



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

**“RENDIMIENTO DE EQUIPO PESADO EN LA EXPLOTACION DE UNA
CANTERA DE CIELO ABIERTO
CASO PRACTICO CANTERA BORCONS
Ubicación: Km 6.5 Vía la Costa”**

TESINA DE SEMINARIO

Previa a la obtención del Título de
INGENIERO CIVIL

Presentada por
MARÍA ISABEL CHIRIBOGA FERNÁNDEZ
JOSÉ LUIS PILLASAGUA CARRERA

Guayaquil – Ecuador

AÑO 2010

TRIBUNAL DE GRADUACION

Ing. Eduardo Santos Baquerizo
DIRECTOR DEL SEMINARIO Y TESINA

Ing. Manuel Gómez De la Torre
PROFESOR DEL SEMINARIO

DECLARACION EXPRESA

La responsabilidad del contenido de esta
Tesina de Seminario nos corresponde
exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la
misma a la Escuela Superior Politécnica del Litoral.

Ma. Isabel Chiriboga Fernández

José Luis Pillasagua Carrera

Bibliografía

Apuntes del Seminario de Graduación “Vías de comunicación” dictado por el
Ing. Eduardo Santos.

Manual de rendimiento 2000, edición 31

Autor: CATERPILLAR

Texto: Manual de Perforación y Voladura

Autor: López Jimeno

Texto: Apuntes de curso de perforación y Voladura

Autor: Proaño Cadena Gastón Nicolás, 1995

Pagina web de Caterpillar: www.cat.com

Pagina web de Atlas Copco: www.atlascopco.com

AGRADECIMIENTO

A Dios por darnos vida y permitirnos conquistar nuestro sueño, a nuestros profesores que con paciencia y sabiduría nos ayudaron a terminar esta etapa de nuestras vidas, a nuestras familias por su apoyo incondicional durante todo este tiempo, a nuestros amigos por estar en las buenas y en las malas.

Contenido

CAPITULO 1.	4
MACIZO ROCOSO.....	4
1.1 CONCEPTO.....	4
1.1.1 Clasificación de un macizo rocoso	5
1.2 CANTERA	14
1.2.1 Tipos de canteras.....	14
1.3 Como seleccionar una Cantera	16
1.4 Actividades realizadas en la cantera	18
1.5 Equipo caminero en la explotación de una cantera.	20
CAPITULO 2.	22
IMPACTO AMBIENTAL.....	22
2.1 IMPACTO AMBIENTAL EN EXPLOTACIÓN DE UNA CANTERA A CIELO ABIERTO.....	22
2.1.1 Aspectos a desarrollar.....	23
2.1.2 Potenciales repercusiones ambientales.....	25
CAPITULO 3.	33
EQUIPO PESADO EMPLEADO EN LA EXPLOTACIÓN DE UNA CANTERA DE CIELO ABIERTO.....	33
3.1 TRACTOR	33
3.1.1 Introducción	34
3.1.2 Tipos de tractores utilizados para la explotación de una cantera.....	36
3.1.3 Funcionamiento en la explotación de una cantera.....	40
3.2 EXCAVADORA.....	41
3.2.1 Introducción	42
3.2.2 Tipos de excavadoras utilizadas para la explotación de una cantera.....	43
3.2.3 Funcionamiento en la explotación de una cantera.....	46
3.3 RETROEXCAVADORA	47
3.3.1 Introducción	47
3.3.2 Tipos de retroexcavadoras y sus características	48
3.3.3 Funcionamiento en la explotación de una cantera.....	51
3.4 CAMIONES.....	52
3.4.1 Introducción	52

3.4.2	Tipos de volquetas y características.....	55
3.4.3	Funcionamiento en la explotación de una cantera.....	58
3.5	CARGADORA FRONTAL.....	58
3.5.1.....		58
3.5.2	Introducción	58
3.5.3	Tipos de cargadoras frontales y sus características	60
3.5.4	Funcionamiento en la explotación de una cantera.....	62
3.6	EQUIPO DE PERFORACION.....	64
3.6.1.....		64
3.6.2	Introducción	65
3.6.3	Perforación Rotativa	66
3.6.4	Perforación Rotopercutiva	68
3.6.5	Tipos de Equipos de Perforación utilizados en la explotación de una Cantera a Cielo abierto 69	
3.7	EQUIPO EXPLOSIVO.....	73
3.7.1	Introducción	73
3.7.2	Características generales de los explosivos	73
3.7.3	Tipos de explosivos utilizados para canteras de cielo abierto	79
CAPITULO 4.	80
RENDIMIENTO DE EQUIPO PESADO PARA LA EXPLOTACIÓN DE UNA CANTERA DE CIELO ABIERTO ...		80
4.1	MEDIDAS EN OBRA.....	80
4.1.1	La medida de distancia.....	80
4.1.2	Bancos de material	82
4.1.3	Stocks de material.....	82
4.2	DETERMINACIÓN DE RENDIMIENTOS	84
4.3	FORMAS DE MEDIR LA PRODUCCIÓN DE UNA CANTERA	86
4.3.1	Medidas en volumen	86
4.3.2	Medidas por peso	86
4.3.3	Unidades de superficie.....	87
4.4	TIPOS DE RENDIMIENTOS.....	87
4.4.1	Ciclo intermitente	87
4.4.2	Tiempos perdidos	89

4.5	RECEPTÁCULOS.....	89
4.5.1	Cubicación.....	90
4.5.2	Colmos.....	90
4.5.3	Las cajas de las volquetas.....	91
4.5.4	Cucharón de la excavadora y retroexcavadora.....	92
4.5.5	Cucharón de la cargadora frontal.....	93
4.5.6	La hoja del Bulldozer o Tractor.....	94
4.5.7	Eficiencia del Receptáculo.....	97
4.6	RENDIMIENTO DE LAS PRINCIPALES MAQUINAS.....	98
4.6.1	RENDIMIENTO DEL TRACTOR.....	98
4.6.2	RENDIMIENTO DE LAS EXCAVADORAS, RETROEXCAVADORAS Y CARGADOR FRONTAL 102	
4.6.3	RENDIMIENTO DE LAS VOLQUETAS.....	104
4.6.4	PERFORACION DE PRODUCCION.....	104
4.6.5	VELOCIDAD MEDIA DE PERFORACION.....	105
4.6.6	Rendimiento en la Voladura.....	108
4.7	TRABAJOS EN TIERRA Y ROCA.....	112
	CAPITULO 5.....	117
	CANTERA BORCONS.....	117
5.1	HISTORIA DE LA CANTERA Y LA PLANTA.....	117
5.2	EXPLOTACION DEL MACIZO ROCOSO.....	120
5.3	EXPLOTACIÓN DEL MACIZO POR BORCONS.....	122
5.3.1	PERFORACIÓN.....	123
5.4	VOLADURA.....	126
5.5	EXPLOTACION, ESTOQUEAR Y CARGAR.....	129
5.6	TRANSPORTE.....	132
5.7	CONCLUSIONES.....	134

Capítulo 1.

MACIZO ROCOSO

1.1 *CONCEPTO*

El término es usado para referirse a un grupo de montañas formadas por matrices rocosas y sus discontinuidades. Conociendo como matriz rocosa al material rocoso exento de discontinuidades o los bloques de “roca intacta” que quedan entre ellas. Las discontinuidades pueden ser cualquier plano de origen mecánico o sedimentario que independiza o separa los bloques de matriz rocosa en un macizo rocoso.



Figura 1-1. Matriz Rocosa



Figura 1-2. Discontinuidades

Fotos tomadas en la Cantera de Borcons

Las rocas pueden ser duras o blandas y las fallas de los macizos se pueden presentar por zonas de debilidad o de discontinuidad estructural.

1.1.1 Clasificación de un macizo rocoso

Los Macizos Rocosos son clasificados de diferentes formas, dependiendo del material encontrado en la matriz rocosa o de los diferentes tipos de discontinuidades hallados en el macizo.

La clasificación de un macizo rocoso nos da una idea preliminar de la calidad del material rocoso y su variabilidad, así como las diferentes discontinuidades y fallas estructurales, lo cual se deberá incluir en la descripción general del terreno a analizar, identificando las condiciones

y características generales del mismo y cada uno de sus componentes, como: rocas, suelos, zonas con agua, discontinuidades singulares tales como fallas, pliegues, etc.

Se deberá hacer una división en zonas más o menos homogéneas a partir de criterios fundamentalmente litológicos y estructurales, el número de zonas que se establezca y la extensión de la misma dependerá del grado de heterogeneidad de los materiales y estructuras que formen el macizo rocoso. Se deben escribir características generales de cada zona y propiedades físicas y mecánicas de la matriz rocosa y de las discontinuidades.

Para el caso de la explotación de una cantera se clasifica al macizo rocoso según el material encontrado en el mismo, para esto se necesita realizar una caracterización de la matriz rocosa.

La caracterización de una matriz rocosa consta de tres partes, estas son:

- Identificación
- Grado de Meteorización
- Resistencia

La Identificación de una matriz rocosa consta en analizar su composición mineralógica (clasificándola litológicamente), hallar su forma y tamaño de los granos, así como su color y transparencia.

Conociendo como la litología a una rama de la geología que estudia las rocas en especial sus propiedades físicas y químicas, su granulometría, y el tamaño de sus partículas.

El Grado de Meteorización es el estado de descomposición o alteración de una roca por los agentes atmosféricos, tales como viento, precipitaciones, humedad y/o temperatura.

En la tabla 1.1 hay una clasificación del grado de meteorización sugerido

<i>Término</i>	<i>Descripción</i>
Fresca	No se observan signos de meteorización.
decolorada	Se observan cambios de color original de la matriz rocosa. Conviene indicar el grado de variación o si están restringidas a minerales concretos.
desintegrada	La roca se ha alterado al estado de un suelo, manteniendo la fábrica original. La roca es friable, pero los granos minerales no están descompuestos.
descompuesta	La roca se ha alterado al estado de un suelo, alguno o todos los minerales están descompuestos.

Tabla 1.1.- Grado de Meteorización

Clasificación Geomecánica de Macizos Rocosos:

http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/nbelandria/materias/geotecnia/Clases_Macizos_rocosos.pdf

La Resistencia es una propiedad mecánica de la roca, la resistencia a la compresión simple es el máximo esfuerzo que soporta la roca sometida a compresión uniaxial.

Para el caso de explotación de una cantera es de suma importancia conocer la clasificación de los macizos rocosos según su resistencia a la compresión simple ya de que esto dependerá el equipo que emplearemos para la explotación. Dicha clasificación se muestra en la tabla 1.2;

Resistencia a compresión simple (Mpa)	Descripción
1 – 5	Muy blanda
5 – 25	Blanda
25 – 50	Moderadamente dura
50 – 100	Dura
100 – 250	Muy dura
> 250	Extremadamente dura

Tabla 1.2.- Resistencia a la compresión simple

Para obtener la clasificación según la resistencia a la compresión simple se puede realizar distintos ensayos ya sea In-Situ o con probetas sin confinar analizadas en laboratorio; como por ejemplo:

- Índices de Campo (In-Situ)

Con la tabla 1.3, se puede identificar en el campo aproximadamente la resistencia de la roca;

Clase	Descripción	Identificación en el campo	≈ MPa
R ₀	extremadamente blanda	se puede marcar con la uña	0,25 – 1,0
R ₁	muy blanda	se desmenuza con el martillo, se talla con navaja	1 - 5
R ₂	blanda	se marca con el martillo, cuesta tallar con navaja	5 - 25
R ₃	moderadamente dura	no puede tallarse con navaja, se rompe con martillo	25 - 50
R ₄	dura	se requiere más de un golpe para romperla	50 - 100
R ₅	muy dura	se requiere muchos golpes	100 - 250
R ₆	extremadamente dura	al golpear sólo saltan esquirlas	> 250

Tabla 1.3.- Índices de Campo para Rocas del ISMR (1981)

Clasificación Geomecánica de Macizos Rocosos:

http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/nbelandria/materias/geotecnia/Clases_Macizos_rocosos.pdf

- Ensayo de Compresión Simple (laboratorio)

Denominado también ensayo de Compresión Uniaxial, este ensayo consiste en aplicar cargas compresivas axiales cada vez mayores, a probetas cilíndricas con la muestra sin confinar del macizo a analizar, hasta producir su rotura, como se aprecia en la siguiente foto,

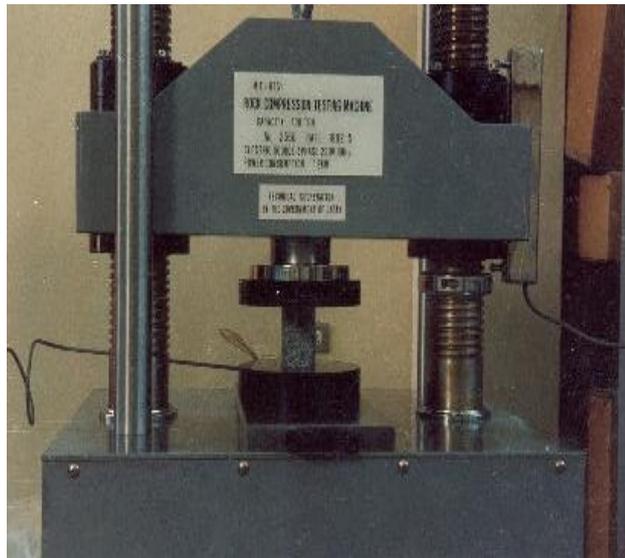


Figura 1.4.- Maquina donde se realiza el ensayo de compresión simple (uniaxial)

Foto tomada de trabajo de ensayos: <http://www.unasam.edu.pe/facultades/minas/pdfs/12Trabajo.pdf>

- Ensayo de Carga Puntual (PLT) (laboratorio)

Este ensayo calcula la resistencia a la compresión simple en fragmentos irregulares o testigos adecuados de sondeo. Es para rocas consistentes y no pizarrosas o anisotrópicas. La fórmula es muy sencilla, donde se calcula el índice de carga puntual de Franklin (kg/cm²):

$$I_s = \frac{P}{D^2}$$

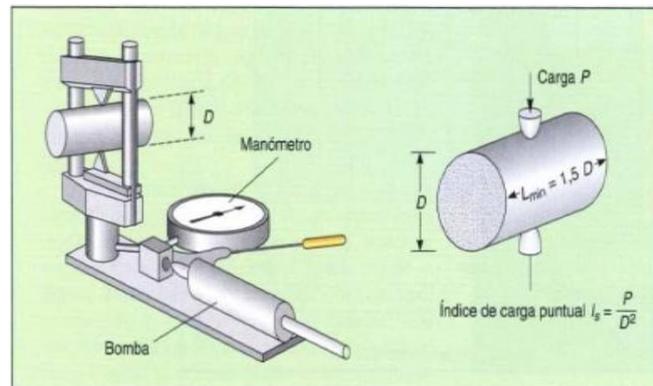


Figura 1.5.-Ensayo de Carga Puntual

Clasificación Geomecánica de Macizos Rocosos:

http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/nbelandria/materias/geotecnia/Clases_Macizos_rocosos.pdf

- Martillo Schmidt (esclerómetro)

El martillo Schmidt, también conocido como martillo Suizo, mide el rebote de una masa por resorte que refleja contra la superficie de la muestra. Al realizar la prueba, el martillo se debe sostener perpendicular a la superficie que debe ser plana y lisa.

El martillo de Schmidt es una escala arbitraria que se extiende a partir del 10 a 100. Los martillos Schmidt están disponibles de sus fabricantes originales en varias diversas gamas de la energía.



Figura 1.5.- Esclerómetro

Clasificación Geomecánica de Macizos Rocosos:

http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/nbelandria/materias/geotecnia/Clases_Macizos_rocosos.pdf

A partir de los datos de rebote obtenidos con el martillo Schmidt sobre matriz rocosa, para calcular la resistencia a la compresión simple de la roca, se necesita la densidad de la misma.

Ejemplo: Conociendo que la densidad de la roca es de 27kN/m^3 .

Los valores de rebote del martillo son los siguientes: 49; 46.5; 45.5; 45; 44.3; 50; 48.5; 46; 43.2; 44 (el martillo ha sido aplicado perpendicularmente a una pared vertical durante el ensayo).

Solución:

Se calcula el valor del rebote medio con los datos de campo. Para ello de cada 10 valores se eliminan los 5 menores y se obtiene el valor medio con los cinco restantes. Por tanto, quedarían los siguientes

valores para el cálculo de la media: 46, 46.5, 48.5, 49, 50 y se obtendría un valor del rebote medio igual a 48.

En función de la inclinación del martillo, se entra con el valor del rebote medio en la grafica que aparece a continuación.

Desde el eje de abscisas hasta alcanzar el valor de la densidad de la roca estudiada. A partir de este punto, se traza una línea horizontal hasta cortar el eje de ordenadas, obteniendo de esta forma el valor de la resistencia a compresión simple de la roca, que será igual a 125MPa.

