		944.208	1.707.792					2.652.000
3			1.888.416	763.584				2.652.000
4				2.203.695	448.305			2.652.000
5					2.274.660	377.340		2.652.000
6						2.554.195	97.805	2.652.000
Mes	730	718	706	694	682	Tonelaje		
7	2.056.274	595.726				2.652.000		
8		1.563.631	1.088.369			2.652.000		
9			833.545	1.570.093	248.362	2.652.000		
10					1.433.645	1.433.645		

En base a esta tabla y a la Tabla 3.7, obtenemos la cantidad de horas camión por mes y por el total de la obra

Lo cual se calcula de la siguiente manera:

El mes 1, se va a trabajar el banco 802 y el banco 778, para lo cual el número de camiones es de 9 y 10 respectivamente para cada nivel, teniendo el tonelaje por cada nivel lo dividimos entre la producción horaria de la flota de carguío lo cual nos da 204 y 306 horas requeridas para el banco 756 y 744 respectivamente, esto significa que durante el mes, la cantidad de horas trabajadas por nueve camiones es igual a:  $(204+306) \times 9$  y que solamente un camión trabajo 306 horas lo que nos da un total de 4.894 horas de camión

Para los demás meses realizamos la misma operación y se obtiene la siguiente tabla

Tabla 4.7 Requerimiento de horas-camión por mes

MES	Horas de Camión
1	4.894
2	5.428
3	5.610
4	5.696
5	6.120
6	6.139
7	6.630
8	6.839
9	7.538
10	4.411
Total de horas	59.306

Teniendo en cuenta que un camión 785C, tiene un consumo diesel de 33 gl/h y que, la mano de obra cubre las tres guardias. La tarifa de un camión es tal como se muestra en al siguiente tabla

Tabla 4.8 Tarifa de un camión 785C

Costo Posesión US\$/mes	44.300
Costo Operación US\$/h	243,34
Mano Obra de Operadores US\$/mes	5.093

Para la descarga se requiere tres cuadradores por turno esto equivale a nueve cuadradores en total lo que nos da un costo de 6.800.4 US\$/mes

Con el requerimiento de horas- camión y su tarifa elaboramos la siguiente tabla, en la cual se considera para el costo de posesión diecinueve camiones y para el costo de

mano de obra de operadores dieciséis camiones desde el inicio hasta la finalización de la obra

Tabla 4.9 Costo unitario de acarreo

Costo Posesión US\$	8.417.000
Costo Operación US\$	14.431.453,71
Mano Obra US\$	882.884
Costo total US\$	23.731.337,71
Tonelaje total a ser acarreado	25.301.645,00
Costo US\$/ton	0,938

#### 4.1.1.4 Costo Unitario de Auxiliares

Para elaborar el costo unitario es necesario tener el total de horas programadas por cada equipo, el consumo de combustible, el sueldo de los operadores y el costo de posesión

El tractor consume 14 galones por hora de combustible, el cargador frontal 5 galones por hora, la motoniveladora 6 galones por hora y por último la excavadora 10 galones por hora.

El sueldo de un operador de tractor es de 3.000 Nuevo soles mensuales, el sueldo de un operador de cargador frontal 3.000, el sueldo de un operador de motoniveladora es de 2.800 y el sueldo de un operador de excavadora es de 3.000

Con todo lo anterior se tiene la tarifa por equipo y la tabla que muestra la cantidad de horas programadas por mes por cada equipo

Tabla 4.10 - Tarifa de equipos auxiliares

Equipo	Tractor D9	Cargador frontal	Motoniveladora	Excavadora
Costo Posesión US\$/mes	21.600	9.700	7.800	11.000
Costo Operación US\$/h	144,25	47,13	48,24	92,49
Mano Obra US\$/mes	4.366	4.366	4.075	4.366

Tabla 4.11 - Requerimiento de horas- equipo por mes

Mes	Horas programadas			
	Tractor D9	Cargador frontal	Motoniveladora	Excavadora
1	360	450	390	300
2	360	450	390	300
3	360	450	390	300
4	360	450	390	300
5	360	450	390	300
6	360	450	390	300
7	360	450	390	300
8	360	450	390	300
9	360	450	390	300
10	216	270	234	180

