

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE GEOLOGÍA, MINAS Y GEOFÍSICA  
DEPARTAMENTO DE MINAS  
ENTRENAMIENTO PROFESIONAL

**SELECCIÓN DE EQUIPOS DE ARRANQUE, CARGA, ACARREO Y  
PROPUESTA DEL FLUJOGRAMA DE LA PLANTA DE PREPARACIÓN  
MECÁNICA DEL MINERAL, PARA EL PROYECTO DE EXPLOTACIÓN  
DE CUARZO EN LA CONCESIÓN EL MIAMO ESTADO BOLIVAR.**

Autor: Br. Karla Escalante  
Br. Rafael Reyes  
Tutor Industrial: Ing. Gilberto Delgado  
Tutor Académico: Prof Aleida Arévalo

Caracas, Febrero 2010

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE GEOLOGÍA, MINAS Y GEOFÍSICA  
DEPARTAMENTO DE MINAS

Entrenamiento Profesional 2009

**SELECCIÓN DE EQUIPOS DE ARRANQUE, CARGA, ACARREO Y  
PROPUESTA DEL FLUJOGRAMA DE LA PLANTA DE PREPARACIÓN  
MECÁNICA DEL MINERAL, PARA EL PROYECTO DE EXPLOTACIÓN  
DE CUARZO EN LA CONCESIÓN EL MIAMO ESTADO BOLIVAR.**

Autor: Karla Escalante  
Rafael Reyes

Tutor Industrial: Ing. Gilberto Delgado

Tutor Académico: Prof. Aleida Arévalo

Fecha: Enero 2010.

## **RESUMEN**

El presente informe da a conocer los conocimientos y resultados obtenidos en el desarrollo de una pasantía profesional realizada en la empresa E.B.S. Minera Nacional C.A., durante el periodo, comprendido entre los días 20 de Julio al 12 de Septiembre de 2009, de esta manera se cumple con el requisito de la materia Electiva Entrenamiento Profesional, que se encuentra propuesta en el plan de estudio de Ingeniería de Minas. El resultado de la pasantía es una selección de equipos de arranque, carga y acarreo y la propuesta del flujograma de la planta de preparación mecánica de mineral, para el Proyecto de explotación de cuarzo en la Concesión El Miamo, estado Bolívar. El trabajo de pasantía se realizó en dos etapas. En La primera se llevo a cabo la selección y cálculo de producción horaria de los equipos de arranque, carga y acarreo del mineral, de igual manera se llevo a cabo el trazado de una ruta con la cual se realizó el cálculo de los tiempos de acarreo necesarios para el transporte del mineral desde los patios de almacenamiento ubicados en los frentes de explotación hasta la planta y en la segunda se diseñó el flujograma de la planta de preparación mecánica del material bajo las condiciones impuestas por las características del material y las dadas por la empresa resultados obtenidos de investigaciones previas, en el mismo se describe todo el sistema mediante el cual, el cuarzo será tratado para poder ser vendido a la industria siderúrgica.

Palabras clave: selección, producción, tractor, cargador, ruta, trituradora, flujograma.

## Índice

	Pág.
Introducción	7
Capítulo I Generalidades	9
1.1 Planteamiento Del Problema	10
1.2 Objetivos De La Investigación	
1.2.1 Objetivo General	
1.2.2 Objetivos Específicos	11
1.3 Alcances	
1.4 Justificación	12
1.5 Limitaciones	
Capítulo II. Aspectos Generales de E.B.S. Minera Nacional C.A	13
2.1 Visión	14
2.2. Misión	
2.3 Organigrama	
2.4 Ubicación de la Concesión El Miamo	15
2.4.1 Ubicación relativa	
2.4.2 Ubicación geográfica	
2.5 Geografía Física de la Zona	
Suelos	
Hidrografía	16
Clima	17
Vegetación	18
2.6 Características del Depósito Mineral	20
2.7 Reservas	
2.8 Servicios que se ofrecerá en El Miamo	23
2.9 Operaciones Unitarias	
Arranque	
Carga	
Acarreo	
Capítulo III Marco Teórico	24
3.1 Geología	25

3.1.1	Geología Regional	
3.1.2	Geología Local	28
3.1.3	Geomorfología	
3.2.	Cuarzo	30
3.2.1	Origen	
3.2.2	Propiedades físicas:	
3.2.3	Descripción:	31
3.2.4	Variedades	
3.2.5	Localización:	32
3.2.6	Aplicación:	33
3.3.	Historial de la Concesión El Miamo	
3.4.	Equipos de Minería a Cielo Abierto	35
3.4.1	Tractores	
3.4.2	Tipos de Hojas de Empuje	36
3.4.3	Calculo de Producción de Hojas Topadoras	37
3.4.4.	Cargadores Frontales	40
3.4.5	Carga límite de equilibrio estático	42
3.7.2	Carga de Operación	43
3.5	Trazado de Vías	
3.5.1	Trazado de líneas de pendiente constante	
3.5.2	Velocidad de Acarreo Máxima	44
3.6	Preparación Mecánica de Minerales	45
3.6.1	Trituradora de Mandíbula	
3.6.2	Tipos de Trituradoras de Mandíbula	47
3.6.3	Partes que Componen una Trituradora de	49
	Mandíbula	
3.7	Cribado	53
3.7.1	Superficies de Cribado	
3.7.2	Elección del tipo de criba en función del material a	56
	cribar	
3.7.3	Tipos de Cribas	57
3.8	Tromel Lavador	58

Capítulo IV Marco Metodológico	60
4.1 Metodología	61
4.1.1 Tipo de Investigación	
4.1.2 Diseño de la Investigación	
4.1.3 Población y Muestra	
4.1.4 Instrumentos y Técnicas	62
4.2 Análisis de Datos	
4.2.1 Selección de Equipos	
Equipo de Arranque	
Equipos de Carga y Acarreo	64
4.2.3 Trazado de Vías	65
4.2.4 Tiempos de Acarreo	67
4.2.5 Velocidad máxima del equipo de acarreo	
4.2.6 Calculo de Producción horaria de Equipos	70
Equipo de Arranque	
Equipo de Carga y Acarreo	
4.2.7 Flujograma de la Planta de Preparación Mecánica	72
de Mineral	
Capitulo V Resultados	74
5.1 Selección de Equipos	75
Equipo de Arranque	
Equipo de Acarreo	76
Equipo de Cara	77
5.2 Trazado de Ruta de Acarreo	78
5.3 Tiempos de Acarreo	79
5.4 Velocidad Máxima del Equipo de Acarreo	82
5.4.1 Velocidad Teórica Corregida	84
5.5 Calculo de Producción horaria de Equipos	86
Equipo de Arranque	
Equipo de Acarreo	
5.6 Flujograma de Proceso de la Planta Mecánica de Mineral	87
5.6.1 Descripción del Flujograma de Procesos de la	89

Planta de Trituración	
Análisis de Resultados	92
Conclusión	95
Recomendaciones	96
Bibliografía	97

## INTRODUCCIÓN

El cuarzo es un mineral de anhídrido silícico, abundante en la corteza terrestre, en la que entra a formar parte de un gran número de rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias. Este mineral es duro, posee una alta densidad, es muy abrasivo, carece de exfoliación, tiene una fractura concoidea y una discreta divisibilidad según las caras del romboedro. Los estudios previos llevados a cabo por parte de la empresa EBS Minera Nacional C.A, indican la presencia de cuarzo en la concesión El Miamo, y su explotación será llevada a cabo para ser destinado a la industria siderúrgica para la generación de ferroaleaciones.

La Empresa Ferroatlántica de Venezuela representa un importante consumidor de cuarzo para uso metalúrgico en la zona y es su necesidad de materia prima, lo que ha impulsado a EBS Minera Nacional C.A. a desarrollar un proyecto de explotación de dicho mineral en el área, además, el proyecto brindará a habitantes de El Miamo una fuente de empleo, así como la mejora de vías de acceso y servicios públicos.

Una vez otorgada el derecho de explotación en la concesión El Miamo, la empresa requerirá adquirir equipos para el inicio de las labores de extracción del mineral, así como también la instalación de una planta que procese el cuarzo para hacer sus condiciones aptas para la venta. El trabajo realizado representa una opción sobre temas específicos en las faenas mineras, como respuesta a la necesidad antes planteada.

Este informe tiene como finalidad, dar a conocer los criterios aplicados, los cálculos y resultados obtenidos para la selección de equipos de arranque, carga y acarreo, necesarios para la puesta en marcha de la etapa de explotación de cuarzo que se encuentra presente en la parcela San Lorenzo en El Miamo, de igual manera se muestra el flujograma representativo de los procesos de preparación mecánica que

se llevaran a cabo dentro de la planta para cumplir con las especificaciones de la industria siderúrgica en cuanto a tamaños del mineral.

Esta investigación se encuentra dividida en cinco (5) capítulos los cuales se mencionan a continuación; Capítulo I Generalidades en el cual se describen los objetivos generales y específicos de la investigación; Capítulo II Aspectos Generales de E.B.S Minera Nacional C.A. en el cual se describirá las funciones de dicha empresa ; Capítulo III Marco Teórico, en este capítulo se enuncia las teorías que soportan la investigación en cuanto a la selección de equipos, calculo de producción horaria y las características de algunos equipos de trituración y lavado de minerales. Capítulo IV Marco Metodológico, en el cual se encuentra la metodología utilizada para poder cumplir con los objetivos planteados en este informe; Capítulo V Resultados, en este capítulo se mostraran los resultados obtenidos de manera detallada en la investigación.

**CAPÍTULO I**  
**Generalidades**

## **1.1 Planteamiento del Problema**

Al iniciar un proyecto de minería a cielo abierto, se debe considerar las características topográficas y geológicas, del área de explotación así como también la forma del depósito mineral, para así poder seleccionar las combinaciones de equipos más convenientes para el desarrollo de las labores de extracción. Estas consideraciones serán tomadas en cuenta para la explotación de el cuarzo presente en la parcela San Lorenzo (240 ha), el cual será destinado a la industria de las ferroaleaciones, lo que implica contemplar un tratamiento previo que cumpla las características del producto exigidas por el comprador.

Bien sea para fines técnicos o económicos todo proyecto necesita incluir las especificaciones de los equipos de arranque, carga y acarreo y como en este caso el mineral estará destinado a una industria que requiere que cumpla con condiciones específicas de tamaño, se hace imperativo la consideración de los procesos a los cuales debe ser sometido el mineral para poder ser vendido.

## **1.2 Objetivos de la Investigación**

### **1.2.1 Objetivo General**

Seleccionar los equipos de las operaciones de arranque, carga y acarreo y proponer el flujograma de proceso de la planta de preparación mecánica del mineral, para el proyecto de explotación de cuarzo de la Parcela San Lorenzo (240ha), perteneciente la concesión El Miamo estado Bolívar.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- ❖ Elaborar una revisión bibliográfica de la información existente, relativa al proyecto de explotación de cuarzo en la concesión El Miamo, estado Bolívar.
  
- ❖ Seleccionar los equipos requeridos para el arranque, carga y acarreo de acuerdo a una capacidad de producción anual dada.
  
- ❖ Elaborar una ruta para determinar los tiempos de acarreo de los equipos de carga.
  
- ❖ Calcular la producción horaria y el número de equipos de arranque, carga y acarreo basándose en las características de los equipos seleccionados y en la producción anual esperada por la empresa.
  
- ❖ Generar un flujograma que indique las etapas por las cuales será sometido el mineral, en la planta de preparación mecánica, basándose en la información referente a las características del mineral y requerimientos del comprador.

### **1.3. Alcances**

Se seleccionarán los equipos de las operaciones unitarias de arranque, carga y acarreo, se realizarán los cálculos de la producción por hora y la propuesta de un flujograma en el cual se representaran las etapas por las cuales el mineral deberá ser sometido dentro de la planta de preparación mecánica. Todos los cálculos serán basados en datos teóricos obtenidos de catálogos de diversos fabricantes o dados por la empresa.

#### **1.4. Justificación**

El proyecto de explotación de cuarzo, requiere cubrir numerosos aspectos técnicos y económicos antes de poder desarrollarse, entre estos destacan los concernientes a la elección de los equipos necesarios para las operaciones unitarias de arranque, carga, y acarreo y a su vez una descripción del proceso de preparación mecánica previa que necesita el mineral antes de poder ser comercializado.

Con la finalidad de contribuir al avance del proyecto de extracción de cuarzo en la parcela San Lorenzo, se realizará una selección de los equipos de las operaciones de arranque, carga y acarreo, además se propondrá un flujograma de las etapas por las cuales debe pasar el mineral, para poder cumplir con las condiciones mínimas para ser vendido.

#### **1.5. Limitaciones**

Una de las limitaciones encontradas y se puede decir que la única fue el tamaño del mineral, dado que para poder realizar el flujograma de la planta se debía contar con los tamaños de mayores dimensiones del todo en uno, estos tamaños se desconocían, para el momento de la realización del flujograma después de discutir un tamaño aproximado a los mostrados en las fotos de la zona de la concesión, la empresa decidió que se tomara como tamaño mayor 30" aproximadamente.

**CAPÍTULO II.**  
**ASPECTOS GENERALES**  
**DE**  
**E.B.S. MINERA NACIONAL C.A.**

## 2.1 Visión

Ser empresa garante de la soberanía minera y su rentabilidad social, en el marco del aprovechamiento sustentable de los recursos minerales.

## 2.2. Misión

Ejecutar las Políticas Públicas Mineras a través de programas y proyectos sustentables para el aprovechamiento, transformación y comercialización de los minerales y sus productos derivados que apoyen y fortalezcan irrestrictamente el ejercicio de la soberanía de nuestros recursos minerales, en el marco de un modelo de desarrollo endógeno con alto contenido conservacionista

## 2.3 Organigrama

En la Figura A se muestra el flujograma de la empresa E.P.S Minera Nacional C.A.

**Figura A.** Organigrama de La Empresa



Fuente: [www.ebmineranacional.net](http://www.ebmineranacional.net)

## 2.4 Ubicación de la Concesión El Miamo

### 2.4.1. Ubicación relativa

La concesión El Miamo está ubicada a unos 35 Km. Al Nor-este de la población de Guasipati y a unos 10 Km. al este de la población de El Miamo, jurisdicción del Municipio Roscio, al sur del estado Bolívar, el acceso se realiza por carretera asfaltada que va desde Guasipati hasta El Miamo, y a partir de éste en dirección sur-este por la carretera de Nuria, se recorren unos 5 Km., hasta el rincón de la parcela San Lorenzo (240 ha).

### 2.4.2. Ubicación geográfica

La parcela San Lorenzo se encuentra ubicada geográficamente entre las coordenadas UTM que se muestran a continuación en la tabla 1.

**Tabla Nº 1.** Coordenadas UTM Concesión el Miamo

<b>BOT</b>	<b>Denominación</b>	<b>Coordenadas UTM</b>	
B1	7838-IV-NE-10-NO	845.806,85	635.121,98
B2	7838-I-NO-8-NE	845.839,54	646.154,19
B3	7838-I-NO-18-SE	840.310,56	646.171,15
B4	7838-IV-NE-20-SO	840.278,08	635.137,67

FUENTE: FUNDAGEOMINAS (2008)

## 2.5 Geografía Física de la Zona.

### ❖ Suelos

Los primeros estudios sobre suelos que abarcan parte de estas áreas fueron realizados por el CBR-Co VG-MAC en 1961. Posteriormente en 1962, 1984, el MERNR ejecuto estudios sistemáticos que también

cubrieron esta zona. En 1985 CVG-TECMIN ejecuto estudios a escala de gran visión, a través de fotointerpretación de imágenes de radar, fotos aéreas y verificación de campo que permitieron crear una cartografía temática completa de toda la región.

Según la clasificación del Soil Taxonomy (1975) tomada del informe presentado por FundaGeominas(2008); se ordenan los suelos en seis categorías y de los cuales los más representativos de la zona de El Miamo, son los siguientes:

- Los Kanhaplustults, que corresponden a suelos moderadamente esqueléticos sobre un paisaje de lomerío bajo, con baja pendiente (<8%), moderadamente profunda (80 cm), asociados a afloramientos rocosos de textura arcillosa a franco-arcillosa, aunque localmente pueda estar mezclada con arenas.
- Asociada a la unidad anterior los suelos Quartzipsammentos y Ustorthents se encuentran con países de peniplanicies muy superficiales. Estos son suelos de topografía ondulada que puedan alcanzar entre 8-16% de pendiente con colinas y glacis.
- Los afloramientos rocosos son escasos pero la roca se encuentra a poca profundidad, consecuentemente los suelos son poco profundos. La textura varía de arenosa a franco-arcillosa; localmente se mezcla con grava de cuarzo y de colores variables en tonalidades que pueden ir del marrón al blanquecino. El pH en todos os casos es acido.

#### ❖ **Hidrografía**

La zona de El Miamo se encuentra ubicada en la cuenca hidrográfica del río Miamo. La zona esta bisecada por pequeñas quebradas de corriente permanente y por líneas de drenaje intermitente y estacional. Todos estos drenajes constituyen tributarios de primero y segundo orden que desembocan sobre la parte izquierda hidrográfica del río Miamo. Este último, que en conjunto forma cuenca de drenaje

dendrítico, denso es de bajo caudal durante la época de sequía, pero que durante el invierno aumenta su caudal rápidamente.

