

## **8. PROYECTO DE LAS EXPLOTACIONES**

### **8.1 Introducción**

Este capítulo trata sobre los aspectos del diseño de la mina del proyecto, con la intención de formar una progresión lógica a partir de la fase de Exploración Geológica Detallada y del informe de Cubicación de Reservas entregado previamente. Dentro del diseño se tomarán en cuenta los estudios sobre análisis químicos y ensayos de mezclas llevados a cabo previamente. Así mismo, el proyecto de explotación ha tomado como base los detalles finales de la planta de cemento, debatidos en el Estudio de Factibilidad del proyecto, y con razón, el diseño de la mina tiene en cuenta los requisitos del proceso final. Los siguientes apartados tratarán sobre los métodos de explotación a cielo abierto de las calizas y arcillas.

#### **8.1.1 Estimación de Reservas Minables**

Para calcular que proporción de los recursos geológicos (ver capítulo 6 - Cubicación de Reservas) es explotable, se necesitará conocer el límite definitivo del depósito. La cantidad de material retenido en las paredes de los bancos dependerá de la resistencia de la roca y de otros factores, se puede explotar sólo dentro del depósito, y así dejar parte de los recursos sin explotar o extenderse fuera del depósito, así aprovechar todos los residuos o parte de los residuos. El nivel freático del agua suele determinar la máxima profundidad práctica adecuada para desempeñar las explotaciones, ya que, a medida que se penetra dentro del nivel freático, es mayor la presión y corriente del agua sobre las paredes de la mina y, por lo tanto, existe riesgo de que ocurran derrumbes, sin embargo, para estos recursos se conoce que el nivel freático está por debajo del nivel de fondo de la mina. Todos estos aspectos serán tratados en los siguientes capítulos, teniendo en cuenta lo siguiente:

- Situación actual, infraestructuras, características generales.
- Diseño de la explotación:
  - Características de los bancos.
  - Arranque.
  - Carga y transporte.
  - Accesos.
  - Maquinaria.
  - Instalaciones.
- Planta de tratamiento
- Transporte a fábrica
- Corrección de impactos durante la explotación
- Plan de restauración
- Mediciones. Ritmo de explotación. Vida útil de la cantera
- Presupuesto.

### **8.2 Situación Actual**

#### **8.2.1 Acceso a las Instalaciones**

El acceso al área se realiza por carretera desde Santo Domingo a través del poblado de Nigua. Este tramo de carretera están bien asfaltado para soportar tráfico pesado, y es de doble vía en su mayor parte. El tramo de carretera desde Nigua hasta el área de estudio se ha nivelado

pero no asfaltado. Pronto está previsto asfaltar un buen tramo de carretera para que puedan circular los camiones pesados. La duración del viaje desde Santo Domingo a Najayo es de unos 30 minutos aproximadamente.

Desde esta carretera, otra vía de acceso es San Cristóbal - Najayo, al cruzar por la carretera de Las Canelas, Nigua arriba se gira a la izquierda, y a 4 Km está la parte posterior de la fábrica. A través de esta vía llegará el yeso desde la ciudad de Barahona. Dicha vía de comunicación está en buen estado.

### **8.2.2 Servicios Energéticos**

Las redes eléctricas de la Corporación Dominicana de Electricidad, (CDE) llegan hasta Nigua, y desde dicha Sub-estación, a la planta de cemento, habiendo 4 km. de distancia aproximadamente. El costo de las redes aproximado es de 1 millón RD\$/km.

Existe un estudio sobre el empalme de la fábrica de cemento con esta sub-estación, pero no fue posible tener acceso a este.

La antigua cementera de CORDE tenía una planta de generación eléctrica de 10 mW, siendo suficiente para abastecer la nueva fábrica, y además el excedente será facilitado a los poblados vecinos.

La interconexión con la CDE, es costosa y no brinda seguridad en el suministro, por lo que no se vislumbra por el momento la necesidad de dicha interconexión, aunque en el futuro podría interesarle a la CDE que la cementera le venda su excedente y construir las redes a costo propio de la CDE. El precio del kW/hora es, en alta tensión, de aproximadamente US\$0.131/kwh.

### **8.2.3 Terrenos**

La mayoría de las propiedades del entorno a la cementera son propiedad de la empresa, los pequeños propietarios que aún no han vendido, en su momento tendrán que hacerlo, debido a que existe un Decreto de Expropiación de Terrenos en toda la zona de explotación. Actualmente la propiedad tiene una extensión de 3,000 hectáreas aproximadamente. Este tema se elaborará más detalladamente dentro del Estudio de Impacto Medioambiental.