Tabla 4.12 - Costo unitario de trabajos auxiliares

Equipo	Tractor D9	Cargador frontal	Motoniveladora	Excavadora
Horas totales	3.456	4.320	3.744	2.880
Costo Posesión US\$	216.000	97.000	78.000	110.000
Costo Operación US\$	498.528	203.601,6	180.610,56	266.371,2
Mano Obra US\$	43.657	43.657	40.746	43.657
Costo total por equipo US\$	758.185	344.258	299.357	420.028
Costo total US\$	1.821.828			
Tonelaje a extraer	25.301.645			
Costo US\$/ton	0,072			

#### 4.1.2 Costos Indirectos

Dentro de los costos indirectos está incluido la supervisión, los gastos administrativos, los choferes de camionetas y de buses, los choferes de la cisterna de combustible, de las cisternas de agua, el costo de las luminarias las cuales se requieren para poder trabajar durante el turno noche, el hospedaje y la alimentación de todo el personal, el costo de las cisternas, camionetas, el servicio de comunicaciones donde incluiremos todo los materiales usados en las oficinas tales como lápiz, papel , software; etc

Tabla 4.13-Equipos e instalaciones

Equipo	Cantidad	Alquiler US\$/mes	Combustible gl/mes	Total US\$/mes
Cisterna de agua	3	5.200	780	18.704
Cisterna combustible	1	7.800	780	10.904
Camionetas	8	1.950	270	47.838
Buses	2	6.300	720	15.466
Hospedaje	1	20.600	0	20.600
Torres de Iluminación	5	650	210	7.429
Servicio comunicaciones				27.200
Alimentación				11.200
Costo total US\$				159.341

Tabla 4.14 - Mano de obra Indirectos

Mano Obra		
Personal	Cantidad	Costo US\$/mes
Choferes camioneta	14	9.779
Operadores de Cisterna	9	7.203
Choferes de bus	4	3.201
Personal limpieza	2	1.164
Supervisión		131.200
Sede Central		27.400
Costo total		179.948

Tabla 4.15 - Costo unitario de Indirectos

Costo US\$/mes	339.290
Costo total US\$	3.392900
Tonelaje total a ser extraído	25.301.645
Costo US\$/ton	0,134

## 4.2 Tres Frentes de Carguío hasta el Tercer Banco

Para esta alternativa se determinó que, trabajar con tres frentes de carguío iba ser posible solamente hasta el sexto banco

Para determinar nuestro ritmo de producción mensual es necesario tener en cuenta cuál de las actividades va ser nuestra restricción, la flota de camiones para los primeros meses está sobredimensionada con 19 camiones; entonces analizando el cargador frontal el cual tiene una producción horaria de 1.800 toneladas por hora y que trabaja a razón de 485 horas por mes nos da una producción mensual de 873.000 toneladas sumando a esto la producción de las dos palas tenemos una producción mensual de 3.525.000 toneladas. Del capítulo II, se tiene que la producción mensual

de la EP-9 es de 903,960 toneladas a razón de 465 horas al mes, mientras que para las perforadoras EP-17 y EP-18 su producción mensual es de 1.299.703 toneladas para cada una de ellas a razón de 480 horas, trabajando las tres perforadoras juntas su producción mensual es de 3.501.600 toneladas; por lo tanto nuestra limitante será la perforación

#### 4.2.1 Costos Directos

Costos a analizar, costo de perforación, carguío, acarreo y auxiliares

##### 4.2.1.1 Costo Unitario de Perforación

En base a la producción mensual de las tres perforadoras se elabora la siguiente tabla

Tabla 4.16 - Plan mensual de producción con tres frentes de carguío

	Nivel						
Mes	802	790	778	766	754	742	Tonelaje
1	1069668	2431932					3501600
2		94608	3406992				3501600
3			189216	2511600			2700816
4				455679	2196321		2652000
5					526644	2125356	2652000
Mes	742	730	718	706	694	682	Tonelaje
6	806179	1845821					2652000
7		308258	2159357	184385			2652000
8				1737529	914471		2652000
9					655622	1682007	2337629

Ahora elaboramos la tabla que muestre el requerimiento de horas-perforadora

Tabla 4.17 Requerimiento de horas de equipo de perforación con tres frentes de carguío

Mes	Horas requeridas		
	EP-9	EP-17	EP-18
1	465	480	480
2	465	480	480
3	54	480	480
4	28	480	480
5	28	480	480
6	28	480	480
7	28	480	480
8	28	480	480
9	0	432	432

Con estos datos del requerimiento de horas por cada perforadora y de la tabla 4.2 que muestra la tarifa de las perforadoras se tiene lo siguiente