El río Miamo drena en sentido norte-sur y desemboca sobre la margen izquierda del río Yuruari en su cuenta media-baja después de la desembocadura del río Carichapo. El río Yuruari drena en sentido noroeste-sureste y desemboca en el río Cuyuní.

La parte central de la Concesión está limitada por una serranía en dirección norte-sur que delimita dos cuencas, en la parte oeste, la red de drenaje formada de la cuenca del río El Miamo, localizado en el borde oeste de la concesión solicitada. Los afluentes del área corren en dirección sur-oeste, formando un patrón dendrítico a subangular, debido al control de las estructuras geológicas. En la parte este, la red de drenaje forma la cuenca del río Caballape, que corre en dirección sur-este para luego desembocar en el río Yuruari.

#### ❖ **Clima**

La clasificación del clima, según Holdridge tomada del informe presentado por FundaGeminas (2008), corresponde al tipo zona de Transición entre Bosque muy Seco Tropical y Bosque Seco Tropical.

Según las características de la unidad de Upata, los principales parámetros de la zona son: precipitación, evaporación, temperatura, humedad relativa e insolación, los cuales pueden resumirse de la siguiente manera

1. Temperatura: la temperatura media mensual es de 24.6 °C, para un registro de datos de 1980 a 1993, con la temperatura media mínima en el mes de enero y la media máxima en el mes de septiembre, valores de 23.6 °C y 25°C, respectivamente.
2. Humedad Relativa: La humedad relativa media mensual es de 84% para un registro de datos de 1980 hasta 1993; con la media mas baja en los meses de marzo y abril (77% en ambos meses) y la

más alta en los meses de junio, julio y agosto (87%, 88% y 87% respectivamente).

3. Precipitación: la precipitación media anual de la zona es de 1.211 mm para un registro de 30 años (periodo 1963 – 1993); el periodo seco que comprende los meses de enero a abril, siendo febrero el mes más seco (promedio: 36.6 mm) y un periodo húmedo que comprende los meses de mayo a diciembre, siendo junio el mes más lluvioso (promedio 217.4mm).
4. Evaporación: la evaporación promedio anual para la zona es de 1.909 mm, según el registro de datos de 24 años (1969 – 1993); los meses con mayor evaporación son los meses de marzo y abril (191 mm y 197mm, respectivamente) y la mínima evaporación media mensual para el periodo en cuestión corresponde al mes de diciembre con 130 mm.
5. Insolación: En cuanto a la insolación se tiene que para el periodo 1980-1993 la media anual es de 2440 horas y los valores medios mensuales máximos y mínimos corresponden a los meses de octubre y junio (227 horas y 174 horas, respectivamente).
6. Presión Atmosférica: presenta media anual de 1011 mb e un periodo de 25 años (1972-1997) y max mensual (febrero a junio y min en agosto- septiembre, con valores de 1012-1013 mb y 1010,4- 1011,2 mb respectivamente).

#### ❖ **Vegetación**

Los estudios realizados por CVG (1984-1986) y por CVG-TECMIN (1988 en adelante), determinaron la presencia en el área de las siguientes unidades de formaciones vegetales:

- Sabana graminosa, arbustiva y matorrales densos sobre una peniplanicie con un bioclima de tipo Tropófilo macrotérmico, en el cual las especies vegetales más concurrentes son aquellas con forma de vida de tipo herbáceo, con dominancia de gramíneas y Cyperáceas.
- El estrato herbáceo está interrumpido por la presencia de individuos de especies como el Chaparro (*Curatella americana*), acompañado de Chaparro Mantecal (*Byrsonima crassifolia*), Manteco Merey (*B. Coccolobifolia*), Mandinga (*Roupala Montana*), Guayaba Sabanera (*Psidium araca*), Chaparrote (*Policourea sp.*).
- En los matorrales, la vegetación es leñosa y más abundante, con cobertura más densa y altura entre 3 y 8 metros. Las especies más representativas son la Cacia sp. (Rancho Espinosa) y la Fruta de burro (*Xylopia aromática*).
- La segunda unidad de formación vegetal más abundante está representada por un estrato herbáceo con gramíneas perennes, dispuestas en macollas y entre las variedades. Las especies arbóreas que se tienen: Fruta de burro (*Xylopia aromática*), Caruto (*Genipa americana*), Tortolito (*Casearia sylvestris*), etc.
- La tercera formación vegetal corresponde a Bosques de Galería en paisaje de valles. Esta formación vegetal se encuentra adyacente a los cursos de agua, que se encuentran en los diferentes tipos de sabanas. En los bosques de galería generalmente encontramos una estratificación con dos pisos, alcanzando el mayor, una altura de hasta dieciocho (18) metros y el inferior tiene una mayor densidad que el más alto.

## 2.6. Características del Depósito Mineral

El mineral cuarzo se encuentra esparcido en la superficie de la parcela San Lorenzo, éste se presenta en forma de bloques y/o fragmentos de tamaños variables como se puede apreciar en la figura B.

**Figura B.** (Izquierda y derecha) Vista general de cuarzo en la concesión El Miamo.



Fuente: E.B.S. Minera Nacional.

## 2.7. Reservas

Estas reservas fueron obtenidas de los resultados de exploración realizados en la parcela San Lorenzo, El Miamo. Llevadas a cabo por Funda Geominas en septiembre del 2008, realizando calicatas y sondeos en la zona.

Dicha exploración dio como resultado la existencia de reservas de cuarzo útiles para la construcción y para la industria siderúrgica, estas reservas se encuentran plasmadas en la tabla N° 2; en la cual la columna numero 5 en sentido de izquierda a derecha, muestra las reservas que pueden ser destinadas para fines de construcción la cual es de

aproximadamente 13097 t , luego tenemos las dos ultimas columnas en este mismo sentido, las cuales describen las reservas de cuarzo en tamaños, la columna N°7 corresponde a tamaños entre 1” a 5” la cual posee reservas de 10028 aproximadamente y en la siguiente columna se encuentran las reservas de bloque mayores a 5” los cuales son calculados en reservas de 35874 t; con lo cual se tienen reservas de 45902 t dirigidas a la industria siderúrgica; dando de la sumatoria de las todas estas reservas un total de 58999 t presentes en la parcela San Lorenzo en 240 ha. Estas reservas son clasificadas como reservas probables.

Estas reservas fueron suministradas por la empresa EBS Minera Nacional C.A. para la realización de este informe, estas reservas fueron calculadas por parte de la empresa FUNDAGEOMINAS.

**Tabla N° 2. Reservas de Cuarzo / Parcela San Lorenzo, El Miamo**

Sector	Área (ha)	Espesor Prom. Capa de Cuarzo (cm.)	% Ocurrencia Cuarzo $\left(\frac{1''}{4} < 1''\right) \left(\frac{Kg}{m^2}\right)$	Volumen Cuarzo (ton)	%ocurrente cuarzo $(1''-5'') \left(\frac{Kg}{m^2}\right)$	Volumen cuarzo (ton) $(1''-5'')$	Volumen cuarzo Bloques > 5'' (ton)
1	12.00	5.39	61.68 (44.39)	5327	14.00 (0.58)	1150	64 (0.53)
2	3.10	10.20	32.49 (44.38)	1376	42.50 (58.06)	1800	1000 (32.26)
3	2.80	6.68	49.40 (44,10)	1237	25.59 (22.90)	641	25 (0.89)
4	0.63	6.00	55.65 (44.28)	279	19.78 (15.87)	100	50 (7.94)
5	3.25	6.60	49.75 (44.27)	1439	25.24 (22.46)	730	40 (1.23)
6	3.00	6.81	48.78 (44.30)	1329	26.21 (23.80)	714	35 (1.17)
7(Norte)	16.20	22.5	35.24 (11.73)	1900	31.08 (21.52)	3487	30000 (185.19)
7(Este)	7.00	7.00	15.19 (3.00)	210	74.20 (20.09)	1406	4660 (60.57)
Sub-Total de reservas				<b>13097</b>		<b>10028</b>	<b>35874</b>
Sumatoria columna 7 y 8							<b>45902</b>
Total de Reservas							<b>58999</b>

Fuente: FUNDAGEOMINAS

## **2.8. Servicios que se ofrecerá en El Miamo**

La producción anual de cuarzo será de 240.000 toneladas métricas, se destinaran 210000 Tm/año del total de producción para ser vendidas a la empresa Ferroatlántica de Venezuela, la cual exige tamaños del material, esta materia prima será utilizada para la fabricación de ferroaleaciones. Para ello requerirá tamaños de material comprendidos entre intervalos, de ¾" a 2" pulgadas y de 2" a 6" pulgadas, los que respectivamente constituyen el 12,5% (30000 Tm/año) y 75,0% (180000 Tm/año) del total que recibirá la planta de trituración que estará ubicada en la concesión El Miamo.

## **2.9. Operaciones Unitarias.**

- **Arranque**

En la concesión El Miamo se realizará la explotación mediante minería a cielo abierto, utilizando un tractor, el cual llevara a cabo el apilamiento del material, diseminado en la superficie.

- **Carga**

Esta se llevara a cabo mediante el uso de cargador frontal, el cual tomará material de las pilas y cargará los equipos de acarreo.

- **Acarreo**

El acarreo del material se hará desde patios de apilamiento cercanos a los frentes de explotación, hasta el patio de alimentación de la planta de trituración.

## **CAPITULO III**

### **MARCO TEÓRICO**

### **3.1. GEOLOGÍA**

#### **3.1.1. Geología Regional**

Según el informe de FundaGeominas (2008) ubica a la región de El Miamo desde el punto de vista geológico en la Provincia de Pastora. La zona de falla de Gurí-Santa Bárbara marca el límite norte de la Provincia de Pastora con Imataca, mientras que la parte sur se encuentra cubierta por las rocas sedimentarias de la provincia Geológica de Roraima. Hacia el este se extiende por la Zona en Reclamación y la República de Guayana.

Un rasgo muy notable de esta Provincia consiste en que las series volcano-sedimentarias que la constituyen, han sido intrusionadas por grandes domos graníticos sódicos y grano-dioritas, formando arqueamientos muy conspicuos, producidos por el denominado Complejo Intrusivo de Supamo.

Los Cinturones de Rocas Verdes de esta Provincia están constituidos, en términos generales, por sedimentos químicos y clásticos transicionales de plataforma y flujos subordinados de rocas volcánicas, incluyendo espesas secuencias turbidíticas de origen orogénico.

Su estructura es muy compleja y ha sido afectada, al menos, por tres fases de plegamiento, metamorfismo regional e intrusiones graníticas. Las fases primeras desarrollaron pliegues isoclinales y recumbentes con estructuras de falla inversa y transposición, relacionadas con arcos dómicos y tectónica tangencial. Los eventos tecto-termales primigenios, con desarrollo de metamorfismo regional, están ligados a la antes mencionada orogenia del proterozoico Inferior (Ciclo Transamazónico).

Las intrusiones graníticas más jóvenes (de 1300 a 1500 millones de años) cortan tanto al Complejo Granítico como a los Cinturones de Rocas Verdes y el último evento reconocible hasta la fecha, es debido a la orogenia del Proterozoico Superior (Ciclo Orinoquense) que conforma la evolución poli-cíclica de estos Cinturones de Rocas Verdes.

La geología local está constituida por las unidades litológicas de la formación Caballape, la cual forma la parte superior de la secuencia Volcano-sedimentaria del Cinturón de Rocas Verdes de El Callao. Desde el punto de vista estratigráfico, la formación Caballape se ubica en la parte basal del Grupo Botanamo y aparece en discordancia sobre la formación El Callao y Yuruari.

Según Menéndez (1972), la litología de la Formación Caballape está compuesta por limonitas volcánicas laminadas y compactadas. Ftanitas y Tobas silicificadas, las cuales se intercalan con Grauvacas volcánicas de grano medio a conglomerático.

En la región de El Miamo, la secuencia alcanza su mayor extensión hacia el contacto nor-este del Complejo Supamo y con las intrusiones de granito asociadas a las numerosas inyecciones y vetas de cuarzo e importantes acumulaciones de cuarzo diseminado.

En la Región Guasipati no existe un grado estructural definido. El espacio dejado entre las masas dómicas del Complejo de Supamo está ocupado principalmente por las rocas del Supergrupo Pastora, que han sido afectadas por un plegamiento isoclinal recumbente, con planos axiales casi paralelos a los bordes de los domos, aproximadamente a una forma anular y una longitud de onda de hasta un kilómetro.

❖ *Esquistos*

Roca homogénea de grano muy fino a fino, algunas veces medio, con orientación general de tenue a buena, algunas veces con foliación esquistosa, con fractura plana y de color verde grisáceo intermedio a gris verdoso oscuro.

❖ Arqueamiento de Guasipati- El Miamo

Consiste de tres a cuatro domos, hacia el sur y oeste; se encuentran en contacto con la Formación Yuruari y en otros sitios con anfibolitas del Grupo Caripacho.

En el área cercana al estudio afloran esquistos verdes oscuro a azulado a marrón, dependiendo de la presencia de óxidos de hierro, con foliación milimétrica a centimétrica, dispuestas en laminas apiladas entre sí, a veces compactas y con apariencia masiva. El origen de estas rocas puede provenir del metamorfismo de una secuencia volcano-sedimentaria, principalmente de lavas y tobas máficas. Este metamorfismo corresponde a la epizona de la facie de los esquistos verdes, la cual se caracteriza por su apariencia de clorita, epidota y anfíbol (tipo actinolita).

Otras “lajas” que ocurren en el área son las “Piedras Blancas” que presentan la forma de lentejares alargados con espesores de aproximadamente 50 cm a un metro y varias docenas de metros de longitud; de estructura masiva, más compacta, con una marcada foliación por la aparición de alineamientos de planos, granos de tamaños finos a medios, y minerales de mica, fengita, sericita o moscovita presentando diminutos puntos brillantes indiscentes. Son de color crema con diferentes tonalidades que varían desde el rosado a beige claro o gris. Su origen está relacionado con las tobas felsicas con alto contenido de feldespato potásico, afectadas por el metamorfismo regional, que permitió la neoformación de las micas, sericita y fengita.

### **3.1.2 Geología Local**

Partiendo del informe presentado por FundaGeominas especifica que el área de estudio forma parte de una planicie de pendientes suaves de bajo grado, observándose una vegetación típica de sabana alternándose en los drenajes intermitentes de baja parte con bosques de galería. Se aprecia en la parte superior o en la superficie, presencia de cuarzo de diferente tamaño, sobre un horizonte de suelo con cascajo, con espesor variable, desde la parte alta (lomas o colinas) hasta la parte más baja, variando así desde unos cuatro (4) cm. de espesor a unos veinte (20) cm de espesor, respectivamente, presentando una proporción por volumen de 50-50 cuarzo / suelo.

Infrayacente a este suelo con cascajo, se observó una capa de suelo residual de coloración rojo-moteado con intrusiones / vetas de cuarzo de espesor pequeño (3-8 cm.). Además se observó el afloramiento de la roca volcánica que alcanza la facie metamórfica de los esquistos verdes.

### **3.1.3 Geomorfología**

El área de la concesión está enmarcada en un paisaje de peniplanicies bajas y suavemente onduladas sometidas a un proceso de meteorización intenso que generó la formación del yacimiento en cuestión; se caracterizan por estar cubiertas de vegetación de sabana. El sustrato geológico está representado por rocas de origen volcánico a partir de las cuales se formaron las acumulaciones de cuarzo, los principales rasgos litológicos están meteorizados y presentan un patrón subrectangular en rocas de origen volcánico.

Son escasos los estudios geomorfológicos realizados sobre la zona de El Miamo y sus alrededores. La mayoría de los trabajos fueron hechos

orientados hacia la parte de geología, entre los cuales se encuentran varios autores: Bellizia (1969), Korol (1961), Espejo (1972), Menéndez (1972 y 1976), Mendoza (1977). Todos estos trabajos son de carácter geológico y a una escala que no particulariza nada sobre El Miamo. Los trabajos más recientes fueron realizados por el Ministerio del Ambiente y Los Recursos Naturales Renovables (1983); posteriormente CGV TECMIN publicó el Inventario de los Recursos Naturales Renovables de la Región Guayana, incluyendo los estudios geomorfológicos.

En esta área se distinguen tres fuentes importantes de relieve: colinas, glaciares coluviales y vegas.

**Colinas:** desde el punto de vista regional, entre el valle del río El Miamo y las primeras pendientes de Nuria, el paisaje se conforma por colinas alargadas en dirección norte-sur; poseen un perfil convexos suaves debido a los procesos de denudación, las pendientes son variables de 8 a 15%, la erosión que afecta la superficie se da por escurrimiento difuso, la vegetación es herbácea, arbustiva y localmente se encuentran especies arbóreas.

**Glaciares Coluviales:** se encuentra en la parte baja de las colinas, generando por escurrimiento difuso conformando planos inclinados continuos y perfiles plano-cóncavos o rectilíneos; puede ser fácilmente inundable (laguna) con pendientes suaves de 0% hasta 10%. La vegetación característica es herbácea arbustiva.