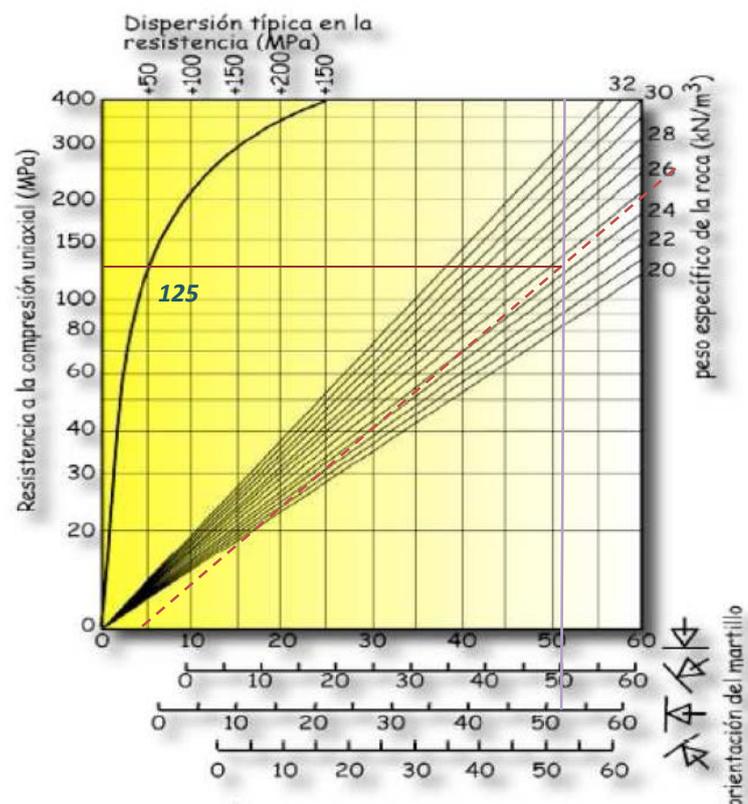


Figura 1.6.- Grafica Resistencia uniaxial a compresión vs Resistencia martillo Schmidt

1.2 **CANTERA**

Cantera se define como el lugar geográfico de donde se extraen o explotan agregados pétreos para la industria de la construcción o para toda obra civil, utilizando diferentes procesos de extracción dependiendo del tipo y origen de los materiales, donde se puede presentar desde extracción con dragas en lechos de ríos hasta utilizar explosivos en laderas de montañas y cámaras de explotación.

La extracción de materiales pétreos para la construcción es importante en cualquier lugar del mundo, ya que de esta actividad depende el buen desarrollo de las obras de infraestructura que impulsan el crecimiento de un país.

[sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/sin/./25SI2010MD039.pdf]

1.2.1 **Tipos de canteras**

Las canteras se clasifican según el tipo de explotación, según el material a explotar y según su origen, como sugiere la siguiente tabla;

CLASIFICACIÓN DE CANTERAS	
Según el tipo de explotación	<ul style="list-style-type: none"> - Canteras a Cielo Abierto: <ul style="list-style-type: none"> • En laderas, cuando la roca se arranca en la falda de un cerro. • En corte, cuando la roca se extrae de cierta profundidad en el terreno (Pit). - Canteras Subterráneas: <ul style="list-style-type: none"> • Minas Subterráneas
Según el material a explotar	<ul style="list-style-type: none"> - De Materiales Consolidados o Roca. - De Materiales no Consolidados como suelos - Terrazas aluviales y arcillas
Según su origen	<ul style="list-style-type: none"> - Canteras Aluviales - Canteras de roca o peña

Tabla 1.3.- Clasificación de Canteras

Las canteras aluviales llamadas también canteras fluviales, son aquellas en las cuales los ríos, transportan durante grandes recorridos las rocas aprovechando su energía cinética para depositarlas en zonas de menor potencialidad, formando grandes depósitos de estos materiales entre los cuales se encuentran desde cantos rodados y gravas hasta arena, limos y arcillas; la dinámica propia de las corrientes de agua permite que aparentemente estas canteras tengan ciclos de autoabastecimiento, lo cual implica una explotación económica, pero de gran afectación a los cuerpos de agua y a su dinámica natural.



Figura 1.5.- Cantera Aluvial

<http://bttazuaga.blogspot.com/2010/01/granja-las-canteras-arroyo-parralejo.html>

Las canteras de roca tienen su origen en la formación geológica de una zona determinada, donde pueden ser sedimentarias, ígneas o metamórficas; estas canteras por su condición estática, no presentan esa característica de autoabastecimiento lo cual las hace fuentes limitadas de materiales.

1.3 ***Como seleccionar una Cantera***

Para la selección de una cantera es necesario buscar un macizo rocoso al cual se le debe realizar estudios geológicos-mineros como son la litología, topografía, zonas locales protegidas, vías de comunicación, núcleos urbanos, vías pecuarias, hidrología, ortofotomapas y límites

administrativos. En esta actividad intervienen el geólogo, y el geotécnico que se encargan de estudiar la estructura, origen y formación del macizo rocoso.

El estudio se inicia con la elaboración de un Modelo Digital de Elevaciones, lo más cercano a la realidad posible, evaluando distintos mecanismos de interpolación para obtener el MDT. La precisión del modelo depende de los parámetros implicados en su generación, como son: las características orográficas de la zona, los datos fuente y el método de elaboración.

Estos modelos se pueden generar de varias formas y con diversos programas. Aquí les mencionamos algunos de ellos, como por ejemplo:

- gvSig software (a partir de cotas)
- GEO5 software
- TCP-MDT (compatible con Autocad)

Con la información se realiza la cartografía variada para incorporarla en el análisis. Como resultado se crean distintos mapas con sus bases de datos provenientes de la relación entre los distintos mapas temáticos. Estos mapas se relacionan entre sí, para obtener otros mapas de análisis con los cuales se llega al objetivo final, el cual es tener mapa de zonas.

Se obtienen mapas con varias zonas favorables; para ubicar una explotación hay que combinar los mapas temáticos de visualización obtenidos desde los puntos de interés. Tras este proceso se obtienen mapas donde se ubican las zonas favorables para la apertura de una explotación con una superficie adecuada, optimizando las zonas de investigación.

Este conocimiento nos ayuda a dominar las características de la zona para así poder elegir las mejores alternativas para realizar la explotación consiguiendo la mayor productividad, sin descuidar el impacto ambiental.

1.4 *Actividades realizadas en la cantera*

En una cantera se realizan las siguientes actividades:

- **Explotar.-**

Consiste en extraer material pétreo de un macizo rocoso. Para realizar esta actividad se usa maquinaria pesada como tractor ó excavadora en caso que la roca sea blanda; si la roca es dura se deberá ablandar la roca con ayuda de equipo explosivo para que luego intervenga el tractor o la excavadora.

Para introducir el material explosivo en la roca se utiliza equipo de perforación.

- **Estoquear.-**

Esta actividad la pueden realizar el tractor y la excavadora a medida que van rompiendo la roca, pero en ocasiones sólo se los usa para romper (al tractor y excavadora) con la finalidad de no desperdiciarlos estoqueando sino mas bien haciéndolos rendir más en producción de material (pétreo).

En los casos en que el tractor y la excavadora no son usadas para estoquear, se necesitará de otra maquinaria pesada para que cumpla esta labor, como lo son la cargadora frontal y la retroexcavadora.

- **Cargar.-**

La función de cargar el material a los volquetes la realizan la cargadora frontal, la retroexcavadora y la excavadora; siendo las dos primeras mencionadas las más usadas para esta actividad ya que a la excavadora se la prefiere usar para producir material.

- **Transportar.-**

Para transportar el material pétreo se usan camiones. En situaciones cuando las distancias que hay que recorrer son cortas se usa la cargadora frontal para transporte.

1.5 *Equipo caminero en la explotación de una cantera.*

A continuación se detalla una lista del equipo pesado que intervienen en la explotación de una cantera.

- Equipos de Perforación
- Equipo Explosivo
- Tractor
- Excavadora
- Retroexcavadora
- Cargadora Frontal
- Volquetes

En la industria de la construcción civil existen equipos pesados de muchas marcas reconocidas, tales como: KOMATSU, CATERPILLAR, CASE, JCV, JOHN DEERE, etc.

Una de las marcas más comercializadas a nivel mundial es CATERPILLAR, con la cual esta tesina va a ser referencia en sus modelos al momento de referirse a la potencia, capacidad y otras especificaciones técnicas además de los rendimientos.

Capítulo 2.

IMPACTO AMBIENTAL

2.1 *IMPACTO AMBIENTAL EN EXPLOTACIÓN DE UNA CANTERA A CIELO ABIERTO*

La ejecución de obras de gran escala, en nuestro caso en particular hablaremos de la explotación de una cantera a cielo abierto, está generalmente asociada a una serie de interacciones con diferentes componentes del territorio involucrado, manifestándose así efectos de la obra sobre el medio natural, la población y sus actividades, y sobre otros tipos de infraestructura.



Foto 2.1.- Macizo Rocosó en estado natural

La obra, a su vez, durante su operación está sujeta a la influencia de factores naturales y socioculturales que pueden afectar sobre su funcionalidad. En un breve análisis, se mencionan algunas de las repercusiones más frecuentes.

2.1.1 Aspectos a desarrollar

Condiciones ambientales base en las zonas de emplazamiento

En la descripción de las características del medio ambiente se otorgará particular atención a los siguientes aspectos:

Hidrología superficial y freática, su importancia en los ecosistemas existentes; topografía, geomorfología, suelos, climatología.

Áreas de importancia ecológica.

Comunidades humanas en la zona de influencia del trazado; cobertura y calidad de servicios básicos, fuentes de ingreso, sistemas de explotación del suelo. Se identificarán asimismo estructuras de importancia social, económica y cultural. Además, se efectuará un análisis del marco legal e institucional vinculado al proyecto.

Potenciales impactos ambientales

Los potenciales impactos ambientales deberán ser analizados sobre el ambiente en los subsistemas tanto natural como socioeconómico.

Se sugiere el desarrollo de una matriz de evaluación ambiental tomando en cuenta todos los aspectos y actividades que serán realizadas durante el aprovechamiento del macizo rocoso.

Análisis de Alternativas

Una vez realizada la evaluación y con ayuda de la matriz se deberá señalar las ventajas y desventajas del proyecto, tanto técnicas como ambientales. Se deberán realizar:

- Plan de mitigación para los efectos perjudiciales detectados.
- Esquema de gestión ambiental necesaria y plan de seguimiento.

2.1.2 Potenciales repercusiones ambientales

Se identifican a continuación algunas de las posibles repercusiones de la ejecución de grandes obras, así como las orientaciones básicas sobre las medidas de mitigación a implementar.

Calidad de agua e hidrología

Si las obras se desarrollan sobre una región de llanura en la que se manifiesta un patrón de drenaje superficial y un flujo subsuperficial más o menos estable, durante la etapa constructiva la obra puede ocasionar ligeras perturbaciones en el escurrimiento al modificar transitoriamente las características del relieve.

Para prevenir impactos perjudiciales para el ambiente o que puedan incidir, el adecuado diseño de los sistemas de evacuación de excedentes pluviales se basará en la consideración de las máximas descargas esperadas de acuerdo con las condiciones hidrológicas de las áreas de aporte y con sus respectivas superficies.

Por su parte, la recomposición del patrón general de drenaje se deberá resolver mediante adecuados sistemas de alcantarillado y aliviaderos en puntos estratégicos, los que estarán dimensionados para evitar la acumulación de grandes volúmenes de aguas o impedir su operación ineficiente.

Estabilidad de suelos y riesgo de erosión

Los diversos trabajos a realizar en la zona implican una alteración de las condiciones originales de los suelos, generándose sectores donde puede existir acumulación de materiales no consolidados o áreas de terreno expuestas a deslizamientos o erosión. Tales condiciones pueden ser propicias para la ocurrencia de procesos localizados de erosión e inestabilidad de taludes.



Foto 2.2.- Deslave en la Cantera Borcons

En esos casos, los procedimientos tendrán controlar o restringir la movilización de materiales por arrastre o voladuras. De acuerdo con las condiciones climáticas locales y el tenor de humedad natural de los materiales de suelo recién removidos, las repercusiones ambientales podrán ser significativas o despreciables.

Repercusiones sobre las actividades preexistentes

La apertura de un nuevo corredor vial a expensas de áreas cultivadas constituye una repercusión a tener en cuenta en regiones donde el suelo agrícola tiene un alto valor ya que implica sacrificar en esa faja la capacidad productiva futura de manera permanente.

Se recomienda emplazar la traza siguiendo las divisorias de campos a fin de minimizar las interferencias con los sistemas productivos preexistentes. La liberación de la zona de camino se verificará siguiendo los procedimientos de expropiación pertinentes.

En algunos tramos además, la presencia del camino puede obligar a la reubicación de instalaciones existentes. La evaluación oportuna de los elementos a relocalizar contribuirá a un desarrollo normal de la obra y a la minimización de potenciales conflictos.

Vegetación y vida Silvestre

En la zona donde está localizada la cantera pueden existir zonas específicas en las que se debe contemplar el mantenimiento de formas de vegetación natural o cultivada preexistentes. Estas situaciones pueden corresponder a los puntos donde cruzan o están cerca de arroyos permanentes.

En tales casos se adoptarán las pautas constructivas y las medidas de control que tiendan a minimizar la afectación a la vegetación existente y a recomponer luego las condiciones prevalecientes.

Repercusiones sobre la comunidad

Los efectos desfavorables asociados con la explotación de una cantera tienen una forma de percepción más inmediata en zonas cercanas a áreas urbanas y/o suburbanas, afectando la calidad de vida de la población vecina.

Tales impactos pueden ser muy significativos debido a la interrupción de la circulación, el ruido, formación de encharcamientos, la aparición de sumideros de desechos, etc.

La gestión ambiental del proyecto y el seguimiento de las medidas de regulación durante su ejecución, deben procurar que tanto el diseño de la cantera, como el procedimiento de explotación y la operación de la instalación consideren las acciones necesarias para prevenir, controlar, mitigar y en su caso compensar los efectos de los impactos.

Entre los efectos positivos están la generación de puestos de trabajo, la movilización de recursos locales requeridos, el desarrollo de servicios complementarios y la integración regional.

Impacto visual

Una explotación de una cantera implica una gran modificación del paisaje, siendo necesario analizar las repercusiones que se podrían plantear. El análisis involucrará no sólo el grado en que la estructura a implantar incidirá sobre los valores estéticos y paisajísticos del ambiente afectado, sino también las oportunidades que la obra puede brindar. Las características del diseño tenderán a considerar ambos puntos de vista de manera tal que se optimice el valor del conjunto: ambiente y obra.



Foto 2.3.- Vista lateral de la cantera Borcons

Explotación de material

Los sitios de excavación y sus procedimientos operativos se deben analizar en detalle a fin de evitar los frecuentes problemas asociados a una inadecuada planificación, tales como la presencia de taludes verticales profundos sujetos a desprendimientos, incidiendo sobre caminos secundarios, alteración profunda del drenaje superficial y subterráneo, riesgos de accidentes por la inadecuada señalización y cercado, etc.

Las prácticas constructivas podrán incluir los trabajos extractivos en terrazas escalonadas, atenuación de los taludes y mejoramiento de los criterios de seguridad.

Entre los efectos negativos que pueden atribuirse a métodos de explotación no planificados en las zonas de préstamo, están los vinculados a la modificación del patrón de drenaje, tanto superficial como subterráneo.

La perturbación del flujo de las aguas subterráneas pueden implicar modificaciones en los mecanismos de recarga del acuífero. En el caso de canteras donde el funcionamiento de las bombas es permanente, puede generarse una transferencia de caudales subterráneos a superficiales.

Otros impactos derivados de la excavación, son el incremento de los riesgos de accidentes al transformarse en cuerpos de agua con fondo no consolidado y taludes inestables.

Capítulo 3.

Equipo Pesado Empleado en la Explotación de una Cantera de Cielo Abierto

3.1 *TRACTOR*

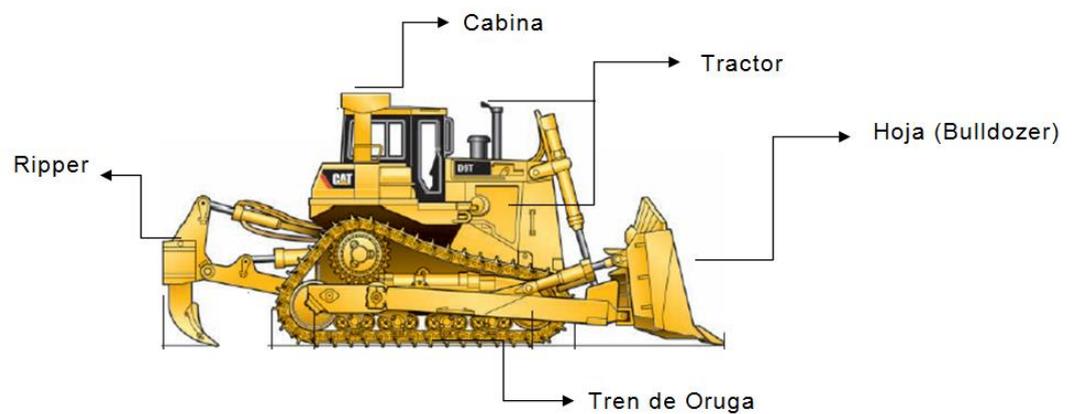


Figura 3.1.- Partes de un tractor de oruga

3.1.1 Introducción

El tractor es un equipo para movimiento de tierra de gran potencia y robustez que fue diseñado especialmente para el trabajo de corte (excavar) y al mismo tiempo de empuje (transportar, estoquear). El tractor además tiene la posibilidad de empujar a otras máquinas cuando estas lo necesiten.

El tractor, también llamado bulldozer, cumple con la función de cortar (explotar, producir) material, siempre y cuando el material sea una roca blanda ó fracturada; en el caso de que el material sea una roca dura y no se pueda trabajar con este equipo caminero, será necesario ablandar y fracturar la roca por medio de un equipo de explosivos.

Dentro de los bulldozers ó tractores tenemos dos tipos:

- Orugas
- Ruedas (Enllantado)



Figura 3.2.- Tractor de Ruedas 844H

Foto tomada del catálogo de Caterpillar Tractor de Rueda 844H

3.1.1.1 Principales diferencias entre un tractor de oruga y un tractor de ruedas

ORUGA (CADENA)	RUEDAS
Mayor flotación	Mayor movilidad
	No dañan el pavimento
Mayor tracción	Mejor estabilidad con estabilizadores
Mejor maniobrabilidad para terrenos muy difíciles	Nivelación de la máquina con estabilizadores
Funciona bien en grandes volúmenes de tierra	Trabaja mejor en un río, suelos granulares

Tabla 3.1.- Diferencias entre Tractores de oruga y ruedas.

Se elegirá el tractor dependiendo del tipo de superficie donde se va a movilizar, trabajar y sus requerimientos.

Al seleccionar un tractor debe considerarse distintos factores, los cuales van a determinar el tamaño, potencia, tipo de hoja a utilizar, entre otros.