Tabla 4.18 Costo unitario de perforación con tres frentes de carguío

	EP9	EP17	EP18
Horas totales	1.124	4.272	4.272
Costo Posesión US\$	145800	256500	256500
Costo Operación US\$	224946,12	1261393,44	1261393,44
Mano Obra US\$	103117	45837	45837
Costo por equipo US\$	473863	1563730	1563730
Costo Total US\$	3601324		
Tonelaje a extraer	25301645		
Costo US\$/ton	0,142		

#### 4.2.1.2 Costo Unitario de Carguío

Siendo la perforación nuestra limitación, en función a la producción horaria ,para cubrir el programa mensual el cargador frontal 994F, apoyará los primeros meses a razón de 472 horas y el tercer mes solamente 27 horas

Tabla 4.19 - Requerimiento de horas por equipo de carguío con tres frentes de carguío

Mes	Horas Requeridas		
	Pala 1	Pala 2	Cargador Frontal
1	510	510	472
2	510	510	472
3	510	510	27
4	510	510	0
5	510	510	0
6	510	510	0
7	510	510	0
8	510	510	0
9	450	450	0

Teniendo el total de horas por equipo y la tarifa que ya se mostró en la tabla 4.4, procedemos a calcular costo unitario de carguío

Tabla 4.20 - Costo unitario de carguío con tres frentes de carguío

	Pala 1	Pala 2	Cargador 994F
Horas totales	4517	4517	971
Costo Posesión US\$	1102500	1102500	587700
Costo Operación US\$	3287020,9	3287020,9	576871,1
Mano Obra US\$	49770	49770	49770
Costo por equipo US\$	4.439.291	4.439.291	1.214.341
Costo Total US\$	10.092.923		
Tonelaje a extraer	25.301.645		
Costo US\$/ton	0,399		

### 4.2.1.3 Costo Unitario de Acarreo

En función a la tabla 3.8, tabla 3.9 y tabla 4.16, se elabora el requerimiento de horas-camión por mes, siguiendo el procedimiento desarrollado en la Alternativa-1

Tabla 4.21 Requerimiento de horas-camión con tres frentes de carguío

MES	Horas de Camión
1	6.835
2	7.484
3	5.718
4	6.032
5	6.120
6	6.475
7	6.665
8	7.316
9	7.074
<b>Total de Horas</b>	<b>59.720</b>

En base a esta tabla y a la tabla 4.8, se tiene lo siguiente

Tabla 4.22 - Costo unitario de acarreo con tres frentes de carguío

Total Horas Camión	59.720
Costo Posesión US\$	7.575.300
Costo Operación US\$	14.532.264,8
Mano Obra US\$	794.595,6
Costo Total	22.902.160,4
Tonelaje total a extraer	25.301.645,00
Costo US\$/ton	0,905

#### 4.2.1.4 Costo Unitario de Auxiliares

Al haber aumentado la producción durante los tres primeros meses, influirá en la cantidad de horas de tractor, horas de cargador frontal, ya que, se descargará mayor tonelaje por hora en el botadero, del mismo modo mayor horas de motoniveladora y de excavadora

Tabla 4.23 Requerimiento de horas por equipo auxiliar con tres frentes de carguío

Mes	Tractor D9	Cargador frontal	Motoniveladora	Excavadora
1	390	480	420	330
2	390	480	420	330
3	360	480	420	330
4	360	450	390	300
5	360	450	390	300
6	360	450	390	300
7	360	450	390	300
8	360	450	390	300
9	336	420	364	280

Tabla 4.24 Costo unitario de auxiliares con tres frentes de carguío

Equipo	Tractor D9	Cargador frontal	Motoniveladora	Excavadora
Horas totales	3.276	4.110	3.574	2.770
Costo Posesión US\$	194.400	87.300	70.200	99.000
Costo Operación US\$	472.563	193.704,3	172.409,76	256.197,3
Mano Obra US\$/mes	39.291	3.9291	36.672	39.291
Costo por Equipo US\$	706.254	320.295	279.281	394.488
Costo Total US\$	1.700.319			
Tonelaje a extraer	25.301.645			
Costo US\$/ton	0,067			

#### 4.2.2 Costo Indirectos

Al aumentar la producción durante los primeros meses, el requerimiento de horas, de la cisterna de combustible, al igual que el de las cisternas de agua podría considerarse que no varía o que su variación es insignificante en comparación con los demás costos