**Vegas:** forman estrechas franjas a lo largo de los cursos de agua; son susceptibles a inundaciones en épocas de lluvia, la vegetación esta representada por bosques de galería.

A las peniplanicies se asocian paisajes de lomeríos con lomas separadas por la presencia de quebradas con bosques de galería en

pequeños valles. Es característica en la zona la presencia de los afloramientos rocosos en las zonas de quebradas y donde la topografía se hace más baja.

### **3.2. CUARZO**

El nombre que recibe este mineral deriva de la palabra alemana *quars*, nombre dado por los mineros de Sajonia y Bohemia. El libro *De re metallica*, J. Agrícola, es uno de los más antiguos en que aparece esta denominación.

#### **3.2.1 Origen:**

Cristaliza directamente del magma a partir del estadio pegmatítico-neumatolítico hasta el hidrotermal de baja temperatura; está presente por igual en las rocas plutónicas (granitos, granodioritas, tonalitas) como en las hipoabisales (pórfidos, pegmatitas).

El cuarzo de origen magmático se separa en forma de granos irregulares, por ejemplo, en los granitos, siendo en éstos y en las pegmatitas, junto con los feldespatos, el principal constituyente de las rocas. Durante la formación hidrotermal, el cuarzo es el mineral de filones más propagado.

#### **3.2.2. Propiedades físicas:**

Posee un sistema romboédrico. Presenta hábito masivo, prismático o en agregados y cuenta con una dureza igual a siete (7) en la escala de Mohs. Su densidad promedio es igual a  $2,54\text{gr/cm}^3$ . De acuerdo a la presencia de impurezas, su color puede variar de incoloro hasta matices de blanco, gris, rosado, verde y lila, generalmente con un brillo vítreo en las caras y craso en las fracturas.

### 3.2.3. Descripción:

Es un mineral de anhídrido silícico cuya fórmula química es  $\text{SiO}_2$ , ésta estructura le permite ocho maneras diferentes de ordenarse espacialmente; es muy abundante en la corteza terrestre en la que entra a formar parte de un gran número de rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias. Entre las primeras abunda en granitos, riolitas, pegmatitas, etc. En los gneises es un mineral fundamental, así como en las ortocuarcitas. El cuarzo común es la forma  $\alpha$ , estable hasta  $573^\circ\text{C}$ ; por encima de esta temperatura es estable la forma  $\beta$  hexagonal, conservada paramórficamente sólo en rocas volcánicas.

El cuarzo es duro, ligero, carece de exfoliación pero tiene fractura concoidea y una discreta divisibilidad según las caras del romboedro. Es extremadamente piezoeléctrico y piroeléctrico. Es infusible e insoluble en los ácidos a excepción del ácido fluorhídrico, en el que se descompone produciendo vapores de tetrafluoruro de silicio gaseoso; es atacable por las bases fuertes. Artificialmente puede obtenerse hasta en cristales de gran tamaño de diferentes maneras, y está extraordinariamente extendido como arena y gravas.

### 3.2.4. Variedades

Cristal de roca: incoloro, transparente, presente en grietas de gneises, mármoles, drusas de pegmatitas y en grietas de filones de minerales metalíferos.

Cuarzo ahumado: pardo a negro, transparente a opaco; presente en los mismos lugares que el cristal de roca.

Amatista: violeta; en cavidades de burbujas de rocas eruptivas, en grietas, en filones de minerales metalíferos y en geodas.

Citrino: amarillo; raro en pegmatitas, algunas variedades cristalinas pueden confundirse con cristales de topacio.

Cuarzo rosado: color rosa; cristales raros; común en pegmatitas.

Cuarzo lechoso: blanco; turbio por inclusión de líquidos; muy común, especialmente presente en filones hidrotermales.

Calcedonia: agregados duros, con estructura fibrosa microscópica arriñonados, costras; como revestimiento de oquedades en rocas eruptivas y filones de minerales metalíferos, también formando yacimientos en rocas de sedimentación; de coloración muy variada: rojo a pardo rojo (Corneola); verde (Crisoprasio); azul, gris (Ágata) revistiendo oquedades amigdaloides y mostrando capas concéntricas de diferentes colores; Ónice: variedad de Ágata con franjas blanquinegras. *Pedernal* o Sílex.

### **3.2.5 Localización:**

Existen depósitos de cuarzo y cuarcita en los estados Carabobo y Anzoátegui, en Cojedes cuarzo aluvional, y en Bolívar depósitos de cuarzo masivo.

Los depósitos del estado Carabobo se presentan como lentes y masas de cuarzo semihialino con espesores que en muchos casos superan los 3 m, asociados con esquistos y filitas de la Formación Las Brisas. Los mejores depósitos se ubican entre las poblaciones de Bejuma y Miranda, Carabobo occidental.

Aún cuando hasta el momento no se han efectuado estudios evaluativos detallados, estos depósitos parecen constituir una importante reserva de materia prima en vista de su excelente calidad, para la fabricación de silicio metálico y ferrosilicio.

En Anzoátegui septentrional se ubican cuarcitas de alta calidad de la Formación Barranquín. Los depósitos se presentan como rocas homogéneas, muy ricas en cuarzo semiredondeado y con bajos porcentajes de hierro y alúmina. Estratigráficamente se presenta como

niveles clásticos asociadas con secuencias de lutitas y areniscas arcillosas de la Formación Barranquín, una gruesa unidad del Cretáceo que constituye la base del Grupo Sucre, el cual aflora extensamente a todo lo largo de Anzoátegui septentrional y Sucre occidental.

### **3.2.6 Aplicación:**

Es muy importante en la elaboración del "cristal de cuarzo", grandes placas para la radiotecnica y la óptica ultravioleta, fabricación del vidrio, etc. El cuarzo macrocristalino se emplea en numerosos aparatos de óptica. Debido a sus propiedades piro y piezoeléctricas es fundamental en la industria electrónica de precisión (una aplicación de las más conocidas es el reloj de cuarzo). Las variedades coloreadas se usan en joyería. El cuarzo microcristalino se usa como piedra de adorno (semipreciosa) y el sílex, debido a su dureza, fue empleado por el hombre prehistórico para fabricar utensilios y armas. También es usado como agente aleante en la industria de las ferroaleaciones, para mejorar las propiedades del acero, contrarrestando los efectos del azufre.

### **3.3. Historial de la Concesión El Miamo**

**05-08-2005.** Se concede la Autorización de Ocupación del Territorio (A.O.T.) a PIEDORMAC, C.A. del lote PIEDORMAC- EL MIAMO (6.100,02 has).

**09-07-2007.** PIEDORMAC, C.A. presenta el proyecto de "Producción de Cuarzo para Uso Metalúrgico".

**22-08-2007.** Carta de intención de constitución de una empresa mixta entre PIEDORMAC, C.A. y EPS Minera Nacional.

**23-08-2007.** Según comunicado emitido por PIEDORMAC, C.A. la EPS Minera Nacional solicitó en esta fecha el DERECHO MINERO a la

Dirección General de Concesiones Mineras con exposición del proyecto y copia del documento de intención de formar una empresa mixta.

**28-09-2007.** Solicitud de servicios por parte de EPS Minera Nacional a FUNDAGEOMINAS, para el estudio de factibilidad en la parcela San Lorenzo (240 has) pertenecientes al lote MIAMO 1 (6.100,02 has).

**30-10-2007.** Respuesta a EPS Minera Nacional por parte de FUNDAGEOMINAS con motivo a la solicitud de fecha 28-09-2007.

**07-11-07.** PIEDORMAC, C.A. renuncia a la Autorización de Ocupación del Territorio (A.O.T.) del lote PIEDORMAC- EL MIAMO (6.100,02 has), traspasando cualquier derecho sobre este a EPS Minera Nacional.

**09-11-2007.** EPS Minera Nacional solicita la Autorización de Ocupación del Territorio (A.O.T.) del lote MIAMO 1.

**13-11-2007.** Se le concede a EPS Minera Nacional la Autorización de Ocupación del Territorio (A.O.T.) del lote MIAMO 1.

**29-01-2008.** Emisión de informe sobre la visita al Estado Bolívar por parte de funcionarios de EPS Minera Nacional, en el cual se evalúa la posible alianza estratégica con Ferroatlántica de Venezuela para la extracción y venta de cuarzo con fines metalúrgicos.

**25-02-2008.** Solicitud de afectación de los Recursos Naturales en la parcela San Lorenzo (solicitud archivada mas no firmada).

**05-03-2008.** Análisis del primer informe entregado por FUNDAGEOMINAS por parte de EPS Minera Nacional.

**28-05-2008.** Entrega del segundo informe emitido por parte de FUNDAGEOMINAS sobre el estudio geológico y ambiental realizado en la parcela San Lorenzo (240 has).

### **3.4. Equipos de Minería a Cielo Abierto**

Según Caterpillar Performarce Handbook (2008) se definen los siguientes equipos

#### **3.4.1 Tractores de Oruga**

Estos equipos cuentan con una hoja de empuje frontal, la misma puede moverse a través de un control hidráulico permitiéndole excavar y empujar materiales. Es posible encontrar en el mercado una gran variedad de equipos, con diferentes tamaños y montados sobre neumáticos u orugas, todo esto con el fin de satisfacer los diferentes requerimientos del usuario y las condiciones de trabajo.

El uso de los tractores es muy común en minería a cielo abierto, donde puede encargarse del arranque y/o empuje de material, construcción y mantenimiento de vías, relleno y mantenimiento de escombreras, abertura de cunetas para drenaje de agua, movimiento de cables y accesorios de equipo pesado, rellenos sanitarios, entre otros.

El rendimiento del tractor depende de una adecuada relación entre la hoja empujadora y él mismo, pero esto a su vez dependerá de las condiciones de trabajo, las características del material y las restricciones que tenga el equipo.

La principal limitación de un tractor recae en su capacidad de empuje, la cual está dada por su peso y potencia; otros componentes capaces de afectar el desempeño del equipo son las condiciones del terreno y las características del material, éstas últimas pueden facilitar o

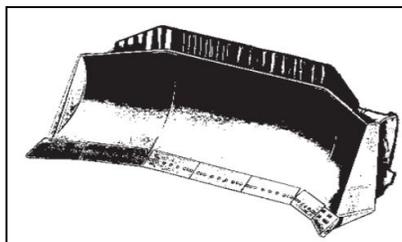
dificultar la operación de arranque o empuje de acuerdo al grado o magnitud de las mismas; entre las más importantes destaca la porosidad, la cantidad de agua, el tamaño y la forma de la partícula.

### 3.4.2 Tipos de Hojas de Empuje

- **Hoja “U” (Universal)**

Los amplios flancos de esta hoja de acuerdo a la **Figura C**, facilitan el empuje de grandes cargas a largas distancias, como en trabajos de recuperación de terrenos, apilamiento, alimentación de tolvas y amontonamiento para cargadores, sin embargo no tiene muy buena penetración debido a que posee la menor relación potencia/distancia si se le compara con la Hoja S o la hoja SU, a pesar de ello, ésta hoja es excelente con material liviano o más fácil de empujar.

**Figura C.** Hoja Topadora “U”.



Fuente: Manual de Rendimiento de Equipos Caterpillar.

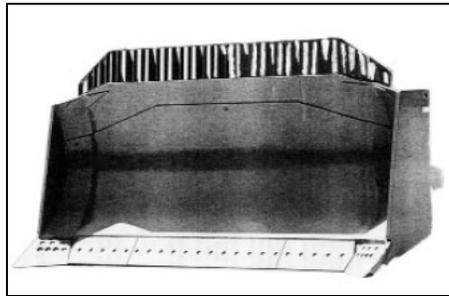
- **Hoja “S” (recta)**

Entre todas las hojas ésta es la más adaptable. Al ser más pequeña que la hoja “U” o “SU”, su manejo es más fácil permitiéndole empujar una gran variedad de materiales, sumado a esto tiene una mayor relación potencia/distancia de cuchilla lo que le otorga mejor penetración y recoge buenas cargas. Un cilindro de inclinación mejora su rendimiento y su versatilidad. Debido a su mayor relación de potencia/volumen, ésta hoja puede mover con facilidad materiales densos.

- **Hoja “SU” (semi-universal)**

Combina las mejores características de las hojas anteriores. Tiene mayor capacidad por poseer alas cortas que incluyen sólo las cantoneras según la **Figura D**. 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. Un cilindro de inclinación aumenta la productividad y versatilidad de esta hoja. Equipada con una plancha de empuje, es buena para cargar traíllas.

**Figura D.** Hoja Topadora “SU”.



Fuente: Manual de Rendimiento de Equipos Caterpillar.

### 3.4.3. Calculo de Producción de Hojas Topadoras

El Manual de Rendimiento de Equipos Caterpillar, sugiere el cálculo de la producción por hora de las hojas topadoras, a través de gráficas y factores de corrección; que dependen del equipo elegido, la distancia recorrida y las características propias de la operación a realizar.

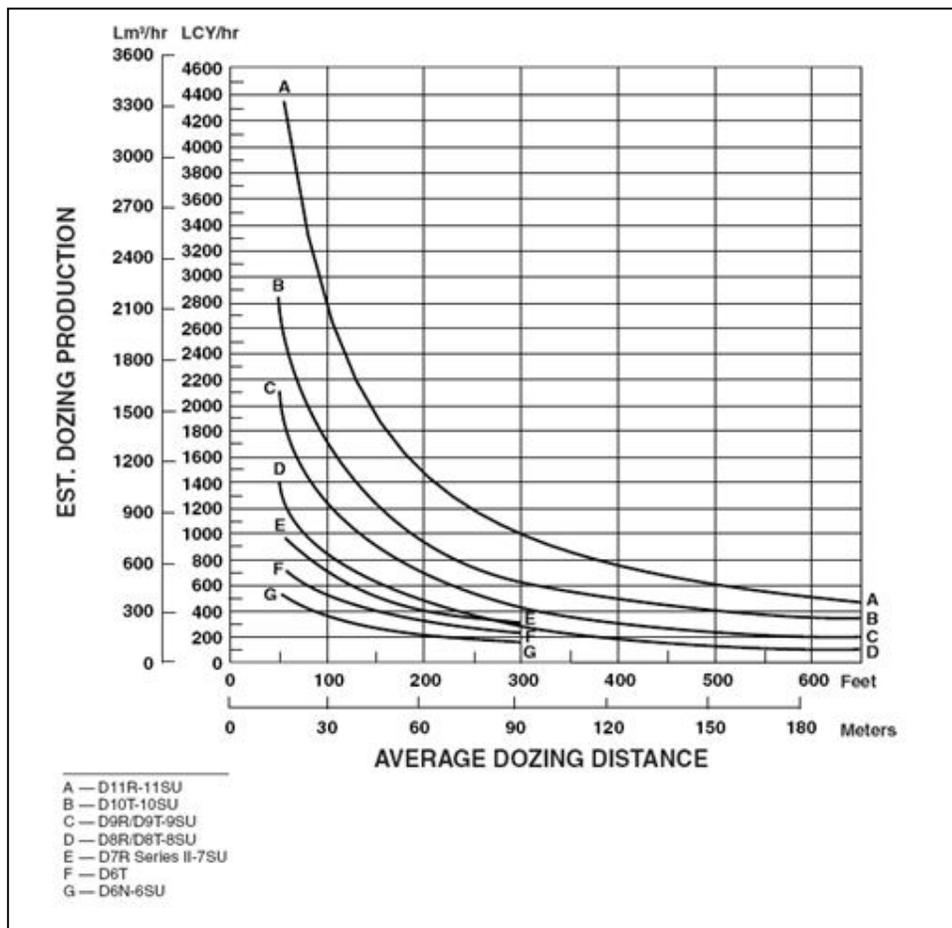
El sencillo planteamiento del Manual de Rendimiento se resume en la ecuación **(1)**, donde la producción máxima se obtiene de la Grafica 1 y los factores de corrección de la ecuación **(2)**.

$$\boxed{\text{Producción (m}^3\text{- sueltos/hr)} = \text{Producción Máxima} \times \text{Factores de Corrección.}} \quad (1)$$

Caterpillar ha elaborado gráficas como se muestra en la Gráfica **(1)** que permiten estimar la producción horaria de las hojas o topadoras en

metros cúbicos, como función de la distancia recorrida y para cada uno de sus diversos equipos. La producción máxima no corregida presentada en la Gráfica 1; está hecha en base a una eficiencia del 100%, con una distancia de excavación y empuje de quince (15) metros, un material cuya densidad es de 1.370 Kg/m<sup>3</sup> suelto y con un coeficiente de tracción mayor o igual a 0,5.

**Gráfica 1.** Producción Calculada – Hoja Semiuniversal – D6N hasta D11R



Fuente: Manual de Rendimiento de Equipos Caterpillar.

Los factores de corrección, tienen el propósito de ajustar a la realidad la producción máxima del equipo, disminuyéndola o aumentándola de acuerdo a las características de la operación; entre los

factores más importantes destacan: el Factor del Operador (FO), el Factor del Material (FM), el Factor de Empuje (FE), el Factor de Visibilidad (FV), el Factor de Eficiencia en el Trabajo (FT) y el Factor de Pendiente (FP), los cuales se ven representados en la ecuación (2).

$$\text{Factores de Corrección} = FO \times FM \times FE \times FV \times FT \times FP \quad (2)$$

De acuerdo a las condiciones de trabajo, se presentan en la **Tabla 3** los factores de corrección estipulados para cada caso.