Algunos de estos factores son:

- El tamaño de la obra.
- La clase de obra en la que se empleará, conformación, jalando un vagón, arando, etc.
- El tipo de terreno sobre el que viajará, alta o baja eficiencia de tracción.
- La firmeza del camino de acarreo.
- La rugosidad del camino.
- Pendiente del camino.
- La longitud del camino.

3.1.2 Tipos de tractores utilizados para la explotación de una cantera

En el mercado encontramos diferentes Modelos de Tractores, los cuales se clasifican según su peso en el orden de trabajo y potencia en el volante de acuerdo a las funciones específicas para las cuales son requeridos. Para nuestro análisis trabajaremos con los siguientes modelos de tractores:

- D9 T
- D10 T
- D11 T

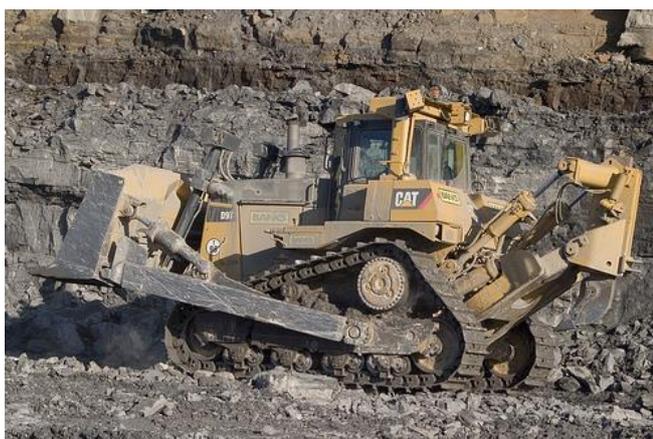


Figura 3.3.- Tractor de oruga Caterpillar D9 T

<http://www.flickr.com/photos/33977809@N07/sets/72157622901397542/detail/>

MODELO	MODELO DEL MOTOR	POTENCIA EN EL VOLANTE		PESO EN ORDEN DE TRABAJO		HOJA	CAPACIDAD	
		kW	Hp	kg	lb		m ³	yd ³
D9T	CAT® C18 ACERT™	306	410	47.900	105.600	9 SU	13,5	17,7
						9 U	16,4	21,4

Tabla 3.2.- Modelos de Tractores Utilizados en la explotación de Canteras

Datos obtenidos de los catálogos de Cat Latinoamérica



Figura 3.4.- Tractor de oruga Caterpillar D10 T

<http://www.flickr.com/photos/33977809@N07/4226310387/>

MODELO	MODELO DEL MOTOR	POTENCIA EN EL VOLANTE		PESO EN ORDEN DE TRABAJO		HOJA	CAPACIDAD	
		kW	Hp	kg	lb		m ³	yd ³
D10T	CAT® C27 ACERT™	433	580	66.451	146.199	10 SU	18,5	24,2
						10 U	22	28,8

Tabla 3.3.- Modelos de Tractores Utilizados en la explotación de Canteras

Datos obtenidos de los catálogos de Cat Latinoamérica



Figura 3.5.- Tractor D11

Foto tomada del catálogo de Caterpillar Tractores de Cadena D11T / D11T CD

MODELO	MODELO DEL MOTOR	POTENCIA EN EL VOLANTE		PESO EN ORDEN DE TRABAJO		HOJA	CAPACIDAD	
		kW	Hp	kg	lb		m ³	yd ³
D11T	CAT® C32 ACERT™	634	850	113.000	249.122	11 SU	27,2	35,6
						11 U	34,4	45

Tabla 3.4.- Modelos de Tractores Utilizados en la explotación de Canteras

Datos obtenidos de los catálogos de Cat Latinoamérica

La capacidad varía de acuerdo al tipo de hoja, estas hojas son:

- Universal (U)
- Semiuniversal (SU)

Hoja U.- los amplios flancos de esta hoja incluyen una cantonera y por lo menos una sección de cuchilla que facilitan el empuje de grandes cargas a largas distancias como en trabajos de recuperación de terrenos, apilamiento, alimentación de tolvas y amontonamiento para cargadores.

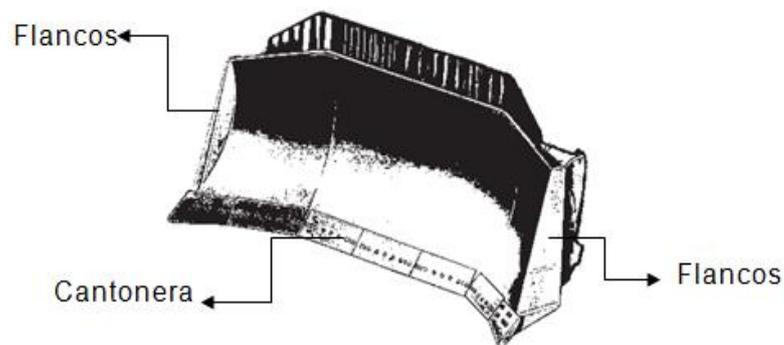


Figura 3.6.- Hoja Universal para tractores de cadenas

Hoja SU.- Tiene mayor capacidad por habersele añadido alas cortas que incluyen sólo las cantoneras. Las alas mejoran la retención de la carga y permiten conservar la capacidad de penetrar y cargar con rapidez en materiales muy compactados y de trabajar con una gran variedad de materiales en aplicaciones de producción. Equipada con una plancha de empuje, es buena para empujar traíllas.

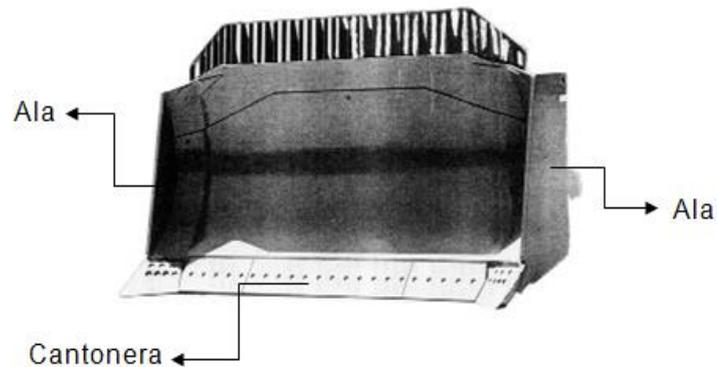


Figura 3.7.- Hoja Semiuniversal para tractores de cadenas

3.1.3 Funcionamiento en la explotación de una cantera

El tractor ó bulldozer tiene como principal función producir material, acarrearlo y empujarlo.

Para producir material el tractor usa el ripper, que es una uña de acero ubicada en la parte posterior del mismo, puede llegar a tener 3 uñas dependiendo del modelo y la necesidad.

El tractor baja la uña (las uñas) y empieza a avanzar; a medida que avanza, el ripper penetra en la roca logrando de esta manera cortarla y ablandarla.

Una vez ablandada la roca, el tractor usa la hoja frontal con el fin de acarrear el material cortado formando montículos que luego serán transportados por otros equipos camineros (camiones, cargadoras, volquetas, etc.). La acción de formar estos montículos es conocida como estoquear.

El tractor también es usado para hacer los caminos que facilitarán la movilización vehicular dentro de la cantera tanto para equipos pesados como para vehículos livianos.

3.2 EXCAVADORA

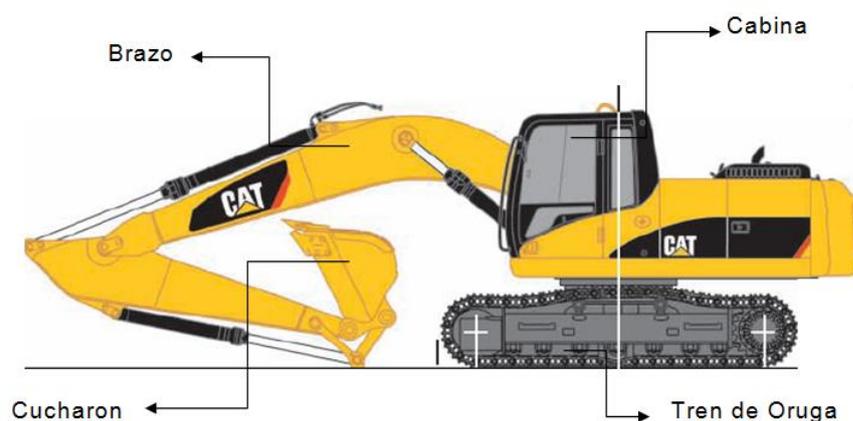


Figura 3.8.- Partes de una excavadora de orugas

3.2.1 Introducción

Se trata de un tipo particular de máquinas autopropulsada con una superestructura capaz de efectuar una rotación de 360°, cuya función básica es la de ser capaces de remover tierra u otros objetos que se encuentran en el camino.

La gran mayoría de las excavadoras son, a la vez, vehículos que pueden transportar dicho material distancias determinadas.

Las Excavadoras las encontramos de dos tipos:

Excavadora común con ruedas: Se trata del equipo más ampliamente difundido y utilizado por los constructores. Consta de una pala cargadora con la cual levanta la tierra y la transporta donde se desee, dependiendo de las distancias.

Excavadora de brazo articulado: Existen tres elementos fundamentales que diferencian a esta máquina de la anterior.

Lo primero será destacar que, en vez de tener tracción a ruedas, este tipo de excavadoras marcha sobre un sistema de orugas. Esta característica la hace idónea para el trabajo en terrenos difíciles, donde el desplazamiento con vehículos comunes se encuentra imposibilitado, como por ejemplo en una cantera.

Segundo: Hablamos de una maquina de tamaño considerablemente mayor a la anterior. La cual está diseñada para levantar cargas de peso extremo.

Tercero: La pala que utiliza para la remoción de tierra está instalada, a diferencia de la antes vista, en un brazo articulado, lo que la hace mucho más versátil al momento de operar.

Hablamos aquí, entonces, de maquinaria verdaderamente grande, que solo se utiliza para los proyectos mayores como es el de explotación de una cantera.

3.2.2 Tipos de excavadoras utilizadas para la explotación de una cantera

En el mercado podemos encontrar diferentes Modelos de Excavadoras, las cuales se clasifican según su peso, profundidad de excavación, capacidad de cucharón, potencia de acuerdo a las funciones específicas para las cuales son requeridas. Para nuestro estudio trabajaremos con los siguientes modelos de excavadoras presentados a continuación:

- 320D
- 323DL
- 336DL



Figura 3.9.- Excavadora de Oruga 320D

Foto tomada del catálogo de Caterpillar Excavadora Hidráulica 320D / 320D L

MODELO	MODELO DEL MOTOR	POTENCIA EN EL VOLANTE		PESO EN ORDEN DE TRABAJO		ALCANCE MÁXIMO A NIVEL DEL SUELO		PROFUNDIDAD DE EXCAVACION MÁXIMA		CAPACIDAD DE CUCHARON
		kW	hp	kg	lb	mm	pies - pulg	mm	pies - pulg	m ³
320D / 320DL	C6.4 ACERT™™ Cat®	103	138	21.570	47.554	10.760	31' 3"	7.660	25' 2"	0,9

Tabla 3.6.- Excavadoras con brazo articulado sobre oruga

Datos obtenidos de los catálogos de Cat Latinoamérica



Figura 3.10.- Excavadora de Oruga 323DL

Foto tomada del catálogo de Caterpillar Hidraulic Excavator 323DL

MODELO	MODELO DEL MOTOR	POTENCIA EN EL VOLANTE		PESO EN ORDEN DE TRABAJO		ALCANCE MÁXIMO A NIVEL DEL SUELO		PROFUNDIDAD DE EXCAVACION MÁXIMA		CAPACIDAD DE CUCHARON
		kW	hp	kg	lb	mm	pies - pulg	mm	pies - pulg	m ³
323 DL	C6.4 ACERT™	110	145	24.000	52.911	9.440	29' 6"	6.200	19' 5"	1,2

Tabla 3.7.- Excavadoras con brazo articulado sobre oruga

Datos obtenidos de los catálogos de Cat Latinoamérica

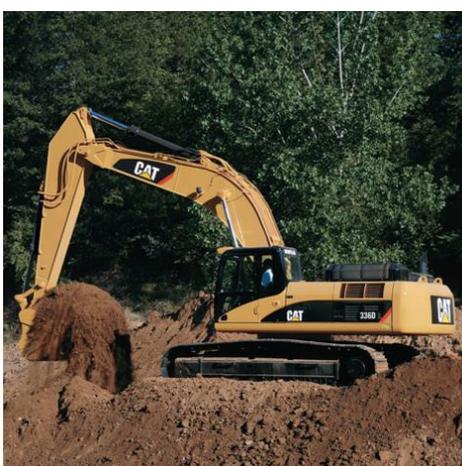


Figura 3.11.- Excavadora de Oruga 336DL

Foto tomada del catálogo de Caterpillar Hidraulic Excavator 336DL

MODELO	MODELO DEL MOTOR	POTENCIA EN EL VOLANTE		PESO EN ORDEN DE TRABAJO		ALCANCE MÁXIMO A NIVEL DEL SUELO		PROFUNDIDAD DE EXCAVACION MÁXIMA		CAPACIDAD DE CUCHARON
		kW	hp	kg	lb	mm	pies - pulg	mm	pies - pulg	m ³
336 DL	C9 ACERT™ Cat®	200	268	37.631	82.962	11.714	38' 5"	8.185	26' 7"	2,00

Tabla 3.8.- Excavadoras con brazo articulado sobre oruga

Datos obtenidos de los catálogos de Cat Latinoamérica

3.2.3 Funcionamiento en la explotación de una cantera

Las excavadoras en una cantera son utilizadas para explotar y cargar el material.

La excavadora es empleada para cortar cuando la roca es blanda ó fracturada. Este equipo corta usando el cucharón que posee en el extremo de su brazo. La excavadora estoquea el material a medida que va cortando la roca para luego colocarlo en volquetes que serán los encargados de transportarlo.

En ocasiones cuando la situación lo amerite no se usará la excavadora para cargar los volquetes sino que se necesitará de otro equipo caminero (cargadora frontal y/ó retroexcavadora) con el fin de aprovechar al máximo a la excavadora en su función de producir material.

La excavadora es usada para transportar material sólo cuando las distancias a recorrer sean cortas.

3.3 RETROEXCAVADORA



Figura 3.12.- Partes de una retroexcavadora

3.3.1 Introducción

Las Retroexcavadoras son en realidad tres piezas de equipo en una, y la diversidad de la herramienta permite en la obra diferentes tareas que deben completarse con relativa facilidad.

El tractor es la principal parte de la retroexcavadora y permite a los usuarios trasladarse con facilidad sobre diferentes tipos de terrenos. La retroexcavadora (cucharón) y el cargador se adjuntan al tractor y agregan elementos en términos de utilidad. El cargador se puede utilizar para limpiar material de obra y para el movimiento de tierra de un lugar a otro.

Los bordes cerrados del brazo ayudan a sujetar mejor los materiales en las aplicaciones de desmonte y demolición. El varillaje del cucharón de un solo pasador contribuye a lograr la mejor rotación de su clase, de 205 grados para todas las aplicaciones.

Básicamente hay dos tipos de retroexcavadora:

- Con chasis sobre ruedas
- Con chasis sobre cadenas (orugas)

En la retroexcavadora de neumáticos el tren de rodadura está compuesto de ruedas de caucho. Los órganos de mando de desplazamiento, dirección y frenos están en la cabina del conductor. La estabilidad durante el trabajo se asegura con estabilizadores independientes de las ruedas.

En las retroexcavadoras de cadenas el chasis está soportado por dos cadenas paralelas. Así mismo los órganos de mando, igual que en la de ruedas, se encuentran en la cabina del conductor.

3.3.2 Tipos de retroexcavadoras y sus características

A continuación se mencionan algunas retroexcavadoras utilizadas para la explotación de una cantera:

- 420E
- 430E
- 450E



Figura 3.13.- Retroexcavadora 420E

Foto tomada del catálogo de Caterpillar Backhoe Loaders 420E/420E IT

MODELO	MODELO DEL MOTOR	POTENCIA BRUTA		PESO EN ORDEN DE TRABAJO		PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN		CUCHARON	
		kW	hp	kg	Lb	mm	pies - pulg	m ³	yd ³
420 E	Cat® C4.4 ACERT® DIT	75	101	11.000	24.251	4.360	14' 4"	0,96 - 1,07	1,25 - 1,4

Tabla 3.9.- Retroexcavadoras

Datos obtenidos de los catálogos de Cat Latinoamérica



Figura 3.14.- Retroexcavadora 430E

Foto tomada del catálogo de Caterpillar Retroexcavadoras Cargadoras 430E

MODELO	MODELO DEL MOTOR	POTENCIA BRUTA		PESO EN ORDEN DE TRABAJO		PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN		CUCHARON	
		kW	hp	kg	Lb	mm	pies - pulg	m ³	yd ³
430 E	Cat® C4.4 ACERT® DIT	83	111	11.000	24.251	4.698	15' 5"	0,96 - 1,07	1,25 - 1,4

Tabla 3.10.- Retroexcavadoras

Datos obtenidos de los catálogos de Cat Latinoamérica



Figura 3.15.- Retroexcavadora 450E

Foto tomada del catálogo de Caterpillar Backhoe Loaders 450E

MODELO	MODELO DEL MOTOR	POTENCIA BRUTA		PESO EN ORDEN DE TRABAJO		PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN		CUCHARON	
		<i>kW</i>	<i>hp</i>	<i>kg</i>	<i>Lb</i>	<i>mm</i>	<i>pies - pulg</i>	<i>m³</i>	<i>yd³</i>
450 E	Cat® C4.4	102	137	12.300	27.115	5.260	17' 3"	1,3	1,75

Tabla 3.11.- Retroexcavadoras

Datos obtenidos de los catálogos de Cat Latinoamérica

3.3.3 Funcionamiento en la explotación de una cantera.

La retroexcavadora cumple con las funciones producir, transportar y cargar el material.