Tabla 4.25- Equipos e instalaciones con tres frentes de carguío

Equipo	Cantidad	Alquiler US\$/mes	Combustible gl/mes	Total US\$/mes
Cisterna de agua	3	5.200	780	18.704
Cisterna combustible	1	7.800	780	10.904
Camionetas	8	1.950	270	47.838
Buses	2	6.300	720	15.466
Hospedaje	1	20.600	0	20.600
Torres de Iluminación	5	650	210	10.401
Servicio comunicaciones				27.200
Alimentación				11.200
Costo total US\$				162.313

Tabla 4.26- Mano de obra indirectos con tres frentes de carguío

Mano Obra		
Personal	Cantidad	Costo US\$/mes
Choferes camioneta	14	9779
Operadores de Cisterna	9	7203
Choferes de bus	4	3201
Personal limpieza	2	1164
Supervisión		131200
Sede Central		27400
Costo total		179948

Tabla 4.27 Costo unitario de Indirectos con tres frentes de carguío

Costo US\$/mes	339.288
Costo total US\$	3.053.592
Tonelaje a ser extraído	25.301.645
Costo US\$/t	0,120

## CAPITULO V

### ANALISIS DE RESULTADOS

#### 5.1 Análisis de las dos Alternativas y Evaluación de la Implicancia de los

##### Costos Fijos

En base a todas las tablas elaboradas se tiene dos tablas resumen donde se muestra el costo total por cada actividad

Tabla 5.1 - Resumen de costo alternativa-1

DOS FRENTES DE CARGUIO					
ALTERNATIVA 1	Perforación	Carguío	Acarreo	Auxiliares	Indirectos
Costo Posesión US\$	732.000	3.103.000	8.417.000	501.000	3.392.880
Costo Operación US\$	2.756.287	7.081.976	14.431.454	1.149.111	
Mano Obra US\$	216.434	165.896	882.884	171.716	
Costo total US\$	3.704.721	10.350.87 2	23.731.338	1.821.828	
Costo total del proyecto US\$	43.001.658				
Tonelaje total a extraer	25.301.645				
Costo US\$/ton	1,700				

En esta tabla que resume el costo total de la alternativa-1, nuestro costo unitario es de 1,700 dólares americanos por tonelada de material, sin incluir la utilidad que la empresa espera obtener, ni el IGV.

Tabla 5.2 - Resumen de costo alternativa-2

TRES FRENTES DE CARGUIO					
ALTERNATIVA 2	Perforación	Carguío	Acarreo	Auxiliares	Indirectos
Costo Posesión US\$	658.800	2.792.700	7.575.300	450.900	3.053.592
Costo Operación US\$	2.747.733	7.150.913	14.530.385	1.086.550	
Mano Obra US\$	194.791	149.310	794.595,6	154545	
Costo total US\$	3.601.324	10.092.923	22.900.281	1691.995	
Costo total del proyecto US\$	41.340.133				
Tonelaje total a extraer	25.301.645				
Costo US\$/ton	1,634				

Analizando ambas alternativas, el menor costo se obtiene trabajando con tres frentes de carguío hasta donde el diseño del tajo lo permite; por lo tanto el costo a presentar es de 1,634 US\$/T, a este costo se le tiene que agregar la utilidad que la empresa contratista espera obtener lo cual consideraremos de 10%, entonces nuestro precio unitario será de 1,797 US\$/ton

Veamos que implicancia tienen los costos fijos, en la diferencia de costo unitario entre la alternativa-1 y la alternativa-2

En primer lugar analizaremos que sucede con cada alternativa en un determinado mes para lo cual se escogió el Mes-2,

Como costo fijo tenemos el costo de posesión, el costo de mano de obra y los indirectos debido a su estructura. Mientras que como costo variable tenemos simplemente al costo de operación, lo que nos permite elaborar las cuatro tablas que se muestran a continuación

Tabla 5.3- Resumen de costo por actividad, Alternativa-1/ Mes-2

ALTERNATIVA 1					
MES-2	Perforación	Carguío	Acarreo	Auxiliares	Indirectos
Costo Posesión US\$	73200	310300	841700	50100	339.288
Costo Operación US\$	282262,7	742254	1042628	119699,1	
Mano Obra US\$	21643,4	16589,6	88288	17171,6	
Costo total US\$	377106,1	1069143,6	1972616	186970,7	
Tonelaje extraído	2652000				
costo US\$/T					