**Tabla 3.** Factores de Corrección según las condiciones de trabajo.

FACTOR	CONDICIÓN	TRACTOR DE CADENAS	TRACTOR DE RUEDAS
OPERADOR	Excelente	1,00	1,00
	Buena	0,75	0,60
	Deficiente	0,60	0,50
MATERIAL	Suelto y amontonado	1,20	1,20
	Difícil de cortar; congelado		
	Con cilindro de inclin. lateral	0,80	0,75
	Sin cilindro de inclin. lateral	0,70	
	Hoja con control de cable	0,60	
	Difícil de empujar; se apelmaza (seco, no cohesivo) o material muy pegajoso	0,80	0,80
	Rocas desgarradas o de voladura	0,60-0,80	
EMPUJE	Por método de zanja	1,20	1,20
	Con dos tractores juntos	1,15-1,25	1,15-1,25
VISIBILIDAD	Polvo, lluvia, nieve, niebla,	0,80	0,7

	oscuridad		
EFICIENCIA DEL TRABAJO	50 min/hr	0,83	0,83
	40 min/hr	0,67	0,67
PENDIENTES	30%	0,30	0,30
	10%	0,70	0,70
	0%	1,00	1,00
	-10%	1,20	1,20
	-30%	1,60	1,60

Fuente: Manual de Rendimiento de Equipos Caterpillar.

#### 3.4.4. Cargadores Frontales

El Manual de Rendimiento de Equipos Caterpillar, ofrece tiempos aproximados del ciclo de carga, maniobra y descarga que se pueden observar en la **Tabla 4**, que varían de acuerdo a los modelos de cargadores frontales con los que cuenta dicha marca.

**Tabla 4.** Tiempos de Ciclo Básico

CARGA DE CAMIONES	
MODELOS	Promedio de los ciclos del cargador
Desde 914G Hasta 962H	0,45-0,50 min.
Desde 966H Hasta 980H	0,50-0,55 min.
Desde 988H Hasta 990H	0,55-0,60 min.
Desde 992G Hasta 994F	0,60-0,70 min.

Fuente: Manual de Rendimiento de Equipos Caterpillar.

Al tiempo de ciclo se le debe sumar o restar minutos de acuerdo a las condiciones y/o características del material y de la operación según la **Tabla 5**, y el resultado de ello será el tiempo total de ciclo, para una eficiencia de trabajo por hora igual al 100%, es decir si se quiere

determinar el número real de ciclos que se realizan en una hora, es necesario estimar la eficiencia de trabajo, y en base a ella hacer el cálculo.

**Tabla 5.** Minutos Añadidos o Sustraídos del Ciclo Básico.

Elemento	Características	Minutos
Máquina	Manipulador de Materiales	- 0,05
Materiales	Mezclados	+ 0,02
	Hasta 3mm	+ 0,02
	De 3mm a 20mm	- 0,02
	De 20mm a 150mm	0,00
	Más de 150mm	+ 0,03
	Banco o Fracturado	+ 0,04
Pila	Apilado por Transportador o Topadora a más de 3m	0,00
	Apilado por Transportador o Topadora a menos de 3m	+ 0,01
	Descargado por camion	+ 0,02
Varios	Mismo propietario de camiones y cargadores	- 0,04
	Propietario independiente de camiones	+ 0,04
	Operación constante	- 0,04
	Operación intermitente	+ 0,04
	Punto de carga pequeño	+ 0,04
	Punto de carga frágil	+ 0,05

Fuente: Manual de Rendimiento de Equipos Caterpillar.

Para efectos de cálculos de producción horaria del cargador frontal, es necesario tomar en cuenta el factor de llenado del mismo de acuerdo a la Tabla 6, el cual depende directamente del tipo, tamaño y condiciones del material que se carga.

**Tabla 6.** Factor de Llenado del Balde para Diferentes Materiales

Elemento	Características	Factor de Llenado
Material suelto	Agregados húmedos mezclados	95-100%
	Agregados uniformes hasta de 3mm	95-100%
	De 3mm a 9mm	90-95%
	De 12mm a 20mm	85-90%
	De 24 mm y más grande	85-90%
Roca de Voladura	Bien Fragmentada	80-95%
	De fragmentación mediana	75-90%
	Mal fragmentada	60-75%
Varios	Mezcla de tierra y rocas	100-120%
	Limo húmedo	100-110%
	Suelo, piedras, raíces	80-100%
	Materiales cementados	85-95%

Fuente: Manual de Rendimiento de Equipos Caterpillar.

### 3.4.5. Carga límite de equilibrio estático

Es el peso mínimo en el centro de gravedad de la carga “de clasificación SAE” del cucharón que hace girar el extremo trasero de la máquina de tal forma que, en los cargadores de cadenas los rodillos delanteros se levanten de las cadenas, y en los cargadores de ruedas, las ruedas de atrás dejan el suelo. Al seleccionar un cargador frontal es necesario considerar el cumplimiento de éste parámetro.

### 3.4.6. Carga de Operación

Con el propósito de cumplir la normativa SAE, se estipula que la carga de operación para cargadores sobre ruedas a giro pleno, debe ser como máximo el 50 % de la carga límite de equilibrio estático, mientras que en cargadores sobre orugas no debe sobrepasar el 35 % de dicho valor.

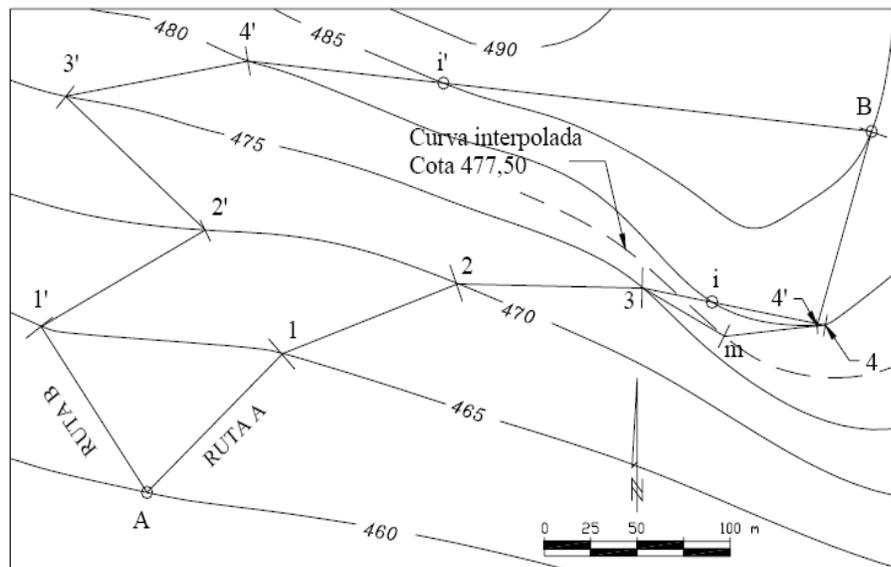
### 3.5. Trazado de vías

#### 3.5.1. Trazado de líneas de pendiente constante

Es común en el estudio de rutas, en proyectos viales, ferroviarios, etc. el trazado de líneas de igual pendiente. En la escogencia de una ruta en terrenos cuyas superficie sea bastante irregular, la mayor limitante es la de mantenerse entre los límites de pendiente y longitudes críticas establecidas para vehículos pesados, es así como se presenta el siguiente método, el cual permite el trazado de una línea de pendiente constante que no sobrepase la pendiente máxima permitida.

Por medio de la Figura E se explicará el método de trazado de líneas de pendiente constante.

**Figura E.** Método de Trazado de Líneas de Pendiente Constante



Fuente: Casonova (2002).

Supóngase que en la figura E se desea trazar una línea con pendiente igual a 5% que una los puntos A y B. Como primer paso se debe calcular la distancia horizontal aplicando la ecuación 3 necesaria para vencer el desnivel entre curva y curva sin sobrepasar la pendiente establecida.

$$DH = \frac{e}{p} \times 100\% \quad (3)$$

$$DH = \frac{5}{5} \times 100 = 100 \text{ m}$$

Ese valor de 100 m en la escala del mapa representa 4 cm. Se abre el compás hasta obtener un radio igual a 4 cm y haciendo centro en el punto A se traza un arco de círculo hasta cortar la siguiente curva determinando los puntos 1 y 1'. Haciendo centro en los puntos obtenidos y con la misma abertura de compás, avanzamos hacia la siguiente curva trazando arcos de círculo determinando los puntos 2 y 2'.

Como por lo general para pasar de una curva a otra se obtienen dos alternativas y al seguir avanzando de curva en curva las alternativas aumentan progresivamente, se generarán múltiples opciones de rutas, siendo la más óptima aquella que de menor longitud y que contenga el menor número de cambios de dirección.

### 3.5.2. Velocidad de acarreo máxima

De acuerdo a Wildor (1996), la máxima velocidad que puede ser alcanzada por un vehículo en una vía dada, se puede aproximar por la ecuación (4).

$$V_{\text{máx}} = \frac{366,97 \times Kw \times Eficiencia}{TR \times W} \quad (4)$$

**Donde:**

V: velocidad en Km/h

Kw: caballos de fuerza del vehículo en Kw

TR: resistencia total, expresada en decimales

W: Peso del vehículo en Kg

366,97: Constante para transformar Kw a N\*m/s y m/s a Km/h

Ésta ecuación 4, asume que la eficiencia de cualquier motor puede ser aplicada a todas las velocidades para degradar los caballos de fuerza del motor.

### **3.6. Preparación Mecánica de Minerales**

La reducción de tamaño, es una etapa importante en el procesamiento de la mayoría de minerales, en cuanto a que pueden ser usados posteriormente para distintas utilidades tales como, producir partículas del tamaño y forma requerida, para liberar minerales valiosos de la ganga para que puedan concentrarse, y además, para incrementar el área de superficie disponible para exhibir a la reacción química.

Existe una variedad de equipos disponibles, pero individualmente cada uno está restringido en cuanto a su aplicación. En la industria minera, la mayor parte de la reducción de tamaño inicial (trituración) se realiza con trituradoras de compresión. Recientemente, el desarrollo más notable ha sido creciente tamaño del equipo, al haber disminuido las leyes de los minerales y aumentado la capacidad de las minas.

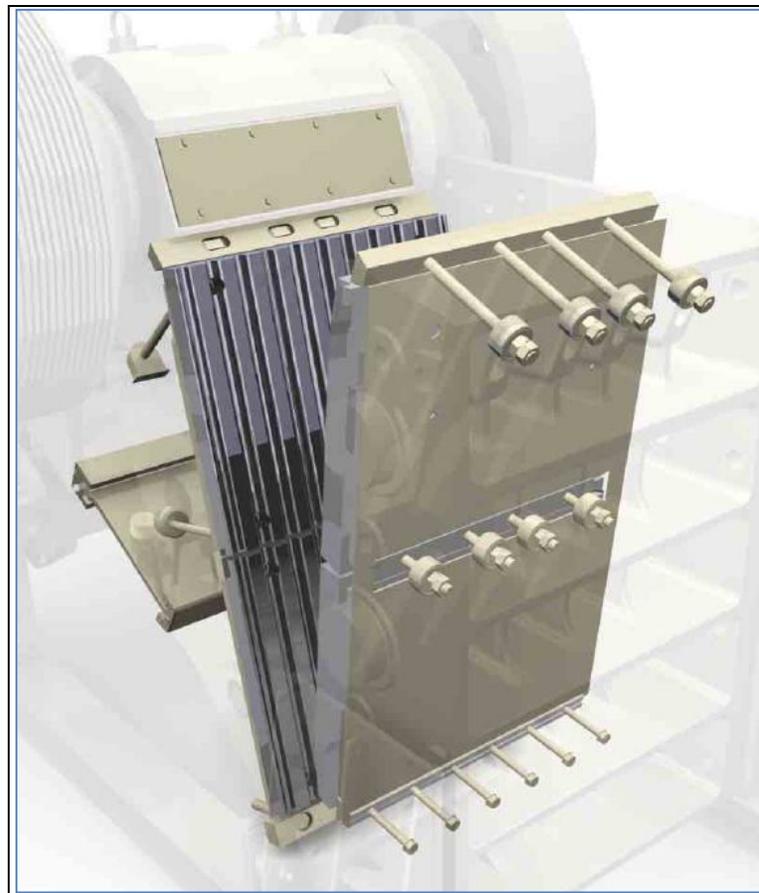
#### **3.6.1. Trituradora de Mandíbula**

Están formadas por dos mandíbulas dispuestas una frente a la otra en forma de V (ver Figura F), una de las cuales es fija y la otra posee un movimiento de oscilación alrededor de un eje horizontal generado por medio de un sistema de biela excéntrica y de placas de articulación. El material introducido por la parte superior, es fragmentado debido al acercamiento de la mandíbula móvil y va descendiendo en la cámara de

trituration con el alejamiento de dicha mandíbula. Este retroceso permite a los fragmentos generados descender hacia la parte más estrecha, donde se someterán a una nueva compresión al avanzar la mandíbula. Finalmente, los materiales machacados salen de la machacadora por la abertura inferior.

Estos movimientos de acercamiento- alejamiento de la mandíbula móvil son los responsables de la trituration por compresión y del avance de los materiales por la cámara de trituration.

**Figura F.** Mandíbulas de Acero al Manganeso



Fuente: Catálogo de Metso Minerals.

### 3.6.2 Tipos de Trituradoras de Mandíbula

Existen tres tipos básicos de trituradoras de mandíbula

- *Tipo Blake*
  - *Tipo Dodge*
  - *Tipo Biela Simple*
- 
- **Tipo Blake**

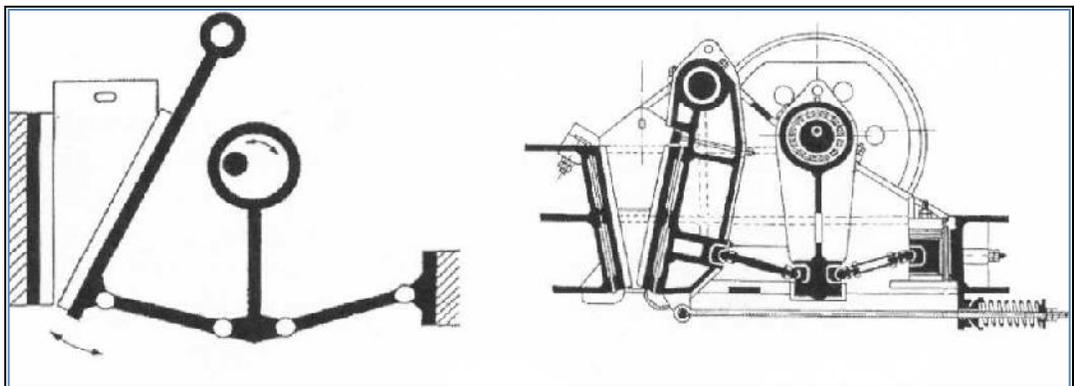
Se caracteriza por ser de efecto simple al tener lugar en ella únicamente efectos de compresión. Están formadas por una mandíbula fija y una móvil esta última en un balancín articulado en su parte superior. La mandíbula móvil tiene un movimiento de vaivén sobre la mandíbula fija tanto más acusado a medida que se desciende al extremo inferior de la mandíbula móvil.

Este tipo de machacadoras al tener dos placas de articulación son alrededor de entre y 20% a 30% más pesadas que las de simple efecto, y por lo tanto, son más caras. Sin embargo el desgaste es menor en los blindaje de las mandíbulas.

Se diferencian de las de simple efecto en que la producción es menor, en sentido del giro de la excéntrica es indiferente y el riesgo de emplazamiento de la cámara de trituración es mayor.

No son muy utilizadas dado el campo muy limitado que tienen y se emplea únicamente cuando el material es abrasivo. Nunca se utiliza en el caso de materiales plásticos

**Figura G.** Trituradora Blake



Fuente: Equipos de Trituración Molienda y Clasificación, Fueyo C. Luis

- **Tipo Dodge**

Son las más simples mecánicamente hablando. Las mandíbulas móviles accionadas por una excéntrica unida directamente a la prolongación de esta mandíbula el eje de oscilación se encuentra en la base de la mandíbula móvil. Por lo tanto, la carrera es máxima a la entrada y va disminuyendo a medida que el material desciende. De esta manera pueden adoptarse reglajes muy finos. Son machacadoras con el inconveniente de su tendencia al atasco y su alto consumo de energía. Sin embargo, su relación de reducción puede ir de 10 a 1.

- **Tipo Biela Simple**

En estas el efecto triturador es doble debido a los fenómenos de fricción. Las trituradoras de simple efecto la zona de la mandíbula móvil próxima a la excéntrica describe un círculo de radio igual a la excentricidad del eje. Según se va descendiendo en la cámara de trituración las zonas inferiores de la mandíbula móvil van convirtiendo esta trayectoria circular en elíptica, cuyo eje menor disminuyendo cuando más próximo está a la boca de la salida de la cámara de trituración.