Para la etapa de producción de material, la retroexcavadora usa el cucharón con el cual corta la roca y al mismo tiempo lo va estoqueando.

Con su pala cargadora realiza la acción de cargar el material para depositarlo en los volquetes ó para ella misma transportarlo.

La retroexcavadora es empleada para transportar material sólo si la distancia a recorrer es corta.

3.4 CAMIONES

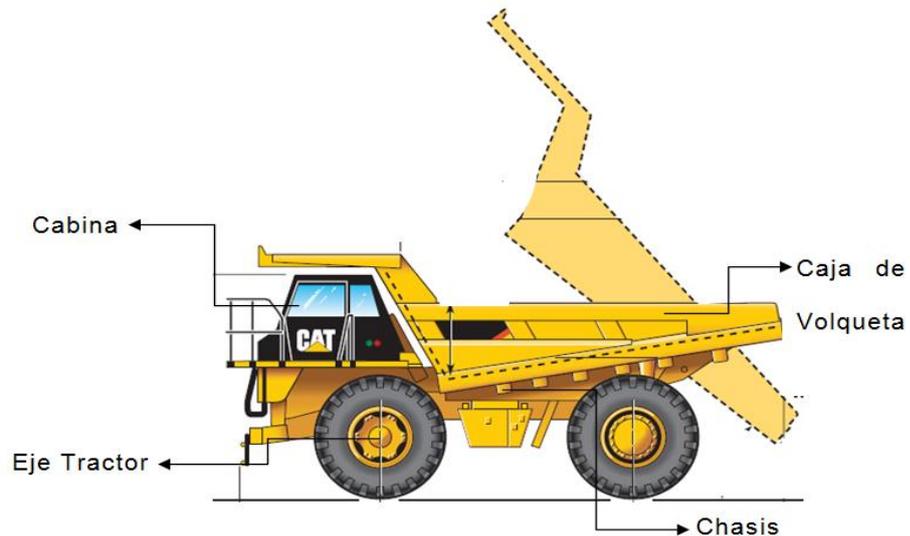


Figura 3.16 Partes de una volqueta

3.4.1 Introducción

Para el transporte de material pétreo se emplean los camiones los cuales son equipos de transporte para cortas y largas distancias.

Cuando se requiere transportar agua se hace uso de los camiones cisterna; dichos camiones pueden ser autopropulsados o remolcados y los hay con equipo de bombeo y otros que funcionan por gravedad.

Los camiones de transporte de material se clasifican según la capacidad de su caja en:

- Camión Normal de capacidad entre 7 a 10 metros cúbicos



Figura 3.17.- Camión Normal capacidad de 7 metros cúbicos

<http://camionetas-usadas.vivastreet.com.mx/camiones-usados+zapopan/camion-dodge-modelo-1993--volteo--phaser--4/30890145>

- Mula con capacidad entre 12 a 16 metros cúbicos



Figura 3.18.- Mula de capacidad de 14 metros cúbicos

<http://sannicolasdelosgarza.olx.com.mx/camion-de-volteo-14-mts-iid-16132567#pics>

- Bañera con capacidad entre 20 a 24 metros cúbicos



Figura 3.19.- Bañera capacidad de 18 metros cúbicos

<http://www.mundoanuncio.com.do/camion-de-volteo-mack-ch-1996-iid-140353081>

Los camiones son equipos destinados para el transporte de cargas de un peso no mayor a 13 toneladas por eje y pueden transitar por carreteras convencionales.

Existe otro tipo de camiones llamados **dúmp** que son equipos de gran tamaño y capacidad, diseñados para soportar cargas bruscas y transitar en terrenos accidentados. Poseen varios ejes tractores y neumáticos todo terreno y se los emplea fuera de carreteras y caminos.

La capacidad de carga de los dúmp es elevada, oscilando los pesos netos entre 30 y 40 toneladas con cargas útiles entre 40 y 60 toneladas.

El eje tractor consiste en un eje (3) con dos topes en el cual se enrolla una cuerda de alta resistencia (2); el eje está anclado a una base (1) fijada a la rueda motriz del vehículo. Este mecanismo permite obtener tracción cuando el vehículo la pierde.

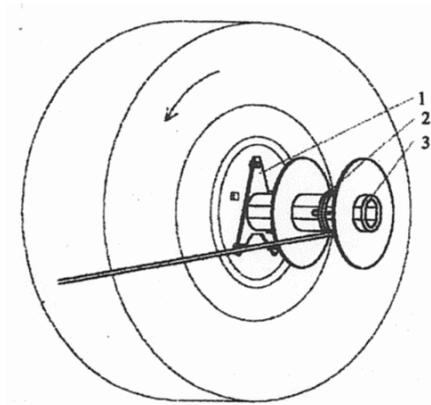


Figura 3.20.- Eje tractor

Figura obtenida de: <http://patentados.com/eje tractor.mht>

3.4.2 Tipos de volquetas y características

A continuación se mencionan algunos camiones utilizados para la explotación de una cantera:

- 773E
- 770
- 777F



Figura 3.21.- Camión 773E

Foto tomada del catálogo de Caterpillar Off-Highway Truck 773E

MODELO	MODELO DEL MOTOR	POTENCIA EN EL VOLANTE		PESO		PESO EN ORDEN DE TRABAJO		CAPACIDAD	
		kW	Hp	Kg	lb	Kg	lb	m ³	yd ³
773 E	Cat® 3412E	501	672	40.000	88.000	99.300	219.000	35.2	46

Tabla 3.12.- Camiones

Datos obtenidos de los catálogos de Cat Latinoamérica



Figura 3.22.- Camión 770

Foto tomada del catálogo de Caterpillar Off-Highway Truck 770

MODELO	MODELO DEL MOTOR	POTENCIA EN EL VOLANTE		PESO		PESO EN ORDEN DE TRABAJO		CAPACIDAD	
		kW	Hp	Kg	lb	Kg	lb	m ³	yd ³
770	Cat® C15 ACERT™	355	476	61.000	132.000	71.214	157.000	25,1	32,9

Tabla 3.13.- Camiones

Datos obtenidos de los catálogos de Cat Latinoamérica



Figura 3.23.- Camión 777F

Foto tomada del catálogo de Caterpillar Off-Highway Truck 777F

MODELO	MODELO DEL MOTOR	POTENCIA EN EL VOLANTE		PESO		PESO EN ORDEN DE TRABAJO		CAPACIDAD	
		kW	Hp	Kg	lb	Kg	lb	m ³	yd ³
777 F	Cat® C32 ACERT™	700	938	100.000	220.000	163.293	360.000	60,2	78,8

Tabla 3.14.- Camiones

Datos obtenidos de los catálogos de Cat Latinoamérica

3.4.3 Funcionamiento en la explotación de una cantera.

En la explotación de una cantera los camiones cumplen una función muy importante ya que son los encargados del transporte del material que puede ser a la planta o al lugar donde se lo requiera.

3.5 CARGADORA FRONTAL

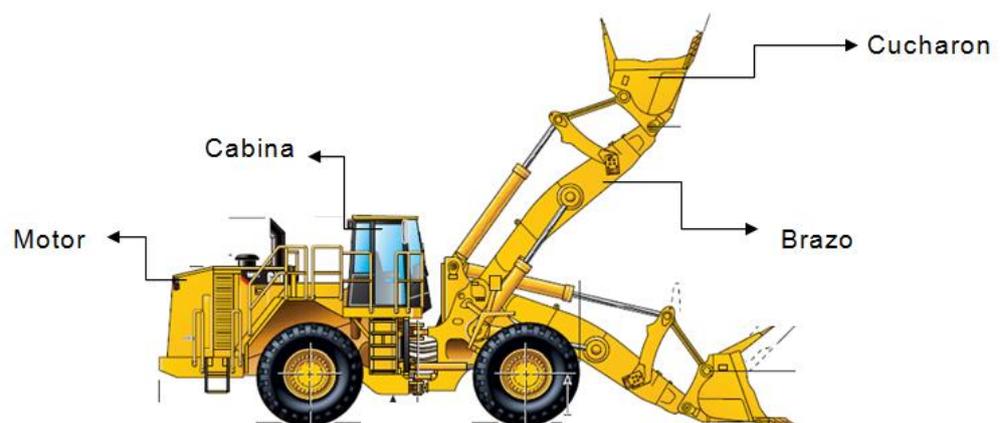


Figura 3.24.- Partes de una cargadora frontal

3.5.1 Introducción

La cargadora frontal es un equipo tractor, montado en orugas o en ruedas, que tiene un cucharón de gran tamaño en su extremo frontal.

Las cargadoras son equipos de carga, acarreo y eventualmente excavación, en el caso de acarreo solo se recomienda realizarlo cuando las distancias a recorrer son cortas.

Este equipo caminero da soluciones modernas a un problema de acarreo y carga de materiales, con la finalidad de reducir los costos y aumentar la producción.

Cuando se realizan excavaciones con explosivos, la buena movilidad de este equipo le permite moverse fuera del lugar rápidamente y con seguridad y antes de que el polvo de la explosión se disipe, el cargador puede estar recogiendo el material regado (roca) y preparándose para la entrega del material.

El mecanismo de la cargadora frontal se instala en un tractor convencional.

Los cucharones de la cargadora frontal varían de tamaño desde 0.19 m³ hasta 19.1 m³ de capacidad. El tamaño del cucharón está estrictamente relacionado al tamaño del equipo.

En particular, un par de cilindros de elevación, accionados hidráulicamente, actúan sobre los brazos para levantarlo o bajarlo junto con un dispositivo terminal acoplado en el extremo exterior de los brazos que puede ser: cucharones, tenedor para manejo de fardos

redondos, grapas para silos, etc. Un par de cilindros de inclinación/volteo son usados para posicionar el dispositivo terminal para recibir o vaciar la carga.

3.5.2 Tipos de cargadoras frontales y sus características

A continuación se mencionan algunas cargadoras utilizadas para la explotación de una cantera:

- 938H
- 950H
- 988H



Foto 3.25.- Cargadora Frontal 938H

Foto tomada del catálogo de Caterpillar Cargadora de Ruedas 938H

MODELO	MODELO DEL MOTOR	POTENCIA BRUTA		PESO EN ORDEN DE TRABAJO		CAPACIDAD DE CUCHARON	
		<i>kW</i>	<i>hp</i>	<i>kg</i>	<i>lb</i>	<i>m³</i>	<i>yd³</i>
938 H	6.6 ACERT™ Cat®	147	197	15.059	33.190	2,3 - 3,0	3,0 - 4,0

Tabla 3.15.- Cargadoras frontales utilizadas en Canteras

Datos obtenidos de los catálogos de Cat Latinoamérica



Foto 3.26.- Cargadora Frontal 950H

Foto tomada de: <http://lima.evisos.com.pe/fotos-del-anuncio/cargador-frontal-950-h-cat-id-183066>

MODELO	MODELO DEL MOTOR	POTENCIA BRUTA		PESO EN ORDEN DE TRABAJO		CAPACIDAD DE CUCHARON	
		<i>kW</i>	<i>hp</i>	<i>Kg</i>	<i>lb</i>	<i>m³</i>	<i>yd³</i>
950 H	C7 ACERT™ Cat®	162	217	18.338	40.435	2,5 - 3,5	3,25 - 4,5

Tabla 3.16.- Cargadoras frontales utilizadas en Canteras

Datos obtenidos de los catálogos de Cat Latinoamérica



Foto 3.27.- Cargadora Frontal 988H

Foto tomada del catálogo de Caterpillar Wheel Loaders 988H

MODELO	MODELO DEL MOTOR	POTENCIA BRUTA		PESO EN ORDEN DE TRABAJO		CAPACIDAD DE CUCHARON	
		kW	hp	Kg	lb	m ³	yd ³
988 h	Cat® C18 ACERT®	414	555	50.144	110.549	6,4 - 7,7	8,8 - 10

Tabla 3.17.- Cargadoras frontales utilizadas en Canteras

Datos obtenidos de los catálogos de Cat Latinoamérica

3.5.3 Funcionamiento en la explotación de una cantera

En la explotación de una cantera la cargadora frontal cumple con las funciones de cargar y transportar.

Su uso en las canteras ayuda a que las maquinas de explotación se encarguen sólo de producir material y no de transportarlo o llenar los camiones, volquetas, etc. De este modo las cargadoras ayudan a mejorar la producción.

Este equipo cumple estas funciones usando su pala frontal con la cual carga el material y lo transporta si se trata de distancias cortas; Si la distancia a recorrer no le permite a la cargadora transportar el material, entonces se necesitará de volquetes, y la cargadora será la encargada de llenarlas.

3.6 EQUIPO DE PERFORACION

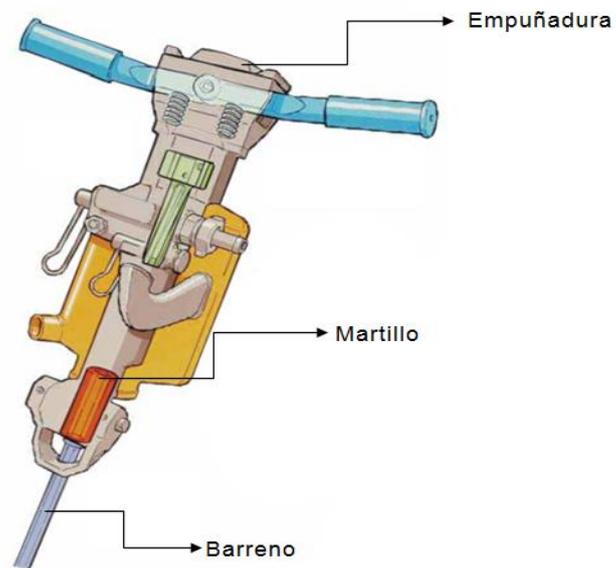


Figura 3.28.- Partes de un martillo para perforación.



Figura 3.29.- Partes de un equipo de perforación

3.6.1 Introducción

Previo a la colocación de los explosivos se realiza la perforación, la misma que tiene como objetivo abrir huecos con la distribución y geometría adecuada dentro del macizo rocoso. Terminada la perforación, en el orificio se colocan los explosivos juntos con sus accesorios de iniciación para finalmente ejecutar la voladura.

Existen varios sistemas de perforación de rocas, los cuales se han desarrollado según su aplicación. De manera general se clasifican en:

- Mecánicos: Percusión, Rotación y roto percusión
- Térmicos: Soplete, Fluido caliente, congelación
- Hidráulicos: Chorro de agua, Erosión, Cavitación
- Sónicos: Vibración de alta frecuencia
- Químicos: Microvoladura, Disolución y Expansión
- Eléctricos: Arco eléctrico, Inducción magnética
- Sísmicos: Rayo Láser
- Nucleares: Fusión, Fisión

Para la explotación de una Cantera de cielo abierto, la perforación del macizo rocoso se la realiza utilizando sistemas mecánicos.

Los componentes principales de un sistema de perforación de tipo mecánico son:

- La máquina perforadora
- El varillaje
- La Broca
- Fluido de barrido

La máquina perforadora es la fuente de energía del sistema mecánico; el varillaje es el encargado de transmitir la energía hacia la broca la cual constituye la herramienta que ejerce dicha energía sobre la masa de la roca. El fluido de barrido se encarga de la limpieza y evacuación de detritos producidos por la abrasión y avance de la broca.

En nuestro estudio nos vamos a enfocar en las perforaciones más utilizadas en Guayaquil que son:

- Perforaciones de Rotación
- Perforaciones de Rotopercusión

3.6.2 Perforación Rotativa

Según la perforación que se realice, se subdividen en dos grupos:

- Perforación rotativa por trituración con triconos.

- Perforación rotativa por corte

En la perforación rotativa por trituración se utiliza brocas llamadas triconos; este sistema es utilizado en la perforación de rocas de dureza media a alta. El tricono tiene tres rodillos cónicos dotados de botones de metal duro o de dientes de acero, los cuales machacan la roca a causa del efecto de rotación y de la elevada fuerza de avance.



Figura 3.30.- Tricono

<http://perfomarket.com/images/fichas-tecnicas/1712IADC517.jpg>

La perforación rotativa por corte se emplea para realizar orificios para voladura en rocas más blandas. La broca está provista de plaquitas de corte para conseguir un efecto de rotura de la roca durante la rotación.

3.6.3 Perforación Rotopercutiva

Los equipos de rotopercusión se clasifican en dos grupos, según donde se encuentre colocado el martillo:

- Martillo en la Cabeza
- Martillo de Fondo

Martillo en la Cabeza.- Las dos acciones básicas, rotación y percusión, se producen fuera del agujero transmitiéndose a través de una espiga y barrillas hasta la boca de perforación. Estos martillos pueden ser neumáticos o hidráulicos.

Martillo de Fondo.- En este caso la percusión, se producen directamente sobre la roca, mientras que la rotación se realiza en el exterior del orificio. El hacinamiento del pistón se lleva a cabo neumáticamente, tanto que la rotación puede ser hidráulica o neumática.