Tabla 5.4- Resumen de costo fijo y variable, Alternativa-1/ Mes-2

Costo Fijo US\$	Costo Variable US\$	Tonelaje movido	Costo US\$/T
1758281	2186843,51	2652000	1,488

Costo fijo es de 0,663 US\$/ton y el costo variable es de 0,825 US\$/ton

Tabla 5.5 - Resumen de costo por actividad, Alternativa-2/ Mes-2

ALTERNATIVA 2					
MES-2	Perforación	Carguío	Acarreo	Auxiliares	Indirectos
Costo Posesión US\$	73.200	310.300	841.700	50.100	339.288
Costo Operación US\$	369.719,5	1.022.669,2	1.086.737,7	126.887,7	
Mano Obra US\$	21.643,4	16.589,6	88.288	17.171,6	
Costo total US\$	464.562,9	1.349.558,7	2.016.726,1	194.159,3	
Tonelaje extraído	3.501.600				

Tabla 5.6 - Resumen de costo fijo y variable, Alternativa-2/ Mes-2

Costo Fijo US\$	Costo Variable US\$	Tonelaje movido	Costo US\$/ton
1.758.281	2.606.014,1	3501600,0	1,246

El costo fijo para esta alternativa es de 0,502 US\$/ton, mientras que el costo variable es de 0,744 US\$/ton

En las tablas 4.31 y 4.33, vemos que el costo fijo no aumenta con el aumento de la producción, por el contrario el costo fijo en dólares por tonelada disminuye, el costo variable si aumenta con el aumento de la producción pero si lo llevamos a un costo en dólares por tonelada este disminuye

Poniéndonos en el hipotético caso de que se puede trabajar con tres frentes de carguío hasta el banco 730, se tendría la siguiente tabla resumen para dicha alternativa llamada Alternativa-3

Tabla 5.7 - Resumen de costo unitario, con tres frentes de carguío hasta el banco 730

TRES FRENTES DE CARGUIO HASTA EL NIVEL 730					
Alternativa-3	Perforación	Carguío	Acarreo	Auxiliares	Indirectos
Costo Posesión US\$	585600	2482400	5670400	400800	2714304
Costo Operación US\$	2731900	7327163	14769278	1016901	
Mano Obra US\$	173147	132716	706307,2	137373	
Costo total US\$	3490647	9942279	21145985	1555074	
Costo total del proyecto US\$	38848290,2				
Tonelaje a extraer	25301645				
Costo US\$/ton	1,535				

Tabla 5.8 - Resumen de Costo Fijo y Variable para las tres alternativas

RESUMEN	Costos Fijos US\$	Costos Variables US\$	Tonelaje a extraer	Tiempo(meses)
Alternativa 1	17.582.810	25.418.829	25.301.645	10
Alternativa 2	15.824.533	25.515.582		9
Alternativa 3	13.003.048	25.845.242		8

En esta tabla vemos como los costos fijos disminuyen cuando la ampliación del tajo es culminada en menos tiempo, a pesar que los costos variables aumentan

Tabla 5.9 - Resumen de costo unitario para las tres alternativas

ALTERNATIVAS	COSTO US\$/TON
Dos frentes de carguío todo el proyecto	1,700
Tres frentes de carguío hasta el tercer banco	1,634
Tres frentes de carguío hasta el séptimo banco	1,535