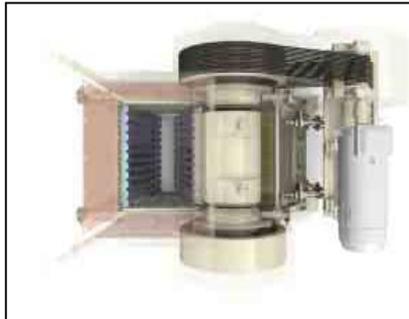
En función de los movimientos descritos se aprecia que en la parte superior de la cámara predominan los procesos de compresión mientras que en la zona inferior también tienen los de fricción.

Hoy en día son las más utilizadas debido a su mayor producción a su menor apelmazamiento en la cámara de trituración frente a las de doble efecto, a su mayor ligereza frente a estas y a su menor precio.

A continuación se presentan en la (Figura Ha) vista de planta de una trituradora de efecto simple en la cual se puede observar la mandíbula de la misma claramente, en la (Figura Hb) se observa una vista de perfil de la misma, el conducto de alimentación protege

eficazmente a la trituradora y puede desmontarse para tareas de mantenimiento.

**Figura H.** Trituradoras de Mandíbula Nordberg C125 de Efecto Simple



a) Vista de Planta



b) Vista de Perfil

Fuente: Catálogo de Metso Minerals

### 3.6.3 Partes que Componen una Trituradora de Mandíbula

Están formadas por una serie de elementos que a continuación se describen

- *Carcasa o Bastidor*

Es el conjunto principal que soporta a los elementos de trituración. Lateralmente van protegidas con unos forros de acero al manganeso intercambiables

- *Cámara de Trituración*

Se define como el área confinada por los dientes o estrías de las mandíbulas fijas y oscilantes y la placa antidesgaste de los laterales, en la que tiene lugar los procesos de trituración. En ella se diferencian la boca o distancia entre los dientes o estrías de la mandíbula en la parte superior; los dientes o estrías de la mandíbula que son las partes removibles de

trituration con diferentes tipos de configuración sobre la cara o superficie removibles de trituración con diferentes tipos de configuración sobre la cara o superficie y la abertura o boca de descarga que es el área entre los dientes y estrías de las mandíbulas y las placas laterales en la parte inferior de la cámara de trituración. La medición en la boca de descarga es tomada desde la punta o parte saliente de la corrugación a la parte profunda o valle del canal de la corrugación opuesta a la superficie de la mandíbula.

Se define como ángulo de admisión al ángulo agudo formado por la mandíbula fija y la oscilante que suele ser habitualmente de  $27^\circ$  aproximadamente.

En función del tipo de machacadora la cámara de trituración variara la disposición de la mandíbula respecto a la vertical.

Mediante los calces se consigue variar la abertura de la boca de salida gracias a un sistema mecánico formado por un tornillo sin fin o mediante un dispositivo Hidráulico formado por cilindros fijados a los laterales de la carcasa.

- *Revestimiento*

Se define como superficies removibles de trituración con diferentes tipos de configuraciones sobre la cara o superficie fabricadas de acero al manganeso. Estas placas están dentadas en el sentido de la altura para facilitar la caída por la cámara de trituración y son planas al dorso con objeto de asentar bien sobre las mandíbulas y favorecer su fijación.

Dependiendo del tipo de roca a machacar estos revestimientos tendrán diferentes morfologías.

- ✓ La morfología en forma de picos coincidentes en los valles de los revestimientos de la mandíbula con la cresta de los revestimientos de la otra mandíbula, igual que las muelas de la boca, se utilizan para materiales de dureza media, con un ángulo de 90° y con una relación altura de los picos/ ancho de los picos de 2 ó 3.
- ✓ La misma morfología descrita anteriormente pero con dientes ondulados se utilizan para materiales duros.
- ✓ En el caso de ser necesaria la trituración de materiales de gran tamaño y duros se utilizan morfologías con una relación altura de los picos/ancho de los mismos entre 4 ó 5.
- ✓ Para materiales con una dureza extremadamente alta, donde los procesos de trituración pueden generar esfuerzos laterales nocivos a los ejes, se utilizan revestimientos lisos.
- ✓ Para conseguir una granulometría mas uniforme se utilizan revestimientos abovedados en la mandíbula móvil. Esto favorece un paso de salida mas largo. No obstante, este tipo de revestimiento hoy en día esta prácticamente en desuso.

Los revestimientos de las trituradoras pequeñas suelen ser de una sola pieza por mandíbula, mientras que son de dos piezas por mandíbula en las de tamaño medio y ran tamaño.

El proceso de trituración hace que el desgaste de los revestimientos no sea similar en todas las zonas de la cámara de trituración, siendo mayor en la zona inferior próxima a la boca de evacuación. Con el objeto de mitigar esta diferencia de desgaste, los revestimientos se fabrican reversibles e intercambiables con el fin de alargar su vida útil.

Los revestimientos se colocan sobre la mandíbula fija y sobre la mandíbula móvil y estas a su vez están sujetas a la carcasa o bastidor mediante los tirantes de fijación en la parte inferior y mediante muelles, arandelas o un cojín automático en la parte superior. Este último sistema neumático de fijación ha sido desarrollado recientemente con excelentes resultados.

- *Sistema de Accionamiento*

Las trituradoras actúan a través de un sistema excéntrico, el cual se mueve hacia delante y hacia atrás una biela que se impulsa hacia arriba y hacia abajo con cada revolución produciendo una acción de trituración en la cámara diseñada para ello.

La fuerza inercial para realizar los procesos de compresión se comunica por medio de unos volantes de acero fundido e intercambiables, tanto el volante como el propio conjunto del accionamiento, para poder realizar el accionamiento desde el lado más conveniente. Estos volantes, que conservan la fuerza uniforme para mantener la producción continua y reducir las puntas de fuerza en la transmisión y el motor, van montados en un eje excéntrico fabricado de acero forjado que mueve una biela que a su vez va articulada mediante dos placas o tejas, dependiendo si la trituradora es de doble o de simple efecto, entre la mandíbula móvil y un punto fijo. La placa o placas de articulación en función de su longitud, ángulo y punto de articulación en la mandíbula móvil. Van a condicionar la trayectoria que describen los diferentes puntos de esta mandíbula.

El eje excéntrico se encuentra sobre los rodamientos esféricos de doble hilera de rodillos a rotula, autoalineables y protegidos con un sistema de laberintos para evitar la entrada de polvo.

El accionamiento se realiza por transmisión por correas trapezoidales a partir de un motor eléctrico directamente sobre la llanta de uno de los volantes. La potencia necesaria para el arranque corresponde

a la energía cinética acumulada en los volantes, más las resistencias pasivas debidas a la trituradora misma, al motor y a la transmisión.

Para facilitar el arranque, las trituradoras siempre paran en la misma posición, denominada posición de reposo, y que corresponde aproximadamente a 15° hacia adelante del punto muerto superior.

### **3.7. Cribado**

El cribado es un proceso mecánico de clasificación dimensional de materiales de forma y dimensiones variadas, mediante la presentación de estos materiales sobre unas superficies con aberturas que dejan pasar los granos de dimensiones inferiores a las dimensiones de las aberturas, mientras que los granos de medidas superiores son retenidos y evacuados separadamente.

Este proceso se debe a que los materiales procedentes de la trituración o molienda no se ajustan a los tamaños requeridos y por lo tanto hay que hacer una separación por dimensiones en función de su uso final.

El objetivo de los procesos de cribado es la separación de los fragmentos más gruesos contenidos en el todo-uno con el fin de eliminarlo o de enviarlos otra vez a los procesos de reducción. Por el contrario, con los procesos de cribado también puede pretenderse la separación de los fragmentos más pequeños para eliminarlos o para clasificarlos en distintas dimensiones comerciales. Esto permite aumentar la capacidad de los aparatos de trituración y evitar la retritución.

#### **3.7.1 Superficies de Cribado**

El cribado es una operación que comienza desde el momento en que el todo-uno entra en la planta de trituración y se sucede en las diversas etapas de la fragmentación y la molienda. El proceso se realiza

sobre cribas y tamices que son unos aparatos que presentan una abertura de dimensiones determinadas, cuya finalidad es la de separar el producto en dos fracciones diferentes: rechazo y el producto que pasa a través de la superficie vibrante.

Las aberturas de las superficies vibrantes de estos aparatos son muy variadas y de materiales muy diferentes.

- *Parrillas de Barras*

Estas formadas por una serie de barras semi-paralelas entre si con distintas aberturas en función de la clasificación deseada y alineadas paralelamente a la dirección de caída del producto.

- *Chapas Perforadas*

La chapa perforada se emplea habitualmente donde es necesario la utilización de superficies de cribado que aguanten tamaños de piedras importantes. Como ventaja, destacan su mayor duración respecto a las mallas metálicas, su mayor precisión en el cribado y sobre todo el descenso de los problemas de cegamiento respecto a las mallas metálicas. Como inconveniente mas importante es el descenso de la superficie dada. Habitualmente se utilizan estas superficies cribantes en equipos que tienen instalado riego.

- *Mallas Metálicas*

Las mallas son un conjunto de alambres tejidos de diferentes maneras que dan orificios de forma cuadrada o rectangular por los cuales van a pasar o ser rechazados los materiales durante los procesos de cribado.

El espacio que queda entre los distintos alambres es la que va a dar la medida de paso a la hora de realizar la clasificación. Para la malla cuadrada que permite una clasificación bidimensional se toma como referencia media la dimensión intermedia (ancho) de loa granos. Para mallas rectangulares la clasificación es unidimensional. No permiten mas

que una clasificación de aquellas de las dimensiones mas pequeñas de cada grano, el espesor.

En función del diseño y la funcionalidad de las mallas estas se dividen en los siguientes modelos

- *Mallas cuadradas onduladas:* se utilizan para el cribado de materiales que no se colmatan. Permitiendo una gran precisión y alto rendimiento en la clasificación de productos secos.
- *Mallas cuadradas planas:* son parecidas a las mallas descritas anteriormente pero varían en su superficie plana muy adecuada para los choques violentos y materiales pesados. Esta morfología permite un aumento de la vida útil de la malla al no desgastarse en sus nudos por el paso del material a cribar.
- *Mallas rectangulares onduladas:* este tipo de malla es especialmente diseñada tanto para aumentar el rendimiento del paso de material por su aumento de superficie Útil como el facilitar el paso de materiales lajosos y para su rechazo. Si la dimensión más larga del rectángulo de la luz de malla se pone paralelamente a la dirección de avance de los materiales se facilita el cribado de los materiales lajosos, pero si se coloca perpendicularmente a ella se dificulta el paso de estos materiales enviándolos al rechazo. La utilidad de estas mallas es la mejora de la producción cuando se criban materiales cúbicos o esféricos. Suprimiéndose los tamaños con formas planas o lajosas. Se fabrican en acero de alta resistencia.
- *Mallas rectangulares planas:* pueden ser tanto plana-fina como plana-gruesa. Las planas finas garantizan un alto rendimiento con luces de malla de 1,5 x 50 mm hasta 10 x 125 mm en alambres con diámetros entre 1,25 mm y 4 mm. Están fabricadas tanto en acero de alta resistencia como en acero inoxidable. Las rectangulares gruesas disminuyen el acuñaamiento de los planos y lajosos y se

utilizan para el cribado de productos gruesos. Se fabrican con luces de 14 mm a 80 mm.

### **3.7.2 Elección del tipo de criba en función del material a cribar**

La elección del tipo de criba se ha de hacer en función de la naturaleza del trabajo a realizar.

Para el cribado de materiales en seco, materiales que llegan directamente del todo-uno de tamaños gruesos se utilizan parrillas fijas, parrillas mecánicas y cribas vibrantes. Cuando el material procede de una machacadora o molino, en cuyo caso los tamaños son más reducidos, se emplean cribas vibrantes y Cribas de resonancia.

En el caso de las cribas, se dividen en horizontales e inclinadas, utilizándose las horizontales en aquellas zonas donde por problemas de altura no se pueden acoplar las inclinadas. Las cribas inclinadas realizan cribados más amplios que las horizontales.

En el caso de los tamizados, se debe elegir entre tamices planos de movimiento giratorio y tamices vibrantes eléctricos o electromagnéticos.

El cribado por vía húmeda se realiza de manera similar al cribado por vía seca con la única adición de rampas de riego. Este sistema de riego sobre las cribas aumenta la fluidez y el desplazamiento de la masa a cribar asegurando un mejor arrastre a través de las aberturas. Además facilita la segregación de finos y el desprendimiento de las impurezas de naturaleza arcillosa o limosa presentes en el producto consiguiendo un lavado de este.

El cribado de productos húmedos es sin duda el más complejo. En un cribado fino, a causa de la viscosidad de la masa las partículas finas se adhieren a los elementos mas gruesos y son arrastrados con ellos. También es un problema el cegado o colmatado rápido de las aberturas de la superficie cribante. Las soluciones son dos: una de ellas es el secado del producto antes de realizar el proceso de cribado, y el otro es el convertir el producto en un cribado por vía húmeda con la adición de riego.

### 3.7.3 Tipos de Cribas

Las cribas que funcionan por vía seca se describen a continuación:

- *Cribas Estáticas*: aunque no son muy utilizadas, su uso continuas siendo común, las mas utilizadas son:

- ✓ *Parrillas Planas Inclınadas*: están formadas por barras de acero de gran grosor de sección rectangular o trapezoidal dispuestas en el sentido de la pendientes utilizan generalmente para las tolvas de recepción de todo-uno y evitar que bolos de grandes dimensiones obturen la entrada al precribador que va a la trituradora primaria. El grosor y la resistencia de estas barras es muy elevada para aguantar el todo-uno procedente de la descarga directa de los camiones. La separación de los barrotes va en función del tamaño de la tolva y puede estar entre 25mm y os 250 mm. El acuñaamiento de los grandes bloques en las parrillas de las tolvas de recepción se soluciona con la presencia de martillos hidráulicos

- *Cribas Mecánicas*: son las que se utilizan habitualmente de áridos y minerales. Existen diversos modelos que a continuación se describen:

- ✓ *Precribadores de barras móviles*: están conformados por dos juegos de barras longitudinales altercadas, de los que una extremidad se encuentra sobre unos soportes móviles vibradores de amplitud variable que les proporcionan un movimiento unidireccional, y el otro extremo oscila libremente. Con este mecanismo, las barras pares se elevan mientras que las impares describen el movimiento inverso. De esta manera se consigue que los fragmentos sean transportados a lo largo del precribador mientras que los elementos más pequeños van pasando entre las barras. Las barras fabricadas de acero reforzado y con secciones habitualmente circulares, puede situarse a lo largo de todo el precribador o estar dispuestas en cascada. Se emplean para la alimentación de machacadoras y molinos de tamaño mediano a pequeño.

### **3.8. Tromel Lavador**

El Cilindro lavador o tropel es un equipo destinado al lavado primario de rocas, gravas y minerales de granulometría gruesa, así como a la preparación, disgregación y homogenización de productos que posteriormente van a ser tratados por vía húmeda.

Consiste en un cilindro en acero laminado que gira sobre su eje y va provisto en su interior de unos elementos que provocan el movimiento y volteo de los áridos.

El producto a tratar es introducido por un extremo o boca de entrada y tras un tiempo de permanencia dentro del cilindro sale por la boca de evacuación colocada en el lado opuesto y de mayor diámetro que la boca de entrada.

Esta diferencia de diámetro entre la boca de entrada y la salida produce que cuando el cilindro está lleno, el material sale por diferencia de niveles. Sin embargo el funcionamiento más cómodo para este equipo es cuando está parcialmente lleno de material, produciéndose una fricción

múltiple entre los áridos y los áridos con la pared del cilindro y las paletas. Por otro lado, las fracciones más gruesas provocan un efecto de molienda autógena que da lugar a la disgregación de las arcillas y al desprendimiento de las partículas adheridas a la superficie del árido, no hay limitación del tamaño máximo del árido.

El tiempo de residencia del árido dentro del cilindro determina el efecto lavado deseado, disminuyendo la capacidad de tratamiento en relación inversa al aumento de tiempo de permanencia. Este tiempo de permanencia y, por lo tanto la velocidad de avance del árido dentro del tropel. Posee ser forzada mediante la ayuda de paletas, situadas en disposición helicoidal. También pueden colocarse paletas de extracción pueden colocarse paletas de extracción en la boca de salida

Para áridos de tipo medio fácilmente lavables el tiempo de residencia esta en torno a 1.5 min., pero cuando el porcentaje de material arcilloso o de aglomerados es elevado el tiempo de residencia se dispara de 3 a 5 minutos, viéndose reducida su capacidad de un 30% a un 50%

**CAPITULO IV**  
**MARCO METODOLOGICO**

## **4.1 Metodología**

En esta investigación llevada a cabo en E.B. S. Minera Nacional C.A., se realizaron una serie de actividades que a continuación se describen con detalle.

### **4.1.1 Tipo de Investigación**

En el trabajo llevado a cabo en E.B. Minera Nacional, se ha realizado un estudio referente a la selección de equipos de arranque, carga y acarreo, para la explotación del mineral de cuarzo y su respectivo cálculo de producción horaria. También se realizó un flujograma de proceso para la planta de preparación mecánica del mineral.