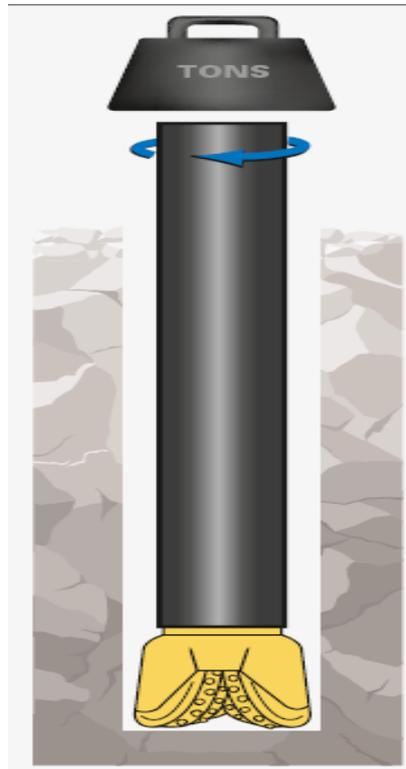


Figura 3.31.- Martillo de Cabeza

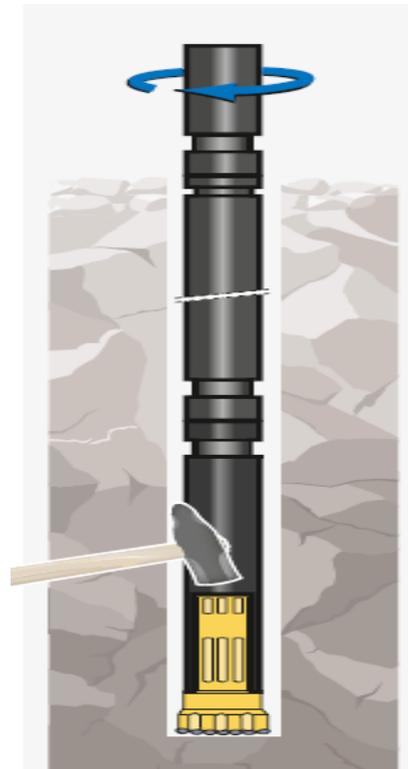


Figura 3.32.- Martillo de Fondo

Catálogo Atlas Copco: Putting Rotary Drilling into Perspective

3.6.4 Tipos de Equipos de Perforación utilizados en la explotación de una Cantera a Cielo abierto

Perforadoras con martillo de cabeza utilizadas para voladura:



Figura 3.33.- Perforadora para Voladura Atlas Copco, DM25-SP

Tomada del catálogo: Atlas Copco Blasthole Drills DM25-SP / DM30

POTENCIA DEL MOTOR		COMPRESOR		DIAMETRO ORIFICO	PROFUNDIDAD ORIFICIO	PESO POR GOLPE	DIMENSIONES		
kw	hp			mm	mm	kg	ancho	altura	altura mástil
403	540	900 CFM @ 350 PSI	25,5m ³ /min @ 2413 kPa	102 - 178	15.400	11.300	3,6m	38m	19,8m

Tabla 3.18.- Perforadoras para voladura Atlas Copco

Datos obtenidos de los catálogos:

<http://sg01.atlascopco.com/SGSite/Products/area.asp?ID=Blast%20Hole%20Drill%20Rigs&LanguageID=Yes&plid=ES&slid=EN&GetonBoard=Yes>

Perforadoras para superficies y agujeros de diámetros menores, utilizados también para voladura:



Figura 3.34.- Perforadoras para voladura de Atlas Copco para agujeros pequeños ROC T15

Datos obtenidos del catalogo de Atlas Copco

POTENCIA DEL MOTOR		COMPRESOR		DIAMETRO DE ORIFICO	PROFUNDIDAD DE ORIFICIO	DIMENSIONES			PESO
<i>kW</i>	<i>hp</i>			<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>ancho</i>	<i>largo</i>	<i>altura</i>	<i>kg</i>
46	62	49 CFM @ 123 PSI	1,5 m ³ /min @ 850 kPa	27 - 41	9.000	1,77m	4,85 m	2,25m	2.800

Tabla 3.19.- Perforadoras para voladura de Atlas Copco para agujeros pequeños

Datos obtenidos del catalogo de Atlas Copco

Perforadoras de rocas manuales para voladura:

<i>MODELO</i>	<i>PESO</i>	<i>LONGITUD</i>	<i>CONSUMO DE AIRE A 6 bar</i>	<i>FRECUENCIA DE IMPACTO</i>	<i>VELOCIDAD DE ROTACION</i>	<i>PROFUNDIDAD DE ORIFICIO</i>
	<i>kg</i>	<i>mm</i>	<i>l/s</i>	<i>impactos/min</i>	<i>RPM</i>	<i>mm</i>
RH 572E	22,8	583	37	2040	170	500 – 2000
RH 658LS	25	565	58	2040	215	500 - 2500

Tabla 3.20.- Perforadoras Manuales Atlas Copco

Datos obtenidos del catálogo: Perforadoras de roca manuales RH, BBD y DKR Atlas Copco



Figura 3.35.- Perforadora Manual

Tomada del catálogo: Perforadoras de roca manuales RH, BBD y DKR Atlas Copco

3.7 EQUIPO EXPLOSIVO

3.7.1 Introducción

Explosivo se denomina a toda sustancia que por causas externas tales como calor, roce, percusión, etc., se transforma en gases, liberando calor, presión ó radiación en un tiempo muy breve.

Terminada la etapa de perforación se procede a colocar en los orificios los explosivos y el espacio que quede libre del orificio deberá ser tapado lo mejor posible, sea con arena o tierra del sitio, lo cual permitirá que la voladura sea mucho más efectiva. En caso de no tapar los orificios los gases producidos en la reacción se escaparán provocando pérdida de efectividad en la voladura.

Cuando un cartucho explota los gases son aproximadamente 10.000 veces el volumen inicial del cartucho.

3.7.2 Características generales de los explosivos.

Para elegir el explosivo más idóneo para un determinado fin debemos tener en cuenta sus características básicas. Dichas características son:

1. Estabilidad química.
2. Sensibilidad.

3. Velocidad de detonación.
4. Potencia explosiva.
5. Densidad de encartuchado.
6. Resistencia al agua.
7. Humos.

1.- Estabilidad química.- Es la aptitud que el explosivo posee para mantenerse químicamente inalterado durante un periodo determinado de tiempo.

Para que el explosivo mantenga su estabilidad con la que parte de fabrica se deberá mantener adecuadamente las condiciones de almacenamiento, lo cual permitirá al usuario tener un producto totalmente seguro y fiable.

En caso de perder su estabilidad química, los explosivos pulverulentos con nitrato amónico se estropearán causando pérdidas económicas pero no accidentes.

Los explosivos con nitroglicerina si pierden su estabilidad química puede significar que la nitroglicerina se ha descompuesto. El cartucho suda o se observan manchas verdes en la envoltura. En este caso el peligro es inminente y es imprescindible la destrucción de este explosivo.

2.- Sensibilidad.- La sensibilidad de un explosivo se define como la mayor o menor facilidad que tiene un explosivo para ser detonado. Se dice que un explosivo es muy sensible cuando detona sin dificultades al detonador, mientras que un explosivo insensible es todo lo contrario.

Los explosivos sensibles aseguran pocos fallos en la voladura. Desde este punto de vista los explosivos sensibles son mejores que los insensibles, sin embargo están sujetos a una explosión fortuita mientras que en los explosivos insensibles la ocurrencia de un accidente es prácticamente nula.

Existe otro concepto de sensibilidad debido a experimentos realizados en los laboratorios, donde se realizan la sensibilidad *al detonador*, sensibilidad *a la onda explosiva*, sensibilidad *al choque* y sensibilidad *al rozamiento*. De estas las dos primeras son deseadas.

3.- Velocidad de detonación.-

Se considera a la velocidad de detonación como la característica más importante de los explosivos. Cuanto más grande sea la velocidad de detonación del explosivo, tanto mayor es su potencia.

Detonación de un explosivo se entiende como la transformación casi instantánea de la materia sólida que compone dicho explosivo en

gases. Esta transformación se hace a elevadísimas temperaturas con un gran desprendimiento de gases de casi 10.000 veces su volumen.

En el momento de realizar una voladura se debe tener en cuenta que tipo de explosivo utilizar considerando esta característica. Una detonación lenta nos dará como resultado unos fragmentos de roca grandes y por el contrario con una rápida detonación se tendrá pequeños fragmentos de roca que en ciertos casos es perjudicial.

4.- Potencia explosiva.- Se la define como la capacidad de un explosivo para fragmentar la roca. Dicha potencia depende por un lado de la composición del explosivo, pero siempre es posible mejorar la potencia con una adecuada técnica de voladura.

5.- Densidad de encartuchado.- Esta característica es muy importante en los explosivos y depende en gran parte de la granulometría de los componentes sólidos y del tipo de materias primas empleadas en su fabricación. El usuario en este caso nada tiene que hacer.

En el caso de que en el fondo de los orificios para voladura exista agua será necesario que la densidad de los cartuchos no sea menor a uno porque flotaría y es fundamental que el explosivo llene totalmente el fondo.

6.- Resistencia al agua.- Se pueden diferenciar de la siguiente manera:

- Resistencia al contacto con el agua.

Por resistencia al contacto con el agua se conoce a aquella característica por la cual un explosivo sin necesidad de envoltura especial mantiene sus propiedades de uso inalterables, lo cual permite que sea utilizado en barrenos con agua. Si un terreno contiene agua se puede emplear gomas, riogeles, cuyo comportamiento al agua es óptimo. No se deben emplear explosivos pulverulentos (Anfos) en contacto directo con el agua

- Resistencia a la humedad.

En orificios con un alto porcentaje de humedad los explosivos pulverulentos tienen un comportamiento excelente.

- Resistencia al agua bajo presión de la misma.

En referencia al tercer punto, nos referimos no solo a que el explosivo soporte el contacto con el agua, sino que además aguante altas presiones debidas a las grandes profundidades. Los explosivos utilizados en este caso contienen como aditivos metales pesados, que les confieren características muy especiales, como es el caso de la goma GV submarina.

7.- Humos.- Humo se designa al conjunto de productos resultantes de una explosión, tales como gases, vapor de agua, polvo en suspensión, etc. Estos humos contienen gases nocivos como el óxido de carbono, vapores nitrosos, etc., y si bien su presencia no tiene importancia en voladuras a cielo abierto, sí la tiene en voladuras en minas subterráneas y sobre todo si se realizan en lugares con poca ventilación. En este caso pueden ocasionar molestias e intoxicaciones muy graves a las personas que vayan a inspeccionar la voladura.

Para los trabajos subterráneos la composición del explosivo debe tener una proporción suficiente de O₂ capaz de asegurar la combustión completa.

3.7.3 Tipos de explosivos utilizados para canteras de cielo abierto

<i>TIPO DE EXPLOSIVOS</i>	<i>Tamaño (Diámetro X Largo)</i>	<i>Peso Cartucho (g)</i>	<i>Velocidad de Detonación m/s</i>	<i>Utilidad</i>
EXPOGEL I	2 1/2" X 16"	1665	4105	Carga de fondo y de columna, tanto en minería subterránea como a cielo abierto y obras civiles. Como cebo puede iniciar emulsiones y anfo.
	2" X 8"	418	3939	
	1 1/2" X 8"	236	3646	
	1" X 8"	122	3438	
EXPOGEL III	1 1/8" X 7"	119	3689	Carga de fondo y de columna, en barrenos sin agua, tanto en minería subterránea como a cielo abierto, obras civiles y otras aplicaciones.
	1" X 7"	96	3554	
	2" X 8"	400	4100	
	7/8" X 8"	88	3352	
EMULGEN 910	2" X 16"	984	4952	Carga de fondo y de columna, en barrenos con o sin agua, tanto en voladura subterránea como a cielo abierto.
	1 1/4" X 8"	203	4952	
	1 1/8" X 7"	141	4715	
	1" X 7"	108	4715	

Tabla 3.21.- Tipo de Explosivos comercializados en Ecuador

Capitulo 4.

RENDIMIENTO DE EQUIPO PESADO PARA LA EXPLOTACIÓN DE UNA CANTERA DE CIELO ABIERTO

4.1 *MEDIDAS EN OBRA*

4.1.1 La medida de distancia

La distancia es la longitud o cantidad de espacio que separa un objeto de otro, las distancias cortas sobre el terreno pueden medirse con cinta, estadia o tomarse de los planos de la obra, las distancias largas

también se pueden tomar de los planos pero hay que tener en cuenta los errores que se puedan dar de su interpretación.

La cinta o la estadia pueden resultar lentas o cansadas si se trata de distancias grandes, el Odómetro constituye un método cómodo y suficientemente preciso para medir distancias cortas y largas, consta de un contador de vueltas en la rueda que permite medir la distancia, las distancias cortas pueden recorrerse a mano y las largas remolcando el odómetro despacio en un vehículo.



Figura 4.1.- Odómetro

<http://www.aguamarket.com/sql/imagenes/odómetro.jpg>

4.1.2 Bancos de material

Banco de material se define como el lugar estratégico donde va a ser explotado el macizo rocoso.

Un banco de cualquier material puede medirse antes y mientras se esté explotando el macizo, lo que se hace para tener en cuenta la producción y economía de la cantera.

Antes de comenzar la explotación de una cantera, se traza una cuadrícula a intervalos de 3 a 5 metros entre las estacas para medir con precisión en terrenos quebrados; en terrenos más tendidos o parejos los intervalos pueden ser de mayor distancia.

Luego se toma la elevación del terreno en cada estaca (punto señalado), se hace el plano con las líneas de nivel y las elevaciones se anotan.

4.1.3 Stocks de material

La palabra stock, se la utiliza para referirse al material almacenado y listo para su comercialización.

En muchas ocasiones se estima con bastante precisión el volumen del stock pero las apariencias suelen engañar, a menudo se los mide con el cálculo de volumen de figuras regulares. En los stocks pequeños con forma de cono la ecuación es:

$$V = \pi r^2 h / 3$$

La longitud de la circunferencia es igual al producto de su diámetro por el número π , $l = d * \pi$, como $d = 2r$ donde r es el radio, midiendo con cinta el largo de la circunferencia l , el alto del stock h y aplicando respectivos despejes sencillamente determinamos el volumen.

$$V = l^2 * h / 12\pi$$



Figura 4.2.- Stock cónico, Cantera Borcons

Ahora si el montón o stock es largo se dividirá en un cono ya que los dos medios conos originan uno y mas el volumen de la parte central que

se determina como $V = b.h.l / 2$, (anchura, altura y longitud dividido entre dos).

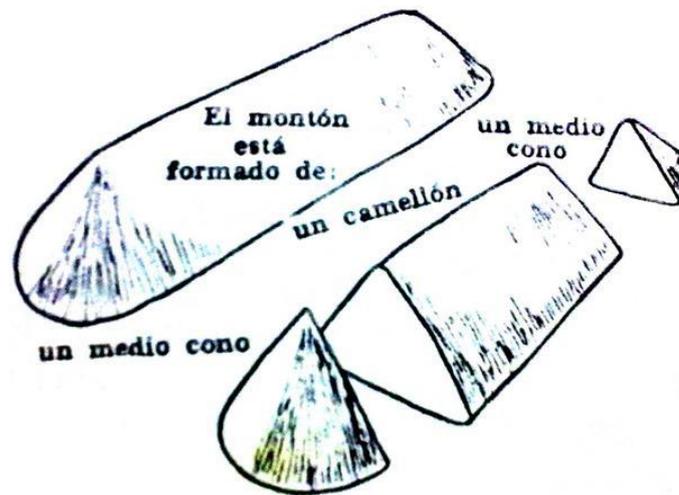


Figura 4.3.-1 Medida de los montones

4.2 DETERMINACIÓN DE RENDIMIENTOS

El rendimiento es una proporción entre el resultado obtenido y los medios que se utilizaron.

El concepto de rendimiento se encuentra vinculado al de efectividad y de eficiencia. La efectividad mide la capacidad de alcanzar un efecto deseado, la eficiencia, por su parte hace referencia a la capacidad de alcanzar dicho efecto con la menor cantidad de recursos posibles.

El rendimiento es conocido también, como el “trabajo útil ejecutado”, puede ser expresado en al menos 3 maneras distintas, dependiendo de la comodidad o de la facilidad de cada cantera, compañía, grupo de trabajo, etc.

La primera manera de medir el rendimiento en una cantera es tomando como base los requisitos del cliente, tratando de cubrir la demanda requerida por una o un conjunto de obras; como por ejemplo: si una obra necesita en un plazo de 200 días de trabajo, 230000 metros cúbicos de material, la maquinaria deberá producir 1150 metros cúbicos al día, en este caso los requisitos de la obra son el número de días y el número de metros cúbicos del material que deberá ser producido por la cantera.

La segunda, es midiendo el rendimiento de una maquina especifica, para luego determinar el número necesario de esas maquinas para obtener la producción que se requiere.

Y la tercera manera de expresar el rendimiento es en función del costo, este es el cálculo final e importante, cuando conocemos las características de las maquinarias.

4.3 FORMAS DE MEDIR LA PRODUCCIÓN DE UNA CANTERA

La producción de una cantera puede ser medida de las siguientes formas:

4.3.1 Medidas en volumen

La mayor parte del movimiento de tierras se mide en metros cúbicos, un metro cubico es un cubo de un metro de arista, estas se pueden referir a medidas hechas en el banco, sueltas o compactas.

4.3.2 Medidas por peso

En algunos casos, el interesado en la explotación de un macizo, está interesado principalmente en las características de volumen del material que se va a producir, su peso tiene importancia para calcular las cargas y la fuerza ascensional del equipo de acarreo, la unidad ordinaria de medida del peso es la tonelada métrica que son 1000 kilogramos.

4.3.3 Unidades de superficie

En ocasiones el volumen y el peso no convienen para medir cantidades en obra, por ejemplo para las actividades previas de la explotación de la cantera, cuando hablamos de desmontes, el tiempo y el costo depende de la superficie, el desmonte generalmente se mide en Hectáreas que son 10000 metros cuadrados.

4.4 TIPOS DE RENDIMIENTOS

Para la explotación de una Cantera de cielo abierto, se utilizan varias maquinas, por lo cual se puede definir que se trabaja en ciclo intermitente.

4.4.1 Ciclo intermitente

A este grupo pertenecen las maquinas más importantes que se usan en excavaciones, todas tienen un cucharón o caja que se carga. Cada máquina cumple con una función específica, para cumplir con ella realizan varias operaciones. El conjunto de operaciones se lo denomina su ciclo de trabajo.

Por ejemplo, una excavadora excava en el banco de material, hace girar y coloca el cucharón sobre una volqueta, descarga en ella, regresa al banco y adopta la posición de excavar, en este caso el conjunto de operaciones es un ciclo.

La magnitud del rendimiento depende del tamaño y la eficiencia del órgano excavador, ya sea cucharón, caja o cuchilla y del tiempo que dure su ciclo completo.

La duración del ciclo depende a su vez de la rapidez con la que se carga, de la velocidad con la que se mueve, se descarga y vuelve al punto de carga inicial.