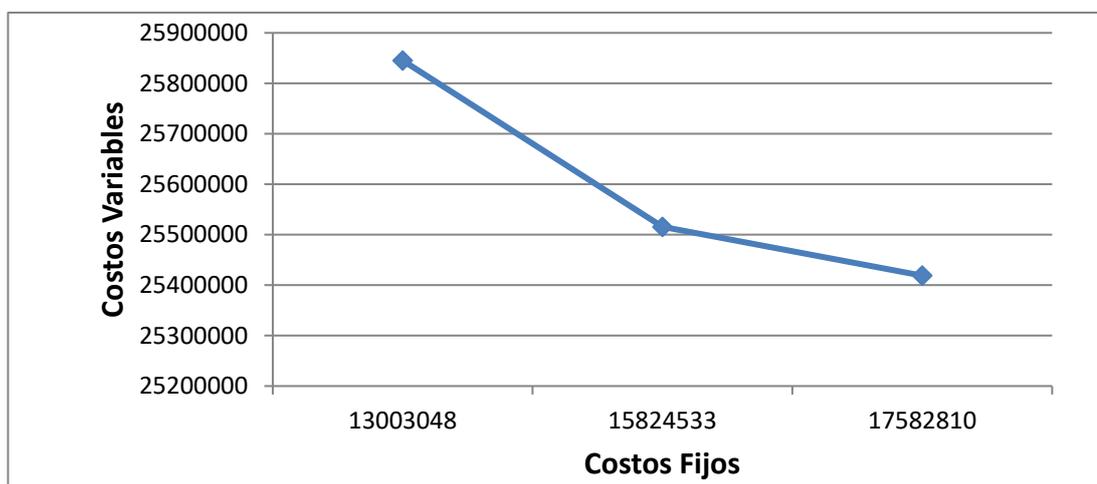


Figura 4.1- Costos Fijos VS Costo Variable

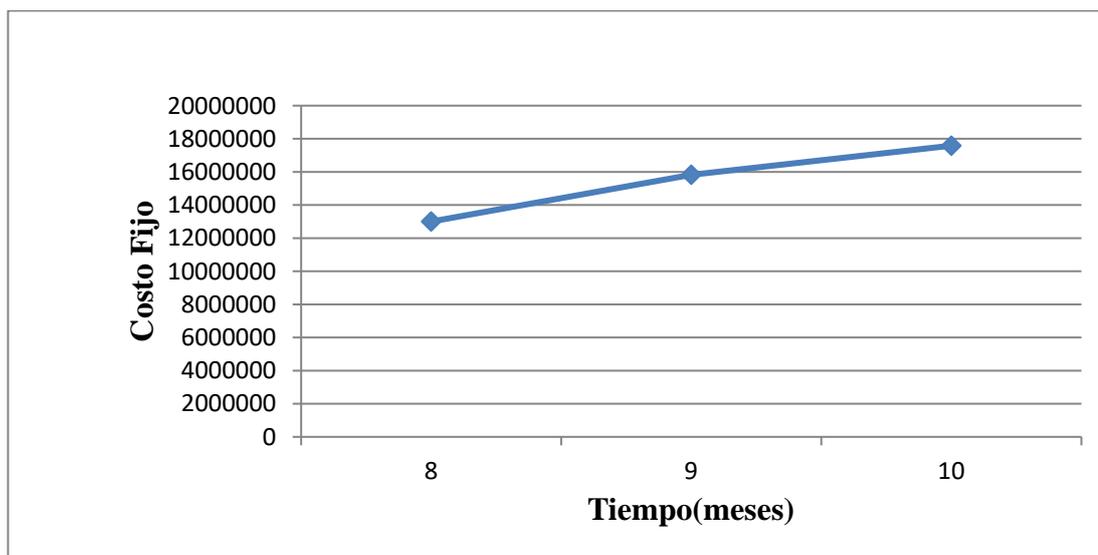


Figura 4.2 – Tiempo VS Costo fijo

En el supuesto caso que no exista equipo en stand by, como lo es, el cargador frontal, la alternativa-1, presentaría el siguiente costo que se muestra en la siguiente tabla, el cual es mucho mayor que la alternativa-2 y alternativa-3

Tabla5.10 – Resumen de costos de trabajar dos frentes de carguío sin considerar al cargador frontal como equipo en stand by

DOS FRENTES DE CARGUIO					
ALTERNATIVA 1	Perforación	Carguío	Acarreo	Auxiliares	Indirectos
Costo Posesión US\$	732000	2450000	8417000	501000	3392880
Costo Operación US\$	2756287	7081976	14431454	1149111	
Mano Obra US\$	216434	110597	882884	171716	
Costo total US\$	3704721	9642573	23731338	1821828	
Costo total del proyecto US\$	42293340				
Tonelaje a extraer	25301645				
Costo US\$/t	1,672				

## CONCLUSIONES

- La mejor alternativa es la de trabajar con tres frentes de carguío hasta el tercer banco; porque nos brinda un costo unitario de 1,634 dólares por tonelada de material movido, lo cual es inferior al costo unitario de 1,700; que resulta de trabajar todo el proyecto de ampliación del tajo con solamente dos frentes de carguío
- La variación en las dimensiones de la ampliación del tajo influyen directamente en la elaboración del costo unitario total, pues dichas dimensiones nos restringen hasta que banco o nivel se puede trabajar con determinado número de frentes de carguío
- Cuanto mayor es el número de bancos que se puede trabajar con tres frentes de carguío, el costo unitario total disminuye
- Al aumentar la producción dentro del límite de capacidad máxima de producción del proyecto de ampliación del tajo, manteniendo los costos fijos constante, el costo unitario en US\$/ton, disminuye a pesar que el costo variable aumenta