Se considera que la investigación es del tipo correlacional, ya que para el proyecto del Miamo, la empresa realizó una investigación previa que fue correlacionada con la investigación realizada en este trabajo.

### **4.1.2 Diseño de la Investigación**

El diseño de la investigación es del tipo no experimental, en esta se observan fenómenos para luego analizarlos. Estos fenómenos están representados por la investigación previa realizada por la empresa y el análisis se traduce en la selección de equipos de arranque, carga y acarreo y en la realización del flujograma de la planta de preparación mecánica del mineral.

### **4.1.3 Población y Muestra**

La población donde se desarrollara la investigación, es la concesión El Miamo la cual está conformada por 6.102 hectáreas.

La muestra de estudio se centrará en la parcela San Lorenzo la cual es de 240 ha y en la cual se llevará a cabo la explotación de cuarzo mediante la minería a cielo abierto.

#### 4.1.4 Instrumentos y Técnicas

##### Instrumentos

- Hoja de Calculo
- Plano topográfico; escala 1:2500
- Equipos de Computación

##### Técnicas

- Revisión bibliografía de los informes realizados con anticipación, por parte de la empresa EB Minera Nacional.
- Selección de equipos mineros y de procesamiento mediante la utilización de manuales.

#### 4.2. Análisis de Datos

##### 4.2.1 Selección de Equipos

- **Equipo de Arranque**

Usando la producción anual requerida, la eficiencia horaria establecida, los días anuales trabajados y las horas por turno, por medio de la ecuación **(5)** se calcula la producción horaria requerida.

$$Producción\ Horaria = \frac{Producción\ Anual}{N^{\circ}\ de\ días\ Trabajados} \times \frac{100\%}{Horas\ turno \times \%Eficiencia\ horaria}$$

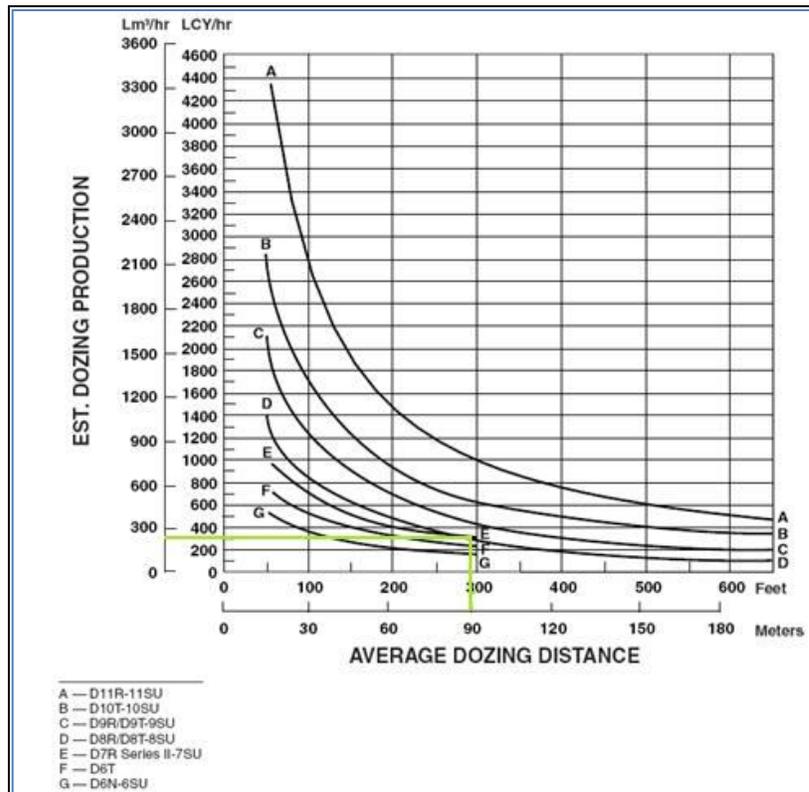
**(5)**

La selección del equipo de arranque se hace comparando la producción horaria necesaria para esta operación, con la producción horaria que pueda ofrecer un modelo de tractor en específico.

De forma previa se elige el tipo de hoja que se desea utilizar, para así poder usar el gráfico de producción máxima horaria de hoja topadora que le corresponda en el Caterpillar Performance Handbook.

Tomando una longitud promedio de recorrido del equipo igual a noventa (90) metros y probando con cualquier tractor disponible desde el D6N hasta el D11R, se ingresa al ábaco presentado en la **gráfica 1** y se obtiene la producción horaria máxima para condiciones estandarizadas por el fabricante.

**Gráfica N° 1.** Produccion Maxima Horaria para Hoja Semi-Universal



Fuente: Modificada de Handbook Caterpillar.

La producción máxima obtenida debe multiplicarse por una serie de factores encontrados en la tabla N° 3, los cuales son planteados en la Ecuación (2), al hacer esto se obtiene la producción horaria del tractor

elegido en metros cúbicos sueltos; ésta operación es planteada en la ecuación (1).

Luego se compara la producción obtenida con la deseada y se decide si el equipo es el más adecuado para la operación en cuestión.

- **Equipos de Carga y Acarreo**

Para seleccionar los equipos de carga y acarreo se consideró su posible combinación, esto se hace tomando en cuenta el número de pases mínimos que el cargador frontal debe efectuar para llenar la tolva del camión.

Los camiones comúnmente usados en minería que ofrece Caterpillar poseen capacidades superiores a la deseada, esto se aprecia al observar la producción horaria requerida y compararlas con la máxima carga de dichos equipos.

Se decidió entonces usar equipos de carga pesada, y para ello se establece un valor máximo de carga de material por el equipo de acarreo igual a 7 m<sup>3</sup>. Se consultan en los catálogos de los equipos disponibles en el mercado y se verifica que su capacidad de carga máxima sea preferiblemente menor a la establecida.

Para seleccionar el equipo de carga se hace necesario conocer la producción horaria requerida es por ello que usando la producción anual requerida, la eficiencia horaria establecida, los días anuales trabajados y las horas por turno, por medio de la ecuación (5) se calcula la producción horaria requerida.

Con el valor preestablecido de la capacidad de la tolva del equipo de acarreo (capacidad de carga), usando como referencia la **tabla N° 7**

propuesta por Caterpillar (la cual sugiere cuatro (4) pases como mínimo para un cargador sobre ruedas) y aplicando la ecuación (6) se determina el tamaño apropiado del balde del equipo de carga.

**Tabla N° 7. Ciclos de Carga Equipo de carga**

Equipo de carga			Tiempo de ciclo (seg)	
	Numero de pases	Factor de llenado	Ciclo (seg)	Promedio Ideal (seg)
Pala de Cable	3-5	100- 100%	28-40	35
Pala Frontal Hidráulica	4-6	90-100%	24-28	27
Pala Retroexcavadora Hidráulica	4-6	80-110%	24-28	25
Cargadores de Ruedas	4-6	90-100%	32-42	38

Fuente: Guía de referencia rápida para aplicaciones de máquinas de minería, CAT

$$Tamaño\ del\ balde(m3) = \frac{1\ pase \times Capacidad\ de\ la\ Tolva\ (m3)}{4\ pases} \quad (6)$$

Con un tamaño de balde es posible entrar a los catálogos de cargadores frontales y verificar cuáles de ellos ofrecen baldes cuyo tamaño se adapte mejor a los requerimientos establecidos.

En la selección del cargador frontal se debe tomar en cuenta la carga límite de equilibrio estático y la carga de operación para garantizar la seguridad de la operación.

#### 4.2.3. Trazado de Vías

Los datos procedentes del plano topográfico permitieron calcular la distancia horizontal necesaria para vencer el desnivel entre curvas sin

sobrepasar la pendiente preestablecida de 10%, utilizando la ecuación **(3)** y luego la ecuación **(7)** se calculó la longitud equivalente a la escala del plano para la abertura del compás, necesaria para iniciar el trazado de la vía.

$$DH = \frac{e}{p} \times 100\% \quad (3)$$

*DH*= distancia horizontal necesaria para vencer el desnivel entre curvas sin sobrepasar la pendiente preestablecida.

*e*= desnivel entre curvas de nivel.

*p*= Pendiente elegida para el trazado de la vía.

*DHesc*= La distancia horizontal a la escala del plano, necesaria para vencer el desnivel entre curvas sin sobrepasar la pendiente preestablecida.

$$DHesc = \frac{DH \times 1cm}{25m} \quad (7)$$

Una vez trazada la vía se procedió a calcular el verdadero tamaño (en cm) a la escala del plano, ya que lo que se aprecia en éste es la proyección horizontal de dicho trazo, para ello se utilizó la ecuación **(8)**, y luego por medio de la ecuación **(9)** se transforma este valor en metros de longitud real.

$$VT = \frac{L}{\cos \alpha} \quad (8)$$

VT= verdadero Tamaño

L=longitud del tramo

$\alpha$ =Angulo formado entre el cateto adyacente y la hipotenusa de triangulo rectángulo cuyo cateto adyacente representa 10 veces el cateto opuesto.

$$Longitud\ Real = \frac{VT \times 25m}{1cm} \quad (9)$$

El procedimiento antes descrito se repite para cada uno de los trazos que conforman las vías o rutas planteadas que conectan la planta con los patios de apilamiento A y B.

#### 4.2.4. Tiempos de Acarreo

Para determinar el tiempo de viaje que a un equipo de acarreo le tomaría trasladarse por la ruta de acarreo más larga, se asumen las velocidades promedio planteadas en la tabla N° 14, y como se conocen las distancias usando la ecuación 10, se calcula el tiempo que le tomaría al equipo recorrer cada tramo.

$$Tiempo\ de\ acarreo = \frac{Longitud\ del\ Tramo\ (Km)}{Velocidad\ (\frac{Km}{h})} \quad (10)$$

La sumatoria de los tiempos de cada tramo dará como resultado el tiempo total de acarreo; realizando un procedimiento similar pero con la **tabla N° 15** se obtienen los tiempos de viaje pero del equipo en vacío, si a estos dos resultados se le suma el tiempo de maniobra del equipo se obtiene el tiempo de viaje o ciclo del equipo de carga.

#### 4.2.5. Velocidad máxima del equipo de acarreo

Debido a lo práctico que resulta realizar los cálculos de los tiempos de acarreo asumiendo valores lógicos, se puede perder de vista la importancia de justificar dichos valores, es por ello que se decide hacer una comparación de esas velocidades asumidas con respecto a valores teóricos, obtenidos a través de la ecuación 4 planteada por Wildor (1996), la cual tendrá como coeficientes los siguientes valores:

- Kw = 154,3596 ó 207HP (Tomado del Catalogo del equipo de Acarreo)
- Eficiencia = 0,95 (Asumida)
- W vacio = 5090Kg 207HP (Tomado del Catalogo del equipo de Acarreo)
- W carga = 14681,2Kg
- Resistencia a la Rodadura= 5% (tomado de la tabla N° 8).

**Tabla 8.** Coeficientes de Resistencia a Rodadura

Tipo de Pista	Factor (Kg/Ton)	Equivalencia en % de Pendiente
Pista dura y lisa estabilizada, que no cede bajo la carga y que se mantiene a su plena eficiencia de manera continua.	20	2
Pista firme y lisa, con acabado superficial, que cede levemente bajo la carga o está ligeramente ondulada y que se mantiene aceptablemente.	35	3,5
Nieve compacta	25	2,5
Nieve suelta	45	4,5
Pista de tierra con rodadas que cede bajo la carga, con escaso o nulo mantenimiento y con una penetración media de las ruedas entre 25 y 40 milímetros.	50	5
Pista de tierra con rodadas, blanda, sin conservación ni estabilización y con penetración media de las ruedas entre 100 y 150 mm.	75	7,5
Pista de arena o grava suelta	100	10
Pista blanda o fangosa, con rodadas y sin ningún tipo de conservación.	100-200	10-20

Fuente: López y Aduvire “Calculo de rendimientos en Maquinaria en Minería”. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas, Universidad Politécnica de Madrid.

Usando la ecuación (4) se obtiene el valor máximo de la velocidad de acarreo de acuerdo a los parámetros establecidos por Wildor (1996), para el tramo 1 de la ruta 1 cuando el equipo de acarreo está vacío.

De acuerdo a la **tabla N° 9**, se establece un factor de corrección en base a la longitud y a la dirección de desplazamiento sobre el tramo recorrido, es así como se obtiene el factor de corrección de la velocidad para los tramos.

**Tabla 9.** Factores de corrección de la velocidad máxima que un equipo de acarreo puede alcanzar y cuya relación Peso/Potencia del equipo es menor a 180 Kg/Kw.

Relación Peso/ potencia menor a 180 Kg/Kw				
Longitud de La pista (m)	Tramos horizontales. Unidad parada arrancando.	Unidad en movimiento al entrar al tramo		
		Horizontal	Contrapendiente	A favor de pendiente
0-60	0-0,40	0-0,65	0-0,67	1,00 (Velocidad de entrada mayor que la máxima accesible en el tramo).
61-120	0,40-0,51	0,65-0,70	0,67-0,72	
121-180	0,51-0,56	0,70-0,75	0,72-0,77	
181-300	0,56-0,67	0,75-0,81	0,77-0,83	
301-460	0,67-0,75	0,81-0,88	0,83-0,90	
461-610	0,75-0,80	0,88-0,91	0,90-0,93	
611-760	0,80-0,84	0,91-0,93	0,93-0,95	
761-1070	0,84-0,87	0,93-0,95	0,95-0,97	
1071 y más	0,87-0,94	0,95-	0,97-	

Fuente: López y Aduvire “Calculo de rendimientos en Maquinaria en Minería”. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas, Universidad Politécnica de Madrid.

La velocidad teórica se obtiene de multiplicar la velocidad máxima calculada con la ecuación (4) y multiplicarla por su factor de corrección correspondiente tomado de la tabla 8.

#### 4.2.6. Cálculo de Producción horaria de Equipos

- **Equipo de Arranque**

El mismo procedimiento de selección para el equipo de arranque permite la obtención de una producción en metros cúbicos sueltos de material aproximada para el modelo de equipo elegido.

- **Equipos de Carga y Acarreo**

Haciendo uso de la tabla N° 4 se toma el valor del tiempo de ciclo promedio para el cargador frontal seleccionado, a éste tiempo se le deben añadir o sustraer minutos, de acuerdo a las condiciones del material y de la operación, el resultado de ello será el tiempo de ciclo total. Usando la ecuación (11) se calcula el número de ciclos que este equipo puede realizar en una hora efectiva.

$$N^{\circ} \text{ de } \frac{\text{ciclos}}{\text{hora}} = \frac{60 \text{ minutos/hora} \times \% \text{ Eficiencia horaria}}{100\% \times \text{Tiempo de ciclo Total (min/ciclo)}} \quad (11)$$

El valor antes obtenido solo aplica para un equipo de carga que trabaje de forma constante, y debido al tiempo de recorrido de las rutas de acarreo planteadas, el número de camiones que conformasen la flota sería muy alto, por lo tanto el número de ciclos que este equipo puede realizar en una hora estarán limitados al número de camiones que se decida tener en operación.

Usando el tiempo de ciclo total del equipo de acarreo y la eficiencia horaria del operador, por medio de la ecuación (12) es posible calcular el número de ciclos por hora, que un equipo de carga bajo las condiciones antes presentadas puede realizar.

$$\begin{aligned} \text{Numero de } \frac{\text{ciclos}}{\text{hora}} \text{ del camión} \\ = \frac{60 \text{ min/hora} \times \% \text{Eficiencia horaria}}{100\% \times \text{Tiempo de ciclo total (min/ciclo)}} \end{aligned} \quad (12)$$

Con la capacidad del balde y el número de pases es posible determinar la cantidad de material que el equipo de acarreo es capaz de transportar en un viaje para ellos se usa la ecuación (13), lo que viene siendo la producción horaria del camión. Una vez calculado este valor y con la producción horaria requerida se puede calcular el número de camiones que se necesitan para cumplir con dicha meta de producción a través de la ecuación (14).

$$\begin{aligned} \text{Ton de } \frac{\text{material}}{\text{ciclo}} = \text{Capacidad del Balde (m}^3\text{)} \times \% \text{Factor de llenado} \\ \times \text{Densidad del material } \left(\frac{\text{ton}}{\text{m}^3}\right) \times \text{N}^\circ \text{ de pases} \end{aligned} \quad (13)$$

$$\text{N}^\circ \text{ de Camiones} = \frac{\text{Producción horaria } \left(\frac{\text{Ton}}{\text{hora}}\right)}{\text{N}^\circ \text{ de ciclos/hora} \times \text{Ton de material/ciclo}} \quad (14)$$

Para determinar el número de ciclos por hora del cargador se utiliza la ecuación (15).

$$\begin{aligned} \text{N}^\circ \text{ de } \frac{\text{ciclos}}{\text{hora}} \text{ del cargador} \\ = \text{N}^\circ \text{ de camiones} \times \frac{\text{ciclos}}{\text{hora}} \text{ del camión} \times \text{N}^\circ \text{ de pases} \end{aligned} \quad (15)$$

La producción horaria del cargador se obtiene a través de la ecuación (16).