La capacidad de la maquinaria pesada la clasifican los fabricantes, generalmente considerando enrasado o colmado; su eficiencia se mide como la relación entre su carga real y su capacidad nominal.

El rendimiento real se puede encontrar haciendo cubicaciones en el banco, en el equipo de acarreo durante un tiempo determinado y midiendo las cargas individuales y la duración de los ciclos.

4.4.2 Tiempos perdidos

Casi siempre existe una diferencia entre el rendimiento que se obtiene cuando se calcula con la frecuencia de los ciclos y la capacidad, y el rendimiento realmente obtenido. La causa de estos retrasos se estudia mejor revisando los informes de los operadores y de los inspectores.

Con respecto a las palas necesitan operaciones de limpieza y movimientos, y tiempos de espera de los camiones. Las volquetas luego esperan en la posición de carga, el tránsito los entretiene en ocasiones y hay veces que los volquetas se atascan.

Estos son los tiempos perdidos, por eso es de utilidad anotar la causa de algún inconveniente así como el tiempo que duró, anotar cuantas maquinas trabajan más lentamente o cuantas están paradas.

4.5 **RECEPTÁCULOS**

Esta palabra se usa generalmente cuando hablamos de las cajas de transporte de las volquetas, los cucharones para excavar y los de transporte, como los de las excavadoras y retroexcavadoras, también están las hojas para excavar y empujar como la de los tractores.

4.5.1 Cubicación

Cubicación es la capacidad de transporte de los cucharones y de las cajas de las distintas maquinarias, vienen clasificadas por el fabricante en capacidad de transporte de metros cúbicos sueltos, esta clasificación se determina ya sea por la caja o el cucharón enrasado (que es el volumen de un líquido que los llenará si fueran impermeables), más cualquier espacio que pudiera quedar en partes del borde que sobresalen con respecto a su punto más bajo o colmados.

4.5.2 Colmos

El colmo o montón que se forma en la parte de arriba de una carga se mide de manera aproximada de acuerdo a su forma; se calcula suponiendo que el talud es uniforme y que el material que carga es uniforme, se continúan los taludes a los lados opuestos hasta que interceptan, este volumen se determina con el talud del material y el área de la caja, un talud muy inclinado y una caja muy ancha dan el volumen máximo. La formula general para el volumen de una pirámide es:

$$\text{Superficie de la base} * \text{Altura} * 1/3$$

De acuerdo con la Sociedad de Ingenieros automotrices (S.A.E Society of automotive engineers) en sus normas, un colmo se calcula considerando taludes de 3 a 1 (es decir, 3 unidades de medida horizontal, por cada unidad de medida de elevación), esto es generalmente cierto en la mayor parte de las condiciones, pero algunos materiales forman montones más altos, en especial si el recorrido es más corto y parejo como en el caso de cucharones de excavadoras, de dragas, etc.

4.5.3 Las cajas de las volquetas

Las cajas de las volquetas para circular por las carreteras generalmente tienen piso rectangular, paredes verticales, con dispositivos para aumentar la altura de las paredes verticales mediante extensiones metálicas o de madera.

La pared trasera (o puerta) está articulada para permitir la descarga cuando se levanta hacia adelante la caja de la volqueta; las medidas de capacidad generalmente suponen una carga enrasada con un tablón que descansa en los costados y se mueve de adelante hacia atrás o sino también de las capacidades dadas en la información de los fabricantes.

4.5.3.1 PRUEBAS DE CAPACIDAD

Cuando se van a efectuar pruebas de capacidad, el banco se mide tomando varias cargas aproximadamente iguales y se cuentan. Se vuelve a afinar y medir el banco y la diferencia se calcula en metros cúbicos.

$$\text{Carga de camión} = \frac{\text{volúmen removido del banco}}{\text{número de carga del camión sacadas}}$$

Para obtener la mayor precisión posible se debe hacer con el mayor volumen posible. La cantidad mínima sería de 150 m³.

4.5.4 Cucharón de la excavadora y retroexcavadora

Los cucharones de la excavadora se miden por su capacidad enrasados en metros cúbicos o fracciones de metros cúbicos, su tamaño se puede comprobar midiendo y multiplicando su longitud, anchura y altura, como en el caso de las cajas de las volquetas. La inclinación de los costados, las curvas y la extensión del borde puede utilizarse para aumentar el resultado al siguiente cuarto de metro cúbico.

Los colmos varían de 1/8 a 1/4 de la capacidad del cucharón enrasado si las condiciones de excavación lo permiten.

Los cucharones de la retroexcavadora se clasifican y miden de la misma manera, los colmos son generalmente pequeños o no existen, la anchura es un factor importante en la eficiencia de la carga, los cucharones profundos y angostos pueden tener el promedio de las cargas de menos de $1/3$ de la capacidad nominal.

4.5.5 Cucharón de la cargadora frontal

La cargadora frontal se la clasifica por su capacidad enrasada a través de las paredes laterales, pero si se lo inclina hacia atrás en 20 grados o más al nivel del suelo, y las condiciones de excavación y la estabilidad del tractor lo permiten puede llevar un colmo mas grande, quizás hasta del 50% más de su capacidad si estuviera enrasado.

Un cucharón que no puede inclinarse hacia atrás rara vez puede tener $1/8$ más de su capacidad enrasado, sin embargo en excavaciones duras pocos cucharones alcanzan siquiera la capacidad de enrasado, y la estabilidad del tractor pueden no permitir transportar una sobrecarga.

4.5.6 La hoja del Bulldozer o Tractor

La hoja nos sirve para explotar el material deslizándose o rodando a lo largo del terreno. El rozamiento es un factor limitador a importante en el tamaño de la carga, los materiales con rozamiento interno bajo, cuando se empuja de bajada favorece el arrastre de cargas grandes.

Un buen promedio de carga es aquel que resulta aumentar en un 20% el volumen formado por todo el ancho de la hoja y que tenga un talud hacia delante de 1 a 1, se puede observar que la carga efectiva será mayor en el centro y menor en las orillas, siendo el promedio el que se mencionó.

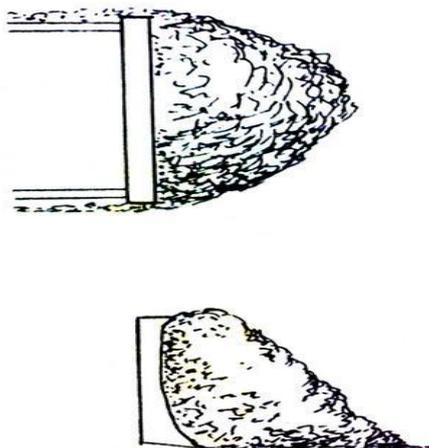


Figura 4.4.- Carga de hoja con el Bulldozer (planta arriba y elevación abajo)

Por ejemplo, la hoja del tractor D10T Caterpillar con una hoja 10U tiene un ancho de 5.26m y una altura de 2.20m.

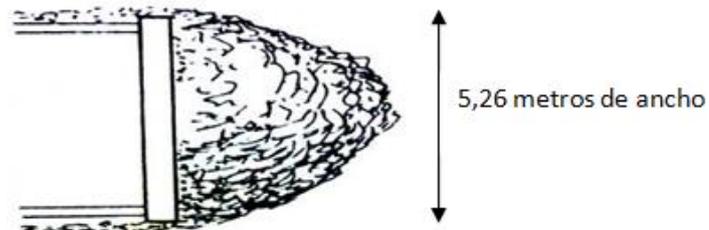


Figura 4.5.- Esquema de la hoja, vista en planta

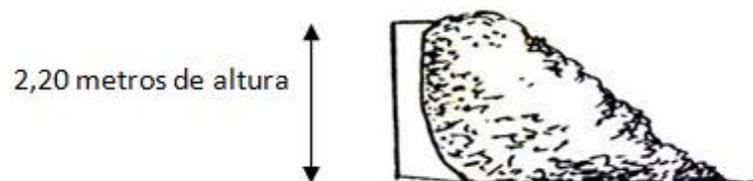


Figura 4.6.- Esquema de la hoja, vista lateral

El perfil de la carga teórica sería un triángulo rectángulo de 2.20 m por lado con una superficie de 2.42m^2 .

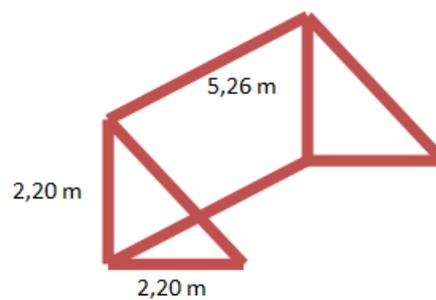


Figura 4.7.- Esquema de dimensiones formadas

Multiplicando ésta por 5.26m tenemos 12.73m³ añadiendo el 20% por amontonamiento central daría 15.28m³ sueltos. Los diferentes fabricantes clasifican a las hojas de este tamaño de 15 hasta 22m³ de capacidad nominal.

En obra la capacidad de la hoja se ve afectada mayormente por las pendientes, de bajada la carga tiende a deslizarse con un mínimo de presión, mientras que en la subida el rozamiento aumenta y el material tiende a escurrirse por los costados, perdiendo así material afectando a la producción.

La carga posible de acarrear depende de la potencia como también de la capacidad de mantenerla en frente de la hoja, dependiendo si el tractor va de ascenso o descenso. La carga aumenta aproximadamente el 4% de cada 1% de la pendiente de bajada, quiere decir con esto que el tractor empujaría el doble de su carga normal cuando la pendiente de bajada es del 25%.

De ascenso la carga baja en casi con la misma proporción, pero la disminución de la carga ocurre en las pendientes más pronunciadas, se puede llegar a empujar hasta la mitad de la carga en una pendiente de subida del 20%.

4.5.7 Eficiencia del Receptáculo

Las máquinas pueden efectuar varios ciclos de trabajo con cargas menores a las nominales, la relación entre la capacidad del receptáculo y la carga real en metros cúbicos sueltos se llama factor de eficiencia del cucharón o caja de la volqueta.

Una máquina excavadora puede trabajar y no llenar por completo su cucharón debido a lo difícil de la excavación, o la falta de potencia, o dientes romos, o por ser material pesado, por falta de tracción, por prisa o descuido del operador o por una mezcla de todos estos factores, o también de otros factores desfavorables en la explotación.

También en las volquetas se disminuye la capacidad de llenado cuando se necesita que suba por pendientes fuertes, también para reducir los esfuerzos si nos encontramos en terreno irregular, o para cruzar un terreno blando donde se puede quedar estancada. Tampoco se la llena completamente para llegar más rápido al destino, o cuando tenemos algunas fallas mecánicas o las llantas en mal estado.

También se reduce la carga real por debajo de la carga indicada por el fabricante cuando el material es grueso (de mayor dimensión) en proporción al tamaño del cucharón, los terrones quedan parcialmente apoyados entre sí dejando huecos excesivos que no ocupa el material.

El factor de eficiencia del receptáculo (CEF) tiene la formula que está definida de la siguiente forma;

$$CEF = \frac{\text{Material en el receptaculo}}{\text{capacidad nominal del receptaculo}}$$

La capacidad nominal del receptáculo es la capacidad dada por el fabricante, la cual viene especificada en catálogos.

La cantidad de material en el receptáculo es igual al volumen de material a desalojar dividido entre el número de ciclos que se necesitaron para transportar ese material.

4.6 RENDIMIENTO DE LAS PRINCIPALES MAQUINAS

Dada la importancia de conseguir siempre la solución más económica que beneficie al contratista y al dueño de la obra, resulta necesario tener en cuenta los rendimientos del equipo pesado que interviene en la explotación de la cantera para poder elegir la mejor opción.

4.6.1 RENDIMIENTO DEL TRACTOR

Básicamente el rendimiento de estas maquinas están en función del tipo de la hoja y de su capacidad.

El rendimiento de un bulldozer o tractor viene dado por la fórmula:

$$R = \frac{V_c \cdot 60 \cdot Fe \cdot C_t}{T_c} \cdot n = m^3/h$$

V_c es la capacidad de la cuchilla en metros cúbicos de material esponjado.

Fe es el factor de eficacia de la máquina, esta eficacia depende del conductor, estado de la maquina, el estado del terreno, por lo cual no se puede lograr que trabaje de forma continua. El factor de eficacia varía entre un 70% - 80%.

C_t es el coeficiente de transformación. Los valores medios van a ser establecidos por el siguiente cuadro, según el material que va a ser transportado por la máquina, para que se cubique según su perfil, sea este esponjado o compactado.

CLASE DE TERRENO	PERFIL	MATERIAL ESPONJADO	MATERIAL COMPACTADO
Tierra	1.00	1.25	0.90
Arcilla	1.00	1.40	0.90
Arena	1.00	1.10	0.95

Tabla 4.1.- Tabla del coeficiente de transformación (C_t), de acuerdo a la clase de terreno

T_c es el tiempo empleado en el ciclo, el cual va a estar en minutos. Es la suma del tiempo fijo y del tiempo variable.

Tiempo fijo es el que se emplea en maniobras. El tiempo variable depende de la distancia y de la velocidad de marcha.

n es el coeficiente de gestión, acoplamiento y adaptación. Varía entre 0.8 y 0.9, es un coeficiente de reducción.

4.6.1.1 RENDIMIENTO DEL RIPPER DEL TRACTOR

El rendimiento del ripper se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$R = A * B * C * V_t * \varepsilon = m^3/h$$

Conociendo como ε al valor asociado al número de dientes que utiliza el tractor para romper la roca:

NUMERO DE DIENTES	ε
1	1
2	1.9
3	2.7

Tabla 4.2.- Valores asociados con número de dientes

V_t es la relación de metros cúbicos producidos en una hora, y va a estar definida por la relación:

$$V_t = K * h^2 * v = m^3/h$$

h es la profundidad de corte del terreno, que anda alrededor de 50cm. La velocidad v con la que se realiza el corte se la define como velocidad de ripado (m/h). Es usual ripar entre 2 a 3 km/h.

El corte depende también del terreno, K es el coeficiente que depende del terreno:

TERRENO	K
Rocas con tendencia plástica y macizos de arcilla dura	0.8
Macizo de roca friable, calizas porosas, areniscas mal cementadas	1.0
Rocas duras fracturadas	1.1
Rocas duras sanas, estratificadas	1.2

Tabla 4.3.- Coeficiente K

Tenemos a un coeficiente ciclo, C , que es el cociente entre el ciclo productivo, que son la suma total de los tiempos de avance, con el ciclo total de ripeado, el cual es la suma total de todos los tiempos, la evaluación del ciclo se la realiza por partes, tomando el tiempo de duración de cada movimiento y las longitudes de ripado.

$$C = \frac{\text{tiempo de ciclo productivo}}{\text{tiempo del ciclo completo}}$$

Si el terreno es llano se ripa en ambos sentidos. Si tiene una pequeña pendiente se ripa en sentido favorable, sentido de descenso.

El coeficiente B , que es el de adaptación y acoplamiento, varía de 0.50 en obras pequeñas y 0.60 para obras grandes como es la de explotación de una cantera.

También encontramos el coeficiente A que es el de solape, el cual se opta para todos los casos el valor de 0.9.

Se supone que el tractor tiene suficiente potencia móvil y que supera de forma permanente el límite por adherencia.

4.6.2 RENDIMIENTO DE LAS EXCAVADORAS, RETROEXCAVADORAS Y CARGADOR FRONTAL

El rendimiento de las excavadoras y retro excavadoras viene dado al igual que el rendimiento de la pala del cargador frontal por la fórmula:

$$R = \frac{V_C * 3600 * Fe * Fe' * C_t}{T_C} = m^3/h$$

V_C es la capacidad de la cuchara de las excavadoras o el cargador frontal medida en metros cúbicos.

Fe es el factor de eficacia de la máquina, que varía entre 70 y 80%.

El factor Fe' es el de eficacia de la cuchara, que depende de la clase de terreno:

<i>TIPO DE TERRENO</i>	<i>COEFICIENTE</i>
Flojo	0.90 – 1.00
Medio	0.80 – 0.90

Duro	0.50 – 0.80
------	-------------

Tabla 4.4.- Eficiencia de la cuchara

T_c es el tiempo de duración del ciclo en segundos, comprende en la excavación y el giro hasta la descarga, la descarga y el giro hasta origen. El tiempo del ciclo, con rotación de 90° teóricamente dependiendo del tipo del terreno es aproximadamente:

<i>Tipo de Terreno</i>	<i>T_c en segundos</i>
Flojo	15 – 20
Medio	20 – 25
Duro	25 – 30

Tabla 4.5.- Tiempos aproximados del ciclo

C_t es el coeficiente de transformación.

<i>CLASE DE TERRENO</i>	<i>PERFIL</i>	<i>MATERIAL ESPONJADO</i>	<i>MATERIAL COMPACTADO</i>
Tierra	1.00	1.25	0.90
Arcilla	1.00	1.40	0.90
Arena	1.00	1.10	0.95

Tabla 4.6.- Tabla del coeficiente de transformación de acuerdo a la clase de terreno

Para rotaciones mayores o menores, se sumarán o restarán 2 segundos por cada 10 grados de rotación respectivamente.

4.6.3 RENDIMIENTO DE LAS VOLQUETAS

El rendimiento de la maquinaria de transporte viene dado por la fórmula:

$$R = \frac{V_c * 60 * Fe}{T_c} = \text{m}^3/\text{h}$$

V_c es la capacidad de la caja en metros cúbicos.

El factor **Fe** es la Capacidad de eficacia de la máquina y está en función de la experiencia del conductor y estado de la misma, tipo de tierras a transportar y estado del terreno. El **Fe** varía entre el 70 y 80%.

Tc (min) es el tiempo del ciclo, corresponde a la suma del tiempo fijo (carga, descarga y maniobra) y del tiempo variable (marcha).

La unidad de transporte de tierras se mide y abona por metros cúbicos de tierras realmente transportados, es decir, de tierras esponjadas.