- Culminar el proyecto de ampliación de un tajo en un tiempo más corto, significa que los costos fijos disminuirán; por lo tanto esto le brinda mayor competitividad a la empresa contratista, al ofrecer a la empresa minera un precio más accesible
- Si bien es cierto que los costos fijos nos ayudan a disminuir nuestro costo unitario total, también tiene un efecto negativo desde el punto de vista para la empresa contratista; cuando se culmina un proyecto de ampliación de un tajo y no se inicia inmediatamente el siguiente, no hay proyecto alguno al cual poder cargarle dichos costo fijos tales como: las cuotas mensuales de los equipos que se tiene que pagar al banco; lo cual tiene que ser asumido por la empresa contratista
- La disponibilidad mecánica de los equipos, la utilización de estas por parte de operaciones mina es vital, para cumplir con el programa de actividades, ya que al momento de elaborar el presupuesto del proyecto se hicieron proyecciones de horas mes por cada equipo, usarlo más horas al mes de manera correcta en el caso de los equipos destinados netamente a realizar producción como lo son las perforadoras, las palas y los camiones significará que se ha movido mayor tonelaje de material favoreciendo nuestras ventas, ya que los únicos costos que aumentaran serán los de operación mientras que los otro se mantiene fijos por mes
- En el caso de equipos auxiliares se tiene que reducir en lo posible las horas maquinas por mes y usarlos siempre de manera necesaria, ya que esto aumentaría nuestro costo mensual disminuyendo nuestro margen de ganancia
- Llevar un control mediante el resultado operativo nos permitirá ir evaluando nuestra gestión dentro del proyecto de ampliación del tajo , hacer una comparación si

lo planeado se está cumpliendo, poder corregir a tiempo, pero no es bueno enfocarse en el día a día ,lo que importa es el margen final del proyecto

## BIBLIOGRAFÍA

- Julian Rojo lopez *Manual de Movimiento de Tierras a Cielo Abierto*

.

- Luis Gonzales Salazar *Informe de Competencia profesional: Inicio de Operaciones en cerro Corona*

- Raymond Hardy. *Selection Criteria For Loading and Hauling Equipment - Open Pit Mining Applications vol.1 y vol.2*

- Bruce Gregory *Truck Selection (2002)*

- Manuel Arturo Vidal Loli. *Tesis PUCP 2010 Estudio del cálculo de flota de camiones para una operación minera a cielo abierto.*

- CATERPILLAR, 2000 *Caterpillar Performance Handbook Edition 30.*

*Publication By Caterpillar Inc. Illinois USA*

- Ing. Jesús Ramos Salazar *El equipo y sus costos de operación CAPECO 1996.*

- Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica PIM 96-I *Seminario:*”

*Selección de Equipo y Maquinaria en la Industria Minera”*

## ANEXOS

### ANEXO 1 – Costo de Aceros para las Perforadoras

PERFORADORA DE 11 PULGADAS DE DIAMETRO DE BROCA			
Descripción de Aceros	Costo Unitario(US\$)	Vida Util(m)	Costo(US\$/m)
Broca Tricónica	3388,9	2270	1,49
Barra 1	4760,6	20000	0,24
Barra 2	10452,9	26000	0,40
Bit Sub	2652,3	15000	0,18
Top Sub	1756,4	18000	0,10
Conector	2198,8	15000	0,15
Centralizador	2559,7	15000	0,17
Costo Total Unitario			2,72

PERFORADORA DE 7 7/8 PULGADAS DE DIAMETRO DE BROCA			
Descripción de Aceros	Costo Unitario(US\$)	Vida Util(m)	Costo(US\$/m)
Broca Tricónica	2251,5	1320	1,71
Barra 1	2949,0	19000	0,16
Barra 2	4223,1	24000	0,18
Bit Sub	1850,6	12000	0,15
Top Sub	1366,8	17000	0,08
Conector	1003,6	14000	0,07
Centralizador	1700,8	14000	0,12
Costo Total Unitario			2,47

## ANEXO 2 – Diseño de la Ampliación, entregado por el cliente