*Producción horaria del cargador*

$$= N^{\circ} \text{ de } \frac{\text{ciclos}}{\text{hora}} \times \text{capacidad del balde (ton)}$$

**(16)**

#### 4.2.7. Flujo de la Planta de Preparación Mecánica de Mineral

Tomando como base del análisis, las trituradoras de mandíbulas Modelo 1200x900 y 1200x400; seleccionadas del Chushing Handbook de Fabrica de Aço Paulista S.A, se determinaron los porcentajes de pasantes y la producción que arrojaran de sus funciones.

Conociendo los tamaños de abertura abierta según las tablas 10 y 11, utilizando las curvas granulométricas grafica 2 y conociendo los tamaños de alimentación para cada una las mandíbulas se determino los porcentajes de pasantes.

**Tabla 10.** Capacidad de Producción (m<sup>3</sup>/h) Mandíbula 1200x900

MODEL	RPM	ECCENTRICITY (mm)	JAW STROKE	DISCHARGE OPENING CLOSED SIDE SETTING													
				1"	2"	3"	4"	4 1/2"	5"	6"	7"	8"	9"	10"	12"	14"	
4535B	300	13	1"	10-13	15-20	20-25	25-32										
9060B	250	19	1"			40-50	50-65	55-70	60-75	70-90	80-100						
12090B	180	27.5	1 1/2"				90-110	95-120	100-125	110-140	125-160	140-180	160-200	180-220			
48"x60" A-1	180	44.5	1 1/2"				170-250	180-265	190-280	210-310	230-330	240-360	260-390	300-400			
60"x84" A-1	120	38	1 1/2"									400-500	450-560	500-620	580-720	650-800	

Production capacities shown above may vary with the nature of the rock or ore, its moisture content, adherence, and size.

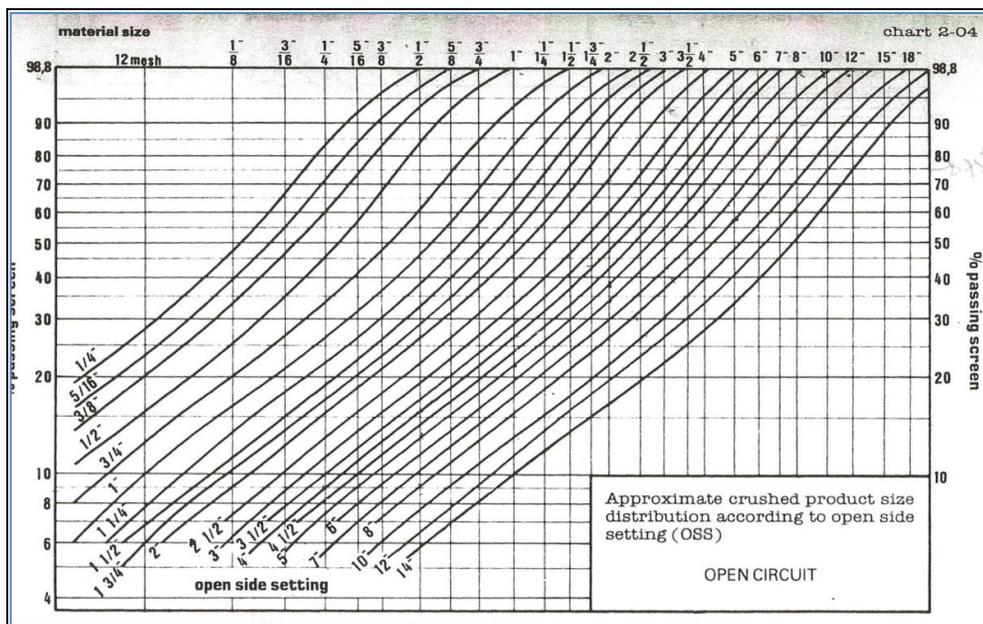
Fuente: Chushing Handbook Faço.

**Tabla N° 11.** Capacidad de Producción (m<sup>3</sup>/h) Mandíbula 1200x400

MODELS	RPM	ECCENTRIC (mm)	JAW STROKE (in.)	DISCHARGE OPENING CLOSED SIDE SETTING													
				1/4"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	3 1/2"	4"	4 1/2"	5"	5 1/2"	
6013	350	10	3/8"	3-4	5-6.5	7-9	9-12										
8013	350	12.5	1/2"	4-5	6.5-8.5	9-12	12-16										
9026	300	13	3/4"			17-22	20-26	29-37	37-48	45-58							
12040	280	16	1"						55-78	66-85	75-97	83-105	100-130	110-142	120-156	125-162	

Fuente: Chushing Handbook Faço.

**Grafica 2.** Curva que representa el análisis granulométrico de producto de las trituradoras Faço.



Fuente: Chushing Handbook Faço.

# **CAPITULO V**

## **RESULTADOS**

## 5.1 Selección de Equipos

- **Equipo de Arranque**

**Datos:**

- Producción Anual Requerida = 240.000 Tm de cuarzo
- Días al Año trabajados = 220 días
- Horas/turno/Día = 8 horas
- Eficiencia Horaria = 85 %

Usando la ecuación (5) se obtiene la producción horaria requerida:

$$\textit{Producción Horaria} = 160,4 \textit{ Toneladas}$$

Usando la tabla N° 12 para obtener los factores de corrección para la ecuación (2) y con ayuda de la gráfica 1 se obtiene la producción máxima, para utilizar ambos valores en la ecuación (1) y obtener la producción en metros cúbicos sueltos por hora.

**Tabla 12.** Factores de corrección según condiciones de trabajo, aplicables a la concesión EL Miamo

FACTOR	CONDICIÓN	TRACTOR DE CADENAS
OPERADOR	Buena	0,75
MATERIAL	Suelto y amontonado	1,20
VISIBILIDAD	Polvo, lluvia, nieve, niebla, oscuridad	0,80
EFICIENCIA DEL TRABAJO	50 min/hr	0,83
EMPUJE	Por método de zanja	1,20
PENDIENTES	18%	0,60

$$\textit{Produccion del Tractor D7R} \left( m^3 - \frac{\textit{sueルトs}}{\textit{hr}} \right) = 107,57$$

Se obtiene que el Tractor D7R Series II satisface las condiciones de producción horaria necesarias, siendo éste el equipo de arranque elegido.

**Tabla 13.** Equipo de Arranque  
Tractor de Cadena D7R serie II

Equipo	Modelo	Características
	<b>Tractor de Cadena D7R serie II</b>	<b>Hoja Topadora</b>
		<i>Capacidad de la hoja U : 8,34 m<sup>3</sup> 10,91 yd<sup>3</sup></i>
		<i>Ancho de hoja U : 3.988 mm 13,08 pies</i>
		<b>Motor</b>
		<i>Modelo de motor :3176C Cat</i>
		<i>Potencia bruta :192 kW 258 hp</i>
		<i>Potencia en el volante :179 kW 240 hp</i>
		<b>Pesos – Estándar</b>
		<i>Peso en orden de trabajo</i>
		25.304 kg 55.786 lb
		<i>Peso de embarque</i>
20.630 kg 45.479 lb		

- **Equipo de Acarreo**

**Datos:**

- Capacidad de Carga (m<sup>3</sup>) = 7 m<sup>3</sup>
- Densidad del mineral = 2,54 Ton/m<sup>3</sup>
- Capacidad de Carga (Ton) =17,78 ton

De acuerdo a las condiciones o datos presentados anteriormente para el acarreo del material, se realizó un sondeo del mercado nacional de equipos de carga pesada y se decide usar un Chevrolet Kodiak 8500.

**Tabla 14.** Equipo de Acarreo seleccionado Camión  
Kodiak 8500 Tractor

<b>Equipo</b>	<b>Modelo</b>	<b>Características</b>
	Camión Kodiak 8500 Tractor 6x4 (175")	<b>MOTOR</b>
		<b>Tipo:</b> Caterpillar 3126 electrónico
		<b>Potencia:</b> 300@2.200
		<b>Alimentación:</b> Inyección directa
		<b>Tipo de Combustible:</b> Diesel
		<b>Tanque de Combustible doble (Its):</b> 189 C/u
		<b>Capacidad de carga (Kg.):</b> 17.798
		<b>Capacidad de remolque (Kg.):</b> 28.602
		<b>Capacidad de carga del eje delantero (Kg.):</b> 6.628
		<b>Capacidad de carga del eje trasero (Kg.):</b> 18.160
<b>Capacidad de la Tolva (m<sup>3</sup>):</b>		

- **Equipo de Carga**

**Datos:**

- N° de Pases para carga del camión = 4 pases
- Producción horaria = 160,4 toneladas

Usando la ecuación (6) se obtiene que:

$$\mathbf{Tamaño\ del\ balde(m^3) = 1,7}$$

De acuerdo a la capacidad de balde y tomando en cuenta la carga de equilibrio estático y la carga máxima de operación (con un factor de llenado de 85 % por ser material suelto de 24 mm y más grande tomado de la tabla N° 6) se elige un cargador frontal 924 H.

**Tabla 15.** Equipo de Carga  
Cargador de Ruedas 924H

Equipo	Modelo	características
	Cargador de Ruedas 924H	<i>Capacidad del Cucharón: 1.7m<sup>3</sup></i>
		<i>Carga Equilibrio Estático a 40º giro Kg: 7276</i>
		<i>Potencia: 96 kW 128 hp</i>
		<i>Peso Operativo: 11632 kg 25644lb</i>

## 5.2. Trazado de Ruta de Acarreo

Distancia Horizontal necesaria para vencer el desnivel, utilizando la ecuación (3).

$$DH = 50 m$$

De la ecuación (7), se obtiene la distancia horizontal para vencer el desnivel entre curva y curva pero a la escala del mapa.

$$DH_{esc} = 2 cm$$

Verdadero tamaño a la escala del plano de la longitud del tramo 1 de la vía 1, este es calculado usando la ecuación (8).

$$VT = 6,03 cm$$

La longitud real del tramo 1 de la ruta 1 en metros, obtenido con la ecuación (9).

$$Longitud Real = 150,75m$$

Todo el procedimiento anteriormente descrito se aplica a cada tramo de las rutas uno y dos, dichos resultados se muestran a continuación en las **tablas 16 y 17**.

**Tabla 16.** Ruta 1 (Planta-Patio A)

Tramo	Longitud (m)	Pendiente (%)
1	150,75	10
2	50,00	0
3	603,25	10
4	300,00	0
5	251,50	10
Total	1355,50	

**Tabla 17.** Ruta 2 (Planta-Patio B)

Tramo	Longitud (m)	Pendiente (%)
1	150,75	10
2	50,00	0
3	603,25	10
4	250,00	0
5	251,50	10
Total	1305,50	

### 5.3. Tiempos de Acarreo

Usando la tabla N° 18 y la ecuación 10 se determina el tiempo de acarreo para el tramo 5 de la vía 1 cuando está cargado.

**Tabla N° 18.** Velocidades promedios de desplazamiento para vías con pendiente dada (equipo cargado).

Dirección	Pendiente (%)	Velocidad (Km/h)
Horizontal	0	30
Descendiendo	10	10
Ascendiendo	10	15

**Tabla N° 19.** Velocidades promedios de desplazamiento para vías con pendiente dada (equipo vacío).

Dirección	Pendiente (%)	Velocidad (Km/h)
Horizontal	0	40
Descendiendo	10	20
Ascendiendo	10	30

***Tiempo de acarreo = 0,0210 horas***

**Tabla 20.** Tiempos de recorrido de la ruta 1 por tramo, para el camión lleno.

Tramo	Longitud (Km)	Velocidad (Km/h)	Tiempo (horas)
1	0,15075	10	0,0151
2	0,05000	30	0,0017
3	0,60325	15	0,0402
4	0,30000	30	0,0100
5	0,25150	10	0,0252
		Total	0,0921

**Tabla 21.** Tiempos de recorrido de la ruta 1 por tramo, para el camión vacío.

Tramo	Longitud (Km)	Velocidad (Km/h)	Tiempo (horas)
1	0,15075	30	0,0050
2	0,05000	40	0,0013
3	0,60325	20	0,0302
4	0,30000	40	0,0075
5	0,25150	30	0,0084
		Total	0,0523

El tiempo total que le toma al camión, recorrer la ruta 1 cargado y de retorno agregándole 1,2 minutos como tiempo máximo de maniobra, es decir el tiempo de ciclo es:

***Tiempo de ciclo = 9,9 minutos***

**Tabla 22.** Tiempos de recorrido de la ruta 2 por tramo, para el camión lleno.

Tramo	Longitud (Km)	Velocidad (Km/h)	Tiempo (horas)
1	0,15075	10	0,0252
2	0,05000	30	0,0083
3	0,60325	15	0,0402
4	0,25000	30	0,0017
5	0,25150	10	0,0151
		Total	0,0904

**Tabla 23.** Tiempos de recorrido de la ruta 2 por tramo, para el camión vacío.

Tramo	Longitud (Km)	Velocidad (Km/h)	Tiempo (horas)
1	0,15075	30	0,0050
2	0,05000	40	0,0013
3	0,60325	20	0,0302
4	0,25000	40	0,0063
5	0,25150	30	0,0084
		Total	0,0511

El tiempo total que le toma al camión, recorrer la ruta 2 cargado y de retorno agregándole 1,2 minutos como tiempo máximo de maniobra, es decir el tiempo de ciclo es:

***Tiempo de ciclo = 9,7 minutos***

#### 5.4. Velocidad máxima del equipo de acarreo

Utilizando la teoría de cálculo de velocidad máxima en la que se emplea la ecuación (4), se obtienen los valores máximos de las velocidades del equipo de acarreo, cuando está vacío y cuando está lleno, las cuales se muestran en las tabla N° 24 y 25 respectivamente.

$$V_{m\acute{a}x} = 70,5 \text{ Km/h}$$

**Tabla 24.** Velocidades máximas obtenidas a través de la ecuación de Wildor (1996), para el equipo de acarreo seleccionado vacío.

Tramo	Pendiente (%)	TR	V <sub>máx</sub> (Km/h)
1	10	0,15	70,5
2	0	0,05	211,4
3	10	0,15	70,5
4	0	0,05	211,4
5	10	0,15	70,5

**Tabla 25.** Velocidades máximas obtenidas a través de la ecuación de Wildor (1996), para el equipo de acarreo seleccionado cargado.

Tramo	Pendiente (%)	TR	V <sub>máx</sub> (Km/h)
1	10	0,15	18,1
2	0	0,05	54,4
3	10	0,15	18,1
4	0	0,05	54,4
5	10	0,15	18,1

El factor de corrección de la velocidad para los tramos, se obtiene utilizando la tabla N° 9, la cual utiliza un factor de corrección en base a la longitud y dirección del desplazamiento. En las tablas N° 26, 27, 28 y 29

se muestran los factores de corrección de velocidad máxima para las vías 1 y 2 en camiones vacíos y llenos.

**Tabla 26.** Factores de corrección de velocidad máxima para la vía 1 vacío.

Tramo	Longitud (m)	Dirección	Factor de Corrección
1	150,75	Ascendente	0,77
2	50,00	Horizontal	0,65
3	603,25	Descendente	1,0
4	300,00	Horizontal	0,70
5	251,50	Ascendente	0,77

**Tabla 27.** Factores de corrección de velocidad máxima para la vía 1 cargado.

Tramo	Longitud (m)	Dirección	Factor de Corrección
1	150,75	Descendente	1,0
2	50,00	Horizontal	0,65
3	603,25	Ascendente	0,90
4	300,00	Horizontal	0,70
5	251,50	Descendente	1,0

**Tabla 28.** Factores de corrección de velocidad máxima para la vía 2 vacío.

Tramo	Longitud (m)	Dirección	Factor de Corrección
1	150,75	Ascendente	0,77
2	50,00	Horizontal	0,65
3	603,25	Descendente	1,0
4	250,00	Horizontal	0,70
5	251,50	Ascendente	0,83

**Tabla 29.** Factores de corrección de velocidad máxima para la vía 2 cargado.

Tramo	Longitud (m)	Dirección	Factor de Corrección
1	150,75	Descendente	1,0
2	50,00	Horizontal	0,65
3	603,25	Ascendente	0,90
4	250,00	Horizontal	0,70
5	251,50	Descendente	1,0

#### 5.4.1. Velocidad Teórica Corregida

Si se multiplica el valor del factor de corrección con su respectivo valor de velocidad máxima se obtiene la velocidad teórica corregida por tramo para un equipo con las características como las del seleccionado. A continuación se presentan los valores de velocidad teórica corregida junto a los valores asumidos o seleccionados en el cálculo de el tiempo del ciclo de acarreo.

**Tabla 30.** Comparación de velocidades teóricas corregidas y las velocidades previamente seleccionadas para el equipo de acarreo en vacío en la vía 1.

Tramo	V teórica Corregida (Km/h)	V seleccionada (Km/h)
1	54,3	30
2	137,4	40
3	70,5	20
4	148,0	40
5	54,3	30

**Tabla 31.** Comparación de velocidades teóricas corregidas y las velocidades previamente seleccionadas para el equipo de acarreo en vacío en la vía 2.