4.6.4 PERFORACION DE PRODUCCION

Este término se utiliza en las explotaciones mineras, para aquellas labores de extracción de materiales. Los equipos y los métodos varían según los sistemas de explotación. Para la explotación de canteras de

cielo abierto vamos a enfocarnos en el método de rotoperCUSión siendo este el más utilizado para este tipo de explotación.

4.6.5 VELOCIDAD MEDIA DE PERFORACION

La velocidad media alcanzada por una perforadora con **martillo en cabeza** en un período de trabajo largo depende de la organización, de los siguientes factores:

- Profundidad de los barrenos.
- Tiempos de maniobras.

La longitud de los barrenos marca el número de varillas, que afectan a los ritmos de avance (tiempo de maniobra).

Existen también pérdidas de energía debidas a:

- Falta de rigidez en los acoplamientos, que dan lugar a unas pérdidas del 3% de la energía transmitida por efectos de las reflexiones y del 5,5% aproximadamente por fricciones que se transforman en calor.
- Rozamientos internos con elevación de la temperatura del varillaje, al actuar éste como vehículo de transmisión de las

ondas de choque. Las pérdidas se estiman entre un 0,2 y 0,4% por cada varilla.

La velocidad de penetración media, VP_m , puede calcularse en función del número de varillas empleadas, teniendo en cuenta una caída media del rendimiento del 9% equivalente a la pérdida de energía:

$$VP_m = \frac{VP}{N_v} * \frac{1 - 0,91^{N_v}}{0,09} = cm/min \text{ ó } m/h$$

Donde:

N_v = Número de varillas utilizado.

VP = Velocidad de penetración conseguida con la primera varilla.

Cuando se perfora con **martillo en fondo**, la velocidad de penetración prácticamente permanece constante con la profundidad, pues las tuberías no constituyen el medio físico de transmisión de la energía de percusión, ya que sólo se utilizan para canalizar el aire de accionamiento y efectuar la rotación.

Una vez obtenido el valor medio de la velocidad de penetración se pasa a corregir ésta por los tiempos muertos o no productivos derivados de:

- Desplazamientos de la máquina de un barreno a otro.

- Posicionamiento y emboquillado.
- Cambio y extracción de varillas.
- Limpieza del barreno, atascos, etc.

Si suponemos unos equipos de superficie, con o sin cambiador automático de varillas, tendremos los siguientes tiempos teóricos medios:

	<i>CAMBIO DE VARILLA</i>	
	<i>MANUAL</i>	<i>AUTOMATICO</i>
Tiempo de poner varilla	1.0 min	0.9 min
Tiempo de quitar varilla	1.5 min	1.0 min
Tiempo total	2.5 min	1.9 min

Tabla 4.7.- Tiempos teoricos no productivos

Los tiempos restantes de maniobra son:

<i>OPERACIÓN</i>	<i>TIEMPO</i>
Cambio de barreno	3 min
Posicionamiento y emboquille	1 min
Limpieza de barreno	1 min

Tabla 4.8.- Tiempos restantes de maniobra

Por ejemplo un equipo con cambiador automático en un banco que requiera una sola maniobra de varillas presenta un tiempo total no productivo de 6,9 min.

Las cifras anteriores son orientativas y pueden variar en función de las condiciones de trabajo, características del equipo, etc.

La tabla nos indica los datos de los rendimientos medios obtenidos por diferentes equipos de perforación rotopercutiva en una roca de tipo medio.

		RANGO NORMAL			NUMERO DE OPERADORES	VELOCIDAD DE PENETRACION (cm/min)	VELOCIDAD MEDIA DE PERFORACION (m/h)	COMPRESOR	
		DIAMETRO (mm)	PROFUNDIDAD					CAUDAL DE AIRE (l/s)	PRESION (MPa)
			MAXIMA (m)	MEDIA (m)					
NEUMATICOS	Martillo de mano 20 kg	32-38	1,5	1	1	25	4	30	0,7
	Martillo de mano 30 kg	38-45	3	2	1	35	6	60	0,7
	Vagón perforador sobre ruedas (pequeño)	38-48	8	5	1-2	45	13	80	0,7
	Vagón perforador sobre ruedas	48-64	12	7	1-2	55	16	200	0,7
	Carro perforador sobre orugas (martillo en cabeza)	64-100	20	10	1-2	60	19	300-350	0,7
	Carro perforador sobre orugas (martillo en fondo)	85-150	30	15	1-2	40	13	200	1,2
HIDRAULICOS	Carro sobre orugas pequeño	50-75	20	10	1-2	80	25	70	0,7
	Carro sobre orugas grande	64-125	30	15	1-2	100	35	80	0,7

Tabla 4.9.- Rendimientos teoricos

4.6.6 Rendimiento en la Voladura

La Voladura en la explotación de una cantera de cielo abierto se la utiliza para ablandar la roca, fracturar el macizo rocoso en el cual el material obtenido va a ser removido, transportado, estoqueado por maquinaria pesada.

En la explotación de canteras de cielo abierto se utilizan las voladuras de pequeño diámetro las cuales están en un rango de 65 mm a 165 mm de diámetro de perforación.

Las cargas de los explosivos son cilíndricas alargadas, con una relación longitud sobre diámetro mayor a 100, y se realizan generalmente con dos tipos de explosivos, uno para la carga de fondo y otro para la carga de columna.

Diámetros de perforación

La elección del diámetro de los barrenos depende de la producción horaria, o ritmo de la excavación, y de la resistencia de la roca.

<i>DIAMETRO DEL BARRENO (mm)</i>	<i>PRODUCCION HORARIA MEDIA (m³/h)</i>	
	<i>Roca blanda-media < 120MPa</i>	<i>Roca dura-muy dura >120MPa</i>
65	190	60
89	250	110
150	550	270

Tabla 4.10.- Diámetro según la producción por hora y resistencia de la roca

Altura de banco

La altura de banco esta en función del equipo de carga y del diámetro de perforación. Las dimensiones recomendadas teniendo en cuenta los alcances y características de cada grupo de máquinas se recogen en la siguiente tabla.

<i>ALTURA DE BANCO H (m)</i>	<i>DIAMETRO DEL BARRENO D (mm)</i>	<i>EQUIPO DE CARGA RECOMENDADO</i>
8 - 10	65 - 90	Cargadora de Ruedas
10 - 15	100 - 150	Excavadora Hidráulica

Tabla 4.11.- Altura de Banco

Esquemas de perforación, sobreperforación y retacado

El valor de la piedra "B" es función del diámetro de los barrenos, características de las rocas y de los tipos de explosivos empleados.

Si la distribución de la carga consta de un explosivo de alta densidad y potencia en el fondo, y otro de baja densidad y potencia media en la columna, la profundidad de perforación oscila entre 33 y 39 veces el diámetro del barreno "D".

En una misma fila, el espaciamiento entre barrenos varía entre 1,15B para rocas duras y 1,30B para rocas blandas.

La longitud del retacado y de la sobreperforación se calcula en función del diámetro de los barrenos y de la resistencia de la roca.

<i>VARIABLE DE DISEÑO</i>	<i>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE (MPa)</i>			
	<i>Blanda < 70</i>	<i>Media 70 - 120</i>	<i>Dura 120 - 180</i>	<i>Muy Dura > 180</i>
PIEDRA - B	39 D	37 D	35 D	33 D
ESPACIAMIENTO - S	51 D	47 D	43 D	38 D
RETACADO - T	35 D	34 D	32 D	30 D
SOBREPERFORACIÓN - J	10 D	11 D	12 D	12 D

Tabla 4.12.- Perforación, Espaciamiento, Retacado, Sobreperforación

Inclinación de los barrenos

En la gama de diámetros de trabajo citada los equipos de perforación son habitualmente rotopercutivos de martillo en cabeza, neumáticos e hidráulicos, y de martillo en fondo. Estas máquinas permiten inclinaciones de las deslizaderas con ángulos de hasta 20° e incluso mayores con respecto a la vertical.

La longitud de barreno «L» aumenta con la inclinación, pero por el contrario la sobreperforación «J» disminuye con ésta. Para calcular «L» se utiliza:

$$L = \frac{H}{\cos\beta} + \left(1 - \frac{\beta}{100}\right) * J$$

siendo β el ángulo con respecto a la vertical en grados.

Distribución de cargas

Teniendo en cuenta la teoría de las cargas selectivas, en la que la energía por unidad de longitud en el fondo del barreno debe ser de 2 a 2,5 veces superior a la energía requerida para la rotura de la roca frente a la carga de columna, y en función de la resistencia de la roca se

recogen en la siguiente tabla las longitudes de la carga de fondo recomendadas.

VARIABLE DE DISEÑO	RESISTENCIA DE LA ROCA (Mpa)			
	<i>Blanda < 70</i>	<i>Media 70 - 120</i>	<i>Dura 120 - 180</i>	<i>Muy Dura > 180</i>
LONGITUD DE CARGA DE FONDO l_f	30 D	35 D	40 D	46 D

Tabla 4.13.- Longitud de carga de fondo

La altura de la carga de columna se calcula por diferencia entre la longitud del barreno y la suma de la dimensión del retacado y de la carga de fondo.

Los consumos específicos de explosivo varían entre 250 y 550 g/m³ para los cuatro grupos de rocas considerados.

4.7 TRABAJOS EN TIERRA Y ROCA

La explosión de una cantera significa mover volúmenes grandes de tierra y roca sobre y en el macizo rocoso; a continuación vamos a mencionar los factores que deben tomarse en cuenta para su medición y valoración.

Se diferencian dos tipos de trabajos: en tierra y en roca, nuestro trabajo se va a enfocar únicamente al tipo de trabajo en roca, sin embargo vamos a mencionar los factores a considerar para el trabajo en tierra también.

4.7.1.1 FACTORES A CONSIDERAR PARA EL RENDIMIENTO DE LAS MAQUINAS EN LOS TRABAJOS EN SUELO

Tendrá en consideración los siguientes puntos:

Características del terreno, tales como:

- cohesión
- densidad
- compacidad, que influyen en el rendimiento de la maquinaria.

Factores intrínsecos del terreno, tales como:

- asentamientos
- niveles freáticos

Factores externos, tales como:

- factores climáticos, tendidos aéreos o subterráneos,
- edificaciones vecinas,
- tráfico, que pueden hacer que se paralice la excavación.

Formas de ejecutar las excavaciones, teniendo en cuenta:

- Profundidad
- Sección
- Altura, etc.; éste nos orientará hacia el tipo de maquinaria más adecuada a emplear.

Durante los trabajos de replanteo debemos prever la ubicación de rampas para salida y entrada de camiones; es necesario delimitar el área de nuestra actuación y marcar puntos de referencia externos que nos sirvan para tomar datos topográficos.

Deberá tener en cuenta la cota final de la excavación y dejar las tierras a nivel, listas para la futura explotación del macizo.

Es importante conocer el ángulo de talud natural del terreno, sobre todo los de poca cohesión, conocer la ubicación exacta al excavar dejando paramentos claramente visibles.

El talud adecuado a cada terreno no solo se aplica al corte principal sino a todos los frentes de excavación, incluyendo las rampas.

4.7.1.2 FACTORES A CONSIDERAR PARA EL RENDIMIENTO DE LAS MAQUINAS EN LOS TRABAJOS EN ROCA

Tendrá en consideración los siguientes puntos:

Características de la roca:

- Dureza
- Forma geológica
- Estratificación

De estos datos sabremos el precio del metro lineal de barreno, el número de unidades, cantidad y tipos de explosivos en caso de ser utilizados.

Factores externos tales como:

- Edificaciones lindantes
- Tráfico

Obtener los permisos requeridos con suficiente anticipación; aunque las operaciones con explosivos son realizadas por empresas especializadas, las mismas deben aportar las autorizaciones requeridas para su ejecución en tiempo y forma.

La ejecución en roca depende de la dureza de la roca; si esta es blanda, se puede excavar con máquinas excavadoras o tractores, de lo contrario se necesitan martillos rompedores y equipo explosivo.

Capítulo 5.

CANTERA BORCONS

5.1 *HISTORIA DE LA CANTERA Y LA PLANTA*

La cantera se encuentra ubicada en la avenida el bombero, kilometro 6 1/2, diagonal al centro comercial “Rio Centro Ceibos”.

La empresa que tiene la concesión minera para poder explotar el macizo rocoso es **BORCONS**. En mayo del 2008 se les dio el respectivo permiso de la explotación de una cantera a cielo abierto en la zona.

Esta empresa tiene un personal trabajando diariamente de 30 personas, entre la cantera, la planta y oficina.

En la planta podemos distinguir dos tipos de maquinarias: la Primaria y la Secundaria.

En la Primaria se tiene dos partes importantes que son el Grisley (la parte que empuja el material depositado por las volquetas) y las Mandíbulas (la parte que rompe los fragmentos grandes del material en pedazos más pequeños).



FIGURA 5.1.- Máquina Primaria

En la Secundaria también se tienen dos partes importantes que son el Cono (es la pieza que tritura el material que paso por las mandíbulas) y la Zaranda o Tamices (es la parte donde se clasifica el material en distinta granulometría).



Figura 5.2.- Máquina Secundaria

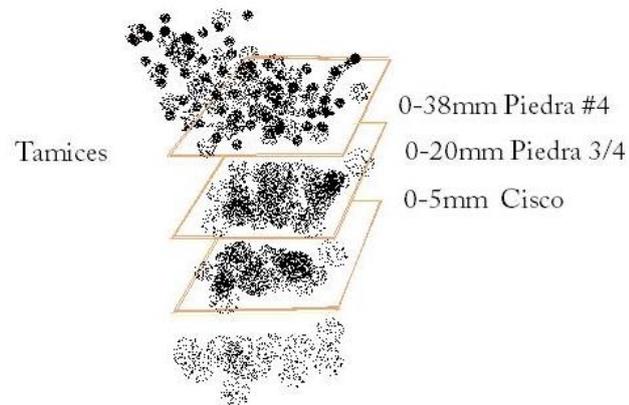


Figura 5.3.- Esquema de tamices

La primaria y la Secundaria están acopladas a un sistema de Bandas, son 6 bandas en total; estas bandas transportan al material ya procesado que pasa los tamices y forman depósitos en forma de conos, y el material que no pasa los tamices se transporta nuevamente mediante las bandas hacia el cono para volver a ser triturado.



Figura 5.4.- Tamices

La producción diaria de la extracción de material del macizo rocoso es de aproximadamente 600 m³.

Entre los principales consumidores del material explotado tenemos a: Constructora Hidalgo&Hidalgo, Ripconsiv, entre otros.

A continuación un resumen del tipo de material obtenido en la planta y sus respectivos precios:

<i>TIPO DE MATERIAL</i>	<i>PIEDRA 3/4</i>	<i>PIEDRA CHISPA</i>	<i>BASE CLASE I</i>	<i>CISCO</i>
<i>precio en dólares por m³</i>	9	10	8	5

Tabla 5.1.- Precios de Material

<i>TIPO DE MATERIAL</i>	<i>Cascajo</i>
CASCAJO	Volqueta pequeña : 10
	Volqueta grande :15
	Bañera :20

Tabla 5.2.- Precios por viaje

5.2 **EXPLORACION DEL MACIZO ROCOSO**

Al explotar un macizo rocoso se sigue un diseño de cómo explotarlo, este diseño es el que nos dice como avanzar durante la explotación y hacia donde nos dirigimos, tomando en cuenta los taludes, fallas y demás características del macizo rocoso.

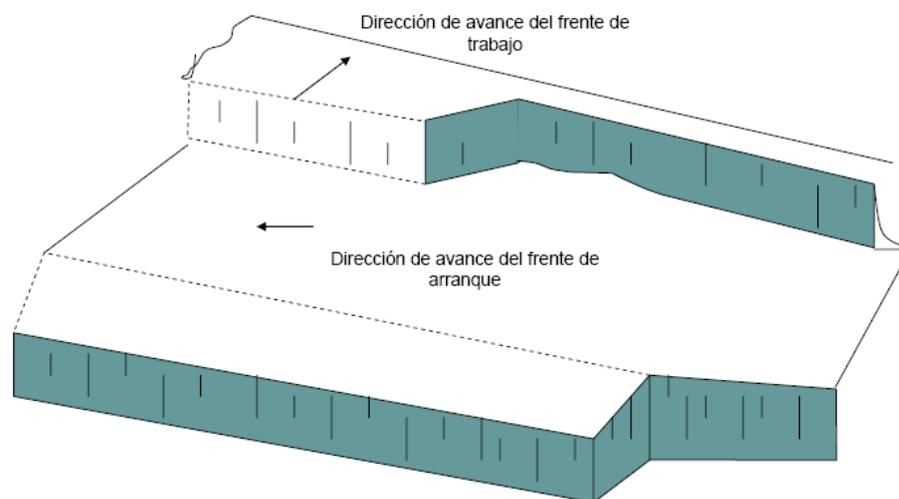


Figura 5.5.- Esquema de Avance del frente de Trabajo y Arranque de la Cantera Borcons

Este esquema consta de varias partes, estas partes se encuentran ilustradas en la siguiente figura:

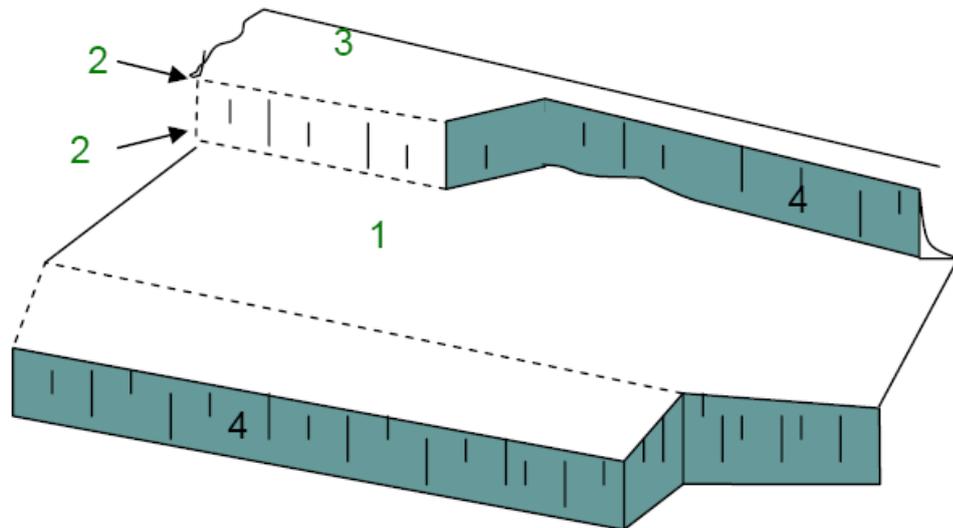


Figura 5.6.- Esquema de frente de explotación

1. **Plataforma de trabajo.**- Se conoce con este nombre a la plataforma del banco en donde se encuentra la maquinaria de extracción y transporte.
2. **Arista inferior y superior.**- Línea de corte del talud con las plantas inferior y superior respectivamente
3. **Berma de Seguridad.**- la planta no muy amplia que se deja el borde en receso de la cantera a fin de dar estabilidad y no permitir el desprendimiento de fragmentos de roca
4. **Frente del Banco.**- Superficie del banco donde se realizan los trabajos mineros y que se encuentra en movimiento

5.3 **EXPLORACIÓN DEL MACIZO POR BORCONS**

El trabajo de explotación de este macizo consiste en 5 funciones mostradas a continuación:



5.3.1 PERFORACIÓN

Para la perforación utilizan de uno a dos martillos dependiendo la demanda, por lo general se utiliza uno.