Tramo	V teórica Corregida (Km/h)	V seleccionada (Km/h)
1	54,3	30
2	137,4	40
3	70,5	20
4	148,0	40
5	58,5	30

**Tabla 32.** Comparación de velocidades teóricas corregidas y las velocidades previamente seleccionadas para el equipo de acarreo cargado para la vía 1 y 2.

Tramo	V teórica Corregida (Km/h)	V seleccionada (Km/h)
1	18,1	10
2	35,4	30
3	16,3	15
4	38,1	30
5	18,1	10

### 5.5. Cálculo de Producción horaria de Equipos

- **Equipo de Arranque**

Seleccionando los factores aplicables a nuestro caso de la Tabla N° 3 y con la ayuda de la Gráfica N° 1, se realizó el cálculo de la producción horaria del tractor de cadena D7R serie II.

**Producción horaria = 160, 4 Toneladas**

### 5.1. Equipos de Carga y Acarreo

- **Equipo de carga**

**Tiempo Total de Ciclos:** 0,56 minutos (33,6 segundos)

$$N^{\circ} \text{ de } \frac{\text{ciclos}}{\text{hora}} = \frac{60 \text{ minutos/hora} \times \%85}{100\% \times 0,56 (\text{min/ciclo})} = 91$$

- **Equipo de Acarreo**

Utilizando la Ecuación (12) se calcula el número de ciclos del camión

$$\text{Numero de } \frac{\text{Ciclos}}{\text{hora}} \text{ del Camion} = 4$$

Aplicando la ecuación (13), se determina la cantidad de material que transportará el camión por viaje.

$$\text{Ton de } \frac{\text{material}}{\text{ciclo}} = 14,68$$

Aplicando la ecuación (14), se obtiene el Número de Camiones

$$\text{N}^\circ \text{ de Camiones} = 3 \text{ camiones}$$

Para determinar el número de ciclos por hora del cargador que realizará la carga del camión se utiliza la ecuación (15).

$$\text{N}^\circ \text{ de } \frac{\text{ciclos}}{\text{hora}} \text{ del cargador} = 48$$

El numero de ciclos por hora del cargador del camión es 48 pases.

La producción horaria del cargador se obtiene a través de la ecuación (16).

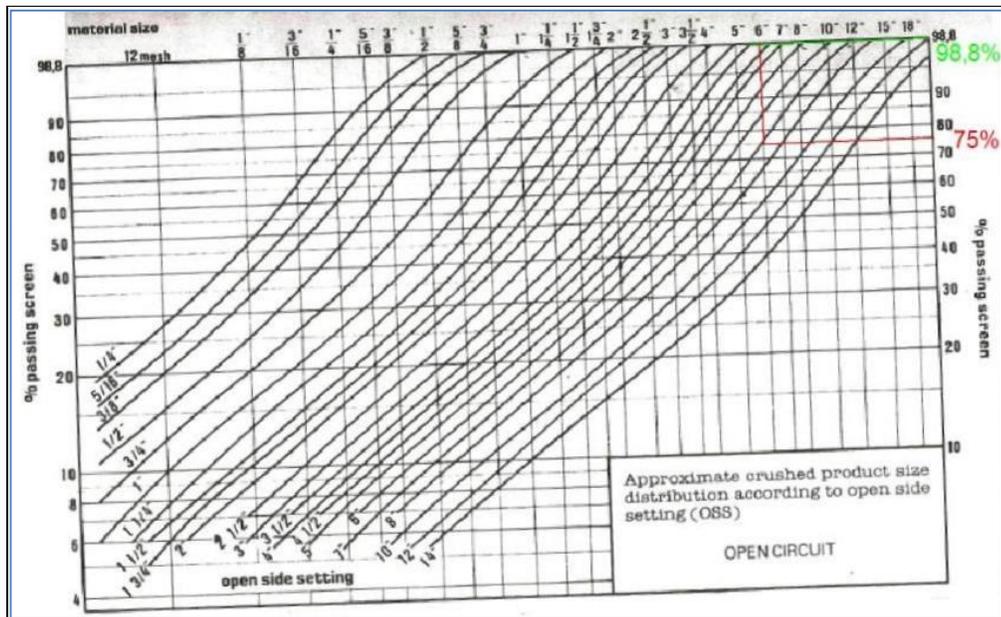
$$\text{Producción horaria del cargador} = 165 \text{ ton}$$

## **5.6. Flujograma de Proceso de la Planta de Preparación mecánica de Mineral.**

Partiendo de las tablas 10 y 11 se pudieron obtener los valores del % de pasante, producción horaria en m<sup>3</sup>/h, de acuerdo a los modelos

escogidos para la alimentación de la planta se muestran estos resultados en la Grafica 3 y la tabla 33 que se presenta a continuación.

**Grafica 3** Grafica de Granulometría donde se muestran los % de Pasante de acuerdo con las características de las mandíbulas seleccionadas



Fuente: Chushing Handbook

Los equipos de trituración tomados del Cruher Handbook de Fábrica Fa ACo S.A. que cumplen con la producción necesaria para la planta de procesamiento de cuarzo, se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 33 Trituradoras de Mandíbula**

Modelo	Tamaño de salida	Tamaño de la alimentación	% pasante	Retenido	Producción m <sup>3</sup> /h
1200x400	3 1/2"	<6"	98,8%	1,20%	83-105
1200x900	7"	Entre 6" y 30"	75%	25%	125-160

A continuación se explica el proceso de beneficio al cual se someterá el cuarzo con una descripción del flujograma que se muestra en la **Figura I**.

#### **5.6.1. Descripción del Flujograma de Proceso de la Planta de Trituración**

A partir de las siguientes necesidades del comprador y de la actividad, se propone un flujograma que satisfaga las mismas:

- El tamaño máximo de los bloques de cuarzo puede alcanzar las treinta (30") pulgadas.
- El material debe estar limpio y libre de impurezas.
- Debe poseer tamaños específicos comprendidos entre ¾" a 2" y 2" a 6".
- El material que no cumpla con las especificaciones de tamaño para la venta a la industria de las ferroaleaciones será usado como agregado para la industria de la construcción.

#### *Trituración Primaria*

Todo el material que viene del frente de explotación será apilado en las cercanías a la planta de trituración, desde allí un cargador frontal

llevará material hasta la tolva de alimentación, ya que el todo en uno tiene un tamaño máximo de treinta (30) pulgadas ó 762 mm, la tolva debe ser capaz de recibir bloques de tales dimensiones.

Seguido de la tolva se encuentra una criba cuyo propósito es clasificar el material en dos: el primero será menor a seis (6) pulgadas ó 150 mm que pasará a través de la Grilla (reja/parrilla) y será dirigido a través de cintas transportadoras directamente al tromel; y el segundo con dimensiones superiores a seis (6) pulgadas que será retenido e irá directo a la trituradora de mandíbula, la cual recibirá tamaños comprendidos entre seis (6) y treinta (30) pulgadas (el cual es el tamaño máximo del todo en uno).

#### *Trituración Secundaria*

A la salida de la trituradora se encuentra una segunda rejilla, que de forma similar a la primera también clasificará el material en dos productos, un retenido cuyo tamaño será superior a seis (6) pulgadas y será dirigido a una segunda trituradora con dimensiones de entrada de 1200x400mm, cuyo producto se unirá al flujo del pasante de la segunda grilla para ser dirigido al tromel.

#### *Lavado*

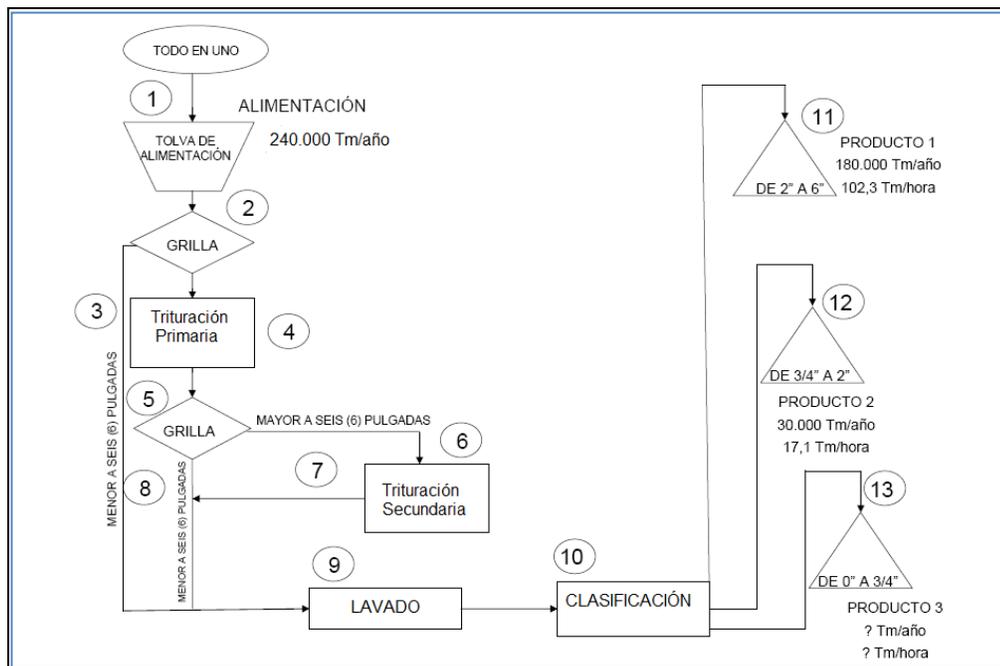
Todo el material al final del proceso de trituración y pasante de la grilla, deberá ser lavado en un tromel, este proceso es necesario para la eliminación del alto contenido de arcilla que posee el cuarzo, y el cual debe ser removido por la acción que se genera dentro de este equipo, el cual será clasificado a continuación por una zaranda.

## Clasificación

Una vez que todo el material haya sido lavado, y pase por la criba o zaranda, será clasificado en tres productos, el primero comprendido entre dos (2) y seis (6) pulgadas, un segundo de tres cuartos (3/4) a dos (2) pulgadas, ambos destinados a la industria de las ferroaleaciones, y un tercero cuyas dimensiones oscilan de cero (0) a tres cuartos (3/4) de pulgada.

La producción anual para la venta al cliente (de cuarzo para uso metalúrgico) corresponde a 210.000 Tm./año: el 85,7% (equivale a 180.000 Tm./año) debe poseer una granulometría comprendida entre dos (2) y seis (6) pulgadas (es decir entre 50 y 150 mm), el 14,3% (equivalente a 30.000 Tm./año) debe tener tamaños comprendidos entre (3/4) y dos (2) pulgadas.

**Figura I. Flujograma de la Planta de Trituración**



## Análisis de Resultados

De acuerdo a los resultados obtenidos de los cálculos correspondientes, se determinaron las dos posibles vías de acarreo de material, por medio del método de trazado de líneas de pendiente constante; dando como resultado longitudes de acarreo que justifican la selección de los equipos de carga pesada seleccionados, basado en el manual de rendimiento de equipos Caterpillar, en el cual se expresa que para longitudes de acarreo aproximadamente 100 km los equipos mas adecuados son los de carga pesada o equipos destinados a la construcción.

Sin embargo, es necesario resaltar las características del tramo 3, el cual es común a las dos posibles rutas de acarreo, este posee una longitud de 603,25 metros, siendo este el tramo más largo de todo el trazado, además es el que posee mayores cambios de dirección, todo esto se le puede atribuir a la forma de las curvas de nivel, ya que estas representan una elevación en la superficie, dado que el tramo 3 atraviesa esta zona de oeste a este.

Por otra parte, se realizó la determinación de los equipos de arranque, un tractor modelo D7R serie II Caterpillar, debido a que se poseen distancias cortas para realizar el apilamiento del material las cuales son de aproximadamente 90 metros de longitud este equipo cumple cabalmente con un rendimiento apropiado a la producción necesaria de cuarzo. De igual manera se seleccionó el equipo encargado de realizar la carga del mineral cuarzo, este equipo es escogido debido a que puede cumplir con las metas de producción horaria necesaria para mantener la alimentación de la planta de trituración, cumpliendo con excelentes tiempo de ciclo de carga, sin embargo, el número de ciclos que puede realizar por hora, está fuertemente relacionados a la flota de camiones, ya que si el cargador estuviese trabajando al máximo de su

tiempo el número de camiones sería excesivamente alto, trayendo como consecuencia una inversión innecesaria en equipos de acarreo para una producción como la que se plantea en este informe.

El cálculo y selección de equipos, se enfrentaba a una operación minera con una producción mediana que requiere de equipos grandes capaces de soportar las características del área y del material a explotar, es por ello que se decidió establecer ciertos valores fijos como es el caso de la tolva del equipo de acarreo 7m<sup>3</sup> de capacidad para un Kodiak 8500; que es capaz de soportar una carga mediana de mineral de cuarzo.

Ya que no se cuenta con información acerca de la velocidad de desplazamiento de los equipos considerados para el acarreo del material se decidió calcular los tiempos de acarreo utilizando velocidades estándar para equipos de transporte de carga pesada. Las velocidades elegida de fueron justificadas al compararlas con velocidades máximas, calculadas posteriormente usando las ecuaciones propuestas por Wildor (1996), dicha comparación es presentada en las tablas N° 22,23 y 24 donde se aprecia que las velocidades asumidas siempre son menores que las calculadas, indicando que son valores aceptables para tramos dados.

Las mayores diferencias de velocidades teóricas vs seleccionadas se observaran en los tramos horizontales esto se debe a que teóricamente es posible alcanzar una mayor velocidad en este tipo de tramo sobre todo si la longitud es bastante grande.

Para poder cubrir la demanda del mercado de cuarzo metalúrgico de acuerdo a ciertas granulometrías, se seleccionaron 2 mandíbulas; una de 1200x900 para llevar a cabo una primera trituración con la cual se obtiene según la grafica N° 3, valores del porcentaje de pasante de un 75%, con una abertura de salida de 7" quedando como sobre tamaño un 25% que no logra pasar la malla de 6 pulgadas, y este material es

direccionado a la segunda trituradora 1200x400 que procesara alrededor de un 98,8%, obteniendo un producto menor a 6 pulgadas, esta mandíbula posee una abertura de salida de  $3\frac{1}{2}$ ". Por otra parte, se incluyo en el proceso de beneficio un equipo para el lavado del material (tromel) que cumplirá con la función de lavar el material para liberarlo de las impurezas de la arcilla presente la cual es producto del tratamiento de trituración.

## CONCLUSIÓN

En función de la investigación realizada y los resultados obtenidos se presentan las siguientes conclusiones:

- La selección de los equipos de arranque carga y acarreo está conformada por:
  - Tractor Modelo D7R serie II (arranque) Carterpillar
  - Cargador de Ruedas 924h (Carga) Carterpillar
  - Camión Kodiak 8500 con tolva de 7m<sup>3</sup> (acarreo) Chevrolet
  
- Una propuesta de rutas de acarreo, la cual se encuentra dibujada en el anexo N° 1.
  
- El flujograma preparación mecánica basado en las características del mineral y las especificaciones conocidas está conformado por los siguientes equipos:
  - Trituradoras de Mandíbula
    - 1200x900 con salida abierta de 7" y una producción máxima de 160 ton/h.
    - 1200x400 con salida abierta de 3½" y una producción máxima de 105 ton/h.
  
  - Tromel o lavador
  - Criba de dos lonas

## RECOMENDACIONES

- Evaluar la factibilidad de los equipos de arranque, carga y acarreo seleccionados.
- Diseñar la vía de acarreo sobre la ruta planteada, pero considerando parámetros técnicos y económicos que permitan determinar la factibilidad de la misma.
- Realizar un estudio de planta piloto, para analizar el comportamiento del mineral en los equipos de trituración bajo las condiciones establecidas y corroborar o descartar la necesidad de una trituración secundaria.

## BIBLIOGRAFÍA

Carterpillar (2008) **“Carterpillar Performarce Handbook”** Edición 38.

Casanova L. “Aplicaciones de las Curvas de Nivel”. Departamento de Vías. Facultad de Ingeniería Universidad de los Andes. Mérida Venezuela

Fueyo Luis (1999). **Equipos de Trituración Molienda y Clasificación. Tecnología, Diseño y Aplicación.** Editorial Rocas y Minerales. Madrid – España.

FundaGeominas (2008). **Factibilidad técnico económica para la exploración y aprovechamiento socio-productivo del cuarzo metalúrgico. Parcela San Lorenzo (240Ha) El Miamo, Municipio Roscio Estado Bolívar.** Inédito.

López J . “Calculo de Rendimientos en Maquinaria en Minería” Escuela técnica de Ingenieros de Minas, Universidad Politécnica de Madrid. Madrid España.

Kelly Errol (1990). **Introducción al Procesamiento de Minerales.** Editorial Limusa S.A. México.

Wildor T (1996). “Mine Planning and equipment Selection”

Peláez Eduardo (1981). **Preparación y Concentración de Minerales.** Caracas – Venezuela. Facultad de Ingeniería.

[es.wikipedia.org/wiki/Arena](http://es.wikipedia.org/wiki/Arena)

[www.lavallab.com/es/particl-size.htm](http://www.lavallab.com/es/particl-size.htm)