Los martillos utilizados son de marca REXON, “Martillo Perforador YT28”, con las siguientes especificaciones:



Figura 5.1.- Martillo Trabajando, Cantera Borcons

<i>Tasa de impacto</i>	2040 (golpes/minuto)
<i>Energía de Impacto</i>	70 (joules)
<i>Presión de Trabajo</i>	72 PSI / 500 KPa
<i>Diámetro por Carrera</i>	80 x 60 mm
<i>Consumo de Aire</i>	116 CFM / 55LPS
<i>Peso</i>	26 Kg
<i>Longitud (sin varilla)</i>	661mm

Tabla 5.3.- Martillo Perforador YT28

Diariamente se realizan 70 perforaciones separadas a 2m, las cuales tendrán una profundidad de 2,40m.

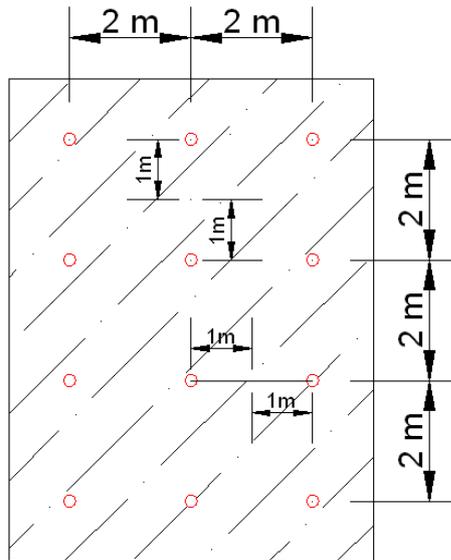


Figura 5.2.- Esquema de perforaciones, vista en planta

Para la perforación utilizan 3 varillas de diámetro $\frac{3}{4}$ ", la primera es de 80cm de longitud, la segunda de 160cm y la tercera de 240cm.

La perforación se la lleva a cabo "uno a uno", esto quiere decir que van a ir avanzando de acuerdo a la perforación de cada uno, van a perforar los 70 barrenos a una profundidad de 80cm, luego de terminar los 70 cambian la varilla por una de 160cm y perforan los 70 barrenos y realizan lo mismo con la varilla de 240cm.

Los tiempos de perforación promedio incluido los tiempos de maniobra son:

<i>PROFUNDIDAD (cm)</i>	<i>TIEMPO (min)</i>	<i>VELOCIDAD (cm/min)</i>
80	2:15	37,17
160	2:53	27,75
240	3:04	26,09

Tabla 5.2.- Tiempos de Perforacion tomados en Obra

De acuerdo con el capitulo 4, utilizando la formula de velocidad de penetración, a continuación se calcula el rendimiento:

$$VP_m = \frac{VP}{N_v} * \frac{1 - 0,91^{N_v}}{0,09}$$

$$VP_m = \frac{37,17}{3} * \frac{1 - 0,91^3}{0,09} = 33,93 \text{ cm}/\text{min}$$

$$VP_m = 33,93 \text{ cm}/\text{min} * \frac{60\text{min}}{1\text{h}} * \frac{1\text{m}}{100\text{cm}} = 20,36 \text{ m}/\text{h}$$

5.4 VOLADURA

Una vez que se llega a la profundidad de 2 metros y 40 centímetros en todos los barrenos se coloca el equipo explosivo que consta de:

- un taco de dinamita
- fulminante con mecha suelta
- nitrato de amonio disuelto en diesel

Se coloca primero el taco de dinamita, después un fulminante con mecha lenta, se lo rellena con 3 pies de nitrato disuelto y por último se tapa con 60cm de tierra del lugar.

Al final del día después de colocar todos los explosivos, los empleados prenden una a una las mechas; el tiempo total de detonación de los 70 barrenos es de aproximadamente 4 minutos con 15 segundos.

El objetivo de BORCONS es producir 600m^3 de material diarios. El volumen de cada detonación se lo obtiene de acuerdo al radio de acción del explosivo que viene dado por el fabricante; Usando la ecuación $A = \pi r^2 h$ (m^3) donde r es el radio de acción igual a 1m y h es la profundidad del barreno igual a $2,40\text{m}$ tenemos que teóricamente en cada explosión se obtiene un volumen aproximado de 7.54m^3 .

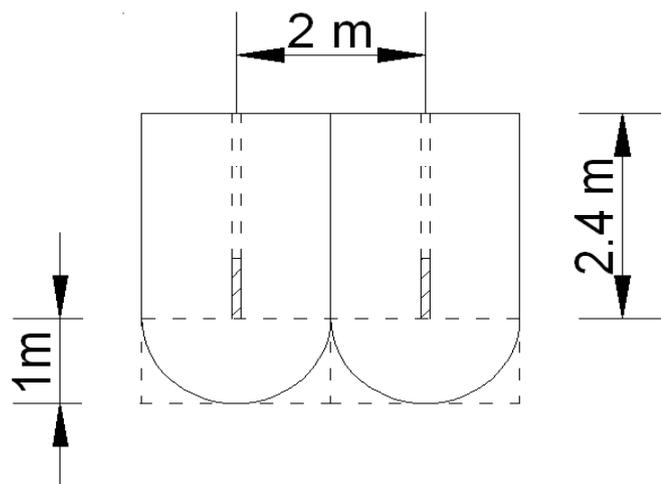


Figura 5.3.- Esquema de voladura visto en corte

El volumen obtenido en cada barreno multiplicado por los 70 huecos, marginan un volumen teórico total de 527.8m^3 . El área sombreada en el esquema a continuación muestra el área que es ablandada por la acción de dos voladuras.

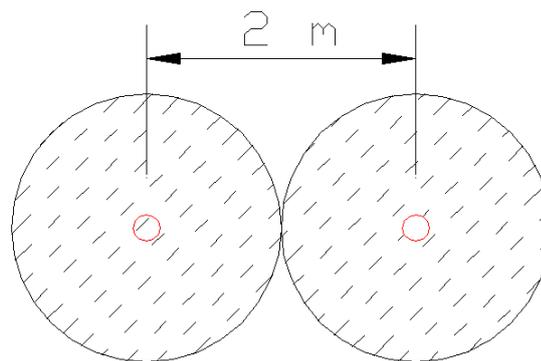


Fig5.3.- Esquema de dos voladuras, visto en planta

Teniendo en cuenta que este valor es teórico se estima que la cantera sí está en capacidad de producir los 600m^3 que tiene previsto producir diariamente ya que en el cálculo teórico no se ha tomado en cuenta los espacios que quedan entre los círculos (como muestra el esquema 5.4)

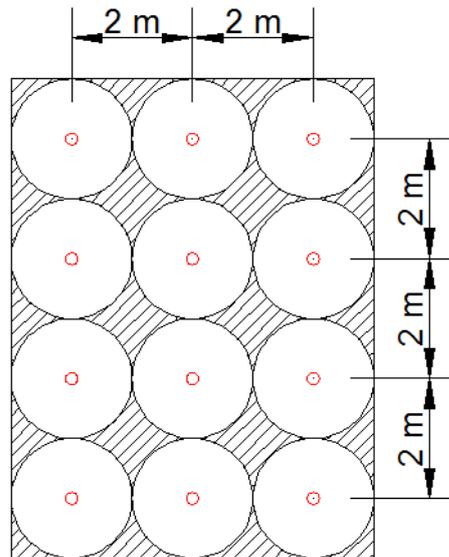


Figura 5.4.- Esquema en planta de voladuras, visto en planta.

El volumen que se obtiene incluyendo los espacios entre los círculos es de 672 m^3 . Para obtener este volumen se asumió rectangular el área de influencia de la voladura.

5.5 **EXPLORACION, ESTOQUEAR Y CARGAR.**

En la explotación de una cantera comúnmente intervienen el tractor y la excavadora, pero en el caso de esta cantera al tractor se lo utiliza rara vez dejando así toda la tarea de explotación a la excavadora. No utilizan el tractor para explotar porque el peso del mismo daña la roca (la rompe). Sin embargo, este equipo se lo utilizó en el desbroce y limpieza, ahora les resulta de gran ayuda para hacer los caminos por

los cuales van a circular la maquinaria pesada, y algunos carros livianos.

La **excavadora** es la encargada de la explotación y de estoquear, como también de cargar las volquetas.

La excavadora utilizada es la **Caterpillar 330 CL**



Figura 5.2.- Excavadora Caterpillar 330 CL, Cantera Borcons

MODELO DEL MOTOR	POTENCIA EN EL VOLANTE		PESO EN ORDEN DE TRABAJO		ALCANCE MÁXIMO A NIVEL DEL SUELO		PROFUNDIDAD DE EXCAVACION MÁXIMA		CAPACIDAD DE CUCHARON
	kW	hp	kg	lb	m	pies - pulg	m	pies - pulg	m ³
C9 Caterpillar®	184	247	35.100	77.400	9,79	32'' 1'	6,20	20'' 10'	2

Tabla 5.4.- Excavadora Caterpillar 330 CL

El trabajo de la excavadora empieza una vez que se ha ablandado el macizo rocoso con voladura. La voladura la realizan al final de la

jornada de trabajo para que el macizo quede listo para ser explotado por la excavadora desde la mañana del siguiente día.

La excavadora trabaja de la siguiente manera: Se ubica en el lugar a explotar y empieza excavar, llena el cucharón y gira hasta dónde va a descargar el material, lo deposita en la volqueta y regresa a su posición inicial para volver a repetir el proceso. Esta actividad representa un ciclo de trabajo.

Cuando las volquetas no están listas para ser cargadas, la excavadora explota el material repitiendo el proceso antes mencionado y lo va estoqueando. Esta actividad también representa un ciclo de trabajo.

Por último cuando las volquetas están listas para ser cargadas y existe un stock; la excavadora se encarga sólo de llenar las volquetas con el material del stock. Este es el tercer ciclo de trabajo que realiza la excavadora.

Para hallar el rendimiento de la excavadora de la cantera BORCONS nos hemos basado en el capítulo 4 donde se estableció la siguiente ecuación para el rendimiento del cucharón de una excavadora:

$$R = \frac{V_C * 3600 * Fe * Fe' * Ct}{T_C} = m^3/h$$

Se tomo tiempos del ciclo de la excavadora para cuando esta explota el macizo y a la vez llena las volquetas (tiempo de carga con maniobra) y para cuando la excavadora llena las volquetas pero a partir de un stock (tiempo de carga sin maniobra) dando como un tiempo promedio al siguiente resultado:

TIEMPO PROMEDIO DE CARGA CON TIEMPO DE MANIOBRA
<i>Tiempo (seg)</i>
42,83

Tabla 5.5.-Tabla Promedio en Base a datos tomados InSitu, anexos

Con este tiempo se calcula el rendimiento de la excavadora:

$$R = \frac{2 * 3600 * 0,75 * 0,65 * 1}{42,83} = 81,95 \text{ m}^3/\text{h}$$

5.6 **TRANSPORTE**

La cantera BORCONS, posee 2 volquetas que son las encargadas de transportar el material explotado hacia la planta de producción.

El ciclo de la volqueta se lo toma desde que está lista para ser llenada, una vez llena transporta el material a la planta, lo descarga y regresa hacia el punto de partida completando su ciclo de trabajo. En el ciclo se

toma en cuenta el tiempo de espera de descarga de las volquetas en la trituradora.



Figura 5.3.- Volqueta, Cantera Borcons

<i>TIEMPO DE IDA Y VUELTA</i>	
<i>Volqueta</i>	<i>Tiempo (min:seg)</i>
Amarilla	15:39
Roja	16:49

Tabla 5.7.- Tiempo de transporte

El rendimiento de la volqueta amarilla es:

$$R = \frac{16 * 60 * 0,75}{15,39} = 46,78 \text{ m}^3/\text{h}$$

El rendimiento de la volqueta roja es:

$$R = \frac{12 * 60 * 0,75}{16,49} = 35,09 \text{ m}^3/\text{h}$$

5.7 CONCLUSIONES

En la etapa de perforación y voladura ablandan aproximadamente 672 metros cúbicos por día.

Con ello la excavadora empieza a trabajar, obteniendo como resultado un rendimiento en una hora de 81,95 metros cúbicos.

Las volquetas tienen un rendimiento de 79,75 m³ en una hora, valor que se obtuvo de sumar en rendimiento de la volqueta amarilla (46,78 m³/h) más el rendimiento de la volqueta roja (32,77 m³/h).

Analizando los resultados de los distintos rendimientos se concluye:

- ❖ En esta cantera el equipo pesado más importante del cual depende la producción diaria es la **Excavadora**, ya que ella es la encargada de darle trabajo a los otros equipos, sin ella se paralizaría la producción diaria.
- ❖ Para la demanda diaria que tiene la cantera su equipo pesado cumple eficientemente su labor, produciendo aproximadamente más de 600 metros cúbicos diarios.

- ❖ El conjunto de equipos pesados está en capacidad de realizar una mayor producción diaria, pero debido a la demanda diaria de 600 metros cúbicos tienen tiempos de ocio considerables la excavadora y las volquetas.
- ❖ Con nuestro análisis ambiental concluimos que el impacto visual es muy grande ya que está situado en una zona comercial, y no se ha tomado medidas al respecto.

ANEXOS

Tiempos tomados InSitu del ciclo de la Excavadora:

Tiempos de Carga con tiempo de maniobra 1 (Volqueta roja)	
N° Cucharada	Tiempo (Seg)
1era	44,12
2da	41,78
3ra	42,89
4ta	42,31
5ta	43,81
6ta	41,64

Tiempos de Carga con tiempo de maniobra 2 (Volqueta amarilla)	
N° Cucharada	Tiempo (Seg)
1era	42,43
2da	41,23
3ra	43,12
4ta	41,76
5ta	43
6ta	41,87
7ma	42,12
8va	44,76

Tiempos de Carga con tiempo de maniobra 3 (Volqueta roja)	
N° Cucharada	Tiempo (Seg)
1era	43,56
2da	42,61
3ra	42,45
4ta	44,01
5ta	42,91
6ta	43,12

Tiempos de Carga con tiempo de maniobra 4 (Volqueta amarilla)	
N° Cucharada	Tiempo (Seg)
1era	44,98
2da	41,23
3ra	42,98
4ta	42,31
5ta	41,98
6ta	42,76
7ma	42,1
8va	43,43

Tiempos de Carga con tiempo de maniobra 5 (Volqueta roja)	
N° Cucharada	Tiempo (Seg)
1era	42,76
2da	43,22
3ra	44,89
4ta	43,55
5ta	44,02
6ta	41,55

Tiempos de Carga con tiempo de maniobra 6 (Volqueta amarilla)	
N° Cucharada	Tiempo (Seg)
1era	42,76
2da	42,98
3ra	41,9
4ta	43,83
5ta	42,11
6ta	41,15
7ma	42,78
8va	44,01

Tiempos tomados InSitu del ciclo de Volquetas:

Ciclo de la Volqueta	
Volqueta	Tiempo
Amarilla	15:35
Roja	17:12

Tiempo de recorrido a la planta	
Volqueta	Tiempo
Amarilla	15:43
Roja	16:43

Tiempo de recorrido a la planta	
Volqueta	Tiempo
Amarilla	15:38
Roja	16:29

Tiempos tomados InSitu de la Perforadora:

Barreno	tiempo (min)		
	varilla 80cm	160cm	240cm
1	2:09	2:13	2:24
2	2:25	2:30	2:34
3	2:16	2:35	2:38
4	2:15	2:20	2:25
5	2:19	2:10	2:29
6	2:22	2:04	2:25
7	2:08	2:33	2:26
8	2:12	2:07	2:12
9	2:14	1:56	2:30
10	2:16	2:15	2:19



Norte

Megamaxi

Ave. del Bombero

Cantera Borcons

Riocentro Ceibos

Via Perimetral

©2010 Google

Alt. ojo 1.53 km

Image © 2011 GeoEye
© 2011 LeadDog Consulting
© 2011 Europa Technologies

2°10'42.23" S 79°56'27.29" O elevación 40 m

2002
Fechas de imágenes: 6/29/2010

Bibliografía

Apuntes del Seminario de Graduación "Vías de comunicación" dictado por el Ing. Eduardo Santos.

Manual de rendimiento 2000, edición 31

Autor: CATERPILLAR

Texto: Manual de Perforación y Voladura

Autor: López Jimeno

Texto: Apuntes de curso de perforación y Voladura

Autor: Proaño Cadena Gastón Nicolás, 1995

Página web de Caterpillar: www.cat.com

Página web de Atlas Copco: www.atlascopco.com



C.I.B.