### **8.2.4 Agua potable**

Todo el acuífero costero está salinizado, incluyendo las partes altas del yacimiento; el instituto de agua potable (INAPA) no permite la realización de más pozos de agua en dicho acuífero, ya que podría aumentar el proceso de intrusión salina.

Dicho Instituto recomienda a CORDE abastecerse de agua dulce del otro lado de la parte alta de la Canela, es decir, de la división de San Cristóbal, bombeando hasta la parte alta, y quizás abastecer a algunas comunidades locales.

No existe ningún estudio sobre hidrología, aunque lo aconsejado por este instituto se pudo comprobar durante la realización de éste. Además existen acueductos con molinos de viento

cercanos a la carretera, desde donde las comunicaciones se abastecen, cuya agua está salinizada y no es apta para el consumo humano.

### 8.3 Reservas Minables

El estudio geológico ha determinado que el depósito se encuentra en forma de roca joven, sin fallas ni estratificación ni diaclasas. Sin embargo, se ha comprobado que este tipo de roca contiene muchas cavidades, tanto pequeñas como alargadas.

El método de extracción que está previsto utilizar permitirá explotar el depósito completo. Como resultado de esto, se podrá calcular fácilmente el volumen del recurso disponible mediante el mapeo del área y considerando el volumen de material en bancos de 10 m de profundidad. Tanto por razones medioambientales, sociales y físicas, se ha respetado una distancia de 100 metros desde las carreteras públicas y desde donde existe población. Los detalles sobre el perímetro se muestran en el plano número PE001 y PE002.

#### 8.3.1 Depósito de caliza

Este depósito ha sido específicamente calculado mediante la identificación de los bancos individuales de 10 m., de altura, y con la aplicación de un coeficiente de relleno (sabiendo que en ocasiones no existen los 10 m. y que algunas veces se pierden) se llegará a calcular el volumen. Se ha empleado una gravedad específica de 1.8 para llegar a conocer el volumen (siendo ésta la densidad aproximada de la caliza cuando está seca), en los que, tanto los valores de las toneladas como de los volúmenes han sido redondeados. Los posteriores apartados se ocupan del criterio tomado para esto.

**Tabla PE-1**  
**Reservas Minables de Caliza**

MINA DE CALIZA					
Nivel de banco	Area de piso m <sup>2</sup>	Factor de relleno	Volumen en m <sup>3</sup>	Factor de densidad	Volumen en toneladas métrica
125 m	36,000.00	0.20	72,000.00	1.80	129,600.00
115 m	312,000.00	0.50	1,560,000.00	1.80	2,808,000.00
105 m	535,000.00	0.85	4,547,500.00	1.80	8,185,500.00
95 m	789,000.00	0.85	6,706,500.00	1.80	12,071,700.00
85 m	728,000.00	0.85	6,188,000.00	1.80	11,138,400.00
75 m	464,000.00	0.85	3,944,000.00	1.80	7,099,200.00
65 m	423,000.00	0.90	3,807,000.00	1.80	6,852,600.00
55 m	335,000.00	0.95	3,182,500.00	1.80	5,728,500.00
45 m	163,000.00	0.95	1,548,500.00	1.80	2,787,300.00
<b>TOTALES</b>			<b>31,556,000.00</b>		<b>56,800,800.00</b>

#### 8.3.2 Depósito de Arcillas

El estudio geológico, ha definido una zona que contiene un depósito de arcilla, físico y químicamente sólido. El buzamiento del depósito es de 17 grados aproximadamente en sentido sureste. La arcilla tiene un color marrón, estando seca y meteorizada cuando está próxima a la superficie, cambiando de color a gris verdoso a medida que se profundiza, con algunas bandas calcáreas hasta una profundidad de unos 60 m. por debajo del brocal del sondeo. El contenido de humedad de este material es de un 20 % aproximadamente.

Mediante el examen de las muestras de los testigos y de varias calicatas excavadas en la zona, ambos con fines geológicos y otros, se puede saber que es posible explotar las arcillas mediante métodos convencionales, utilizando maquinaria normal de ingeniería civil. Para conseguir explotar de manera eficaz este depósito, habrá que tener en consideración los aspectos medioambientales, sociales y físicos, siendo necesario laborar tres minas; una al lado de la otra, sin estar conectadas entre sí. La mina más norteña ha sido denominada "Mina N", la más occidental "Mina W" y la más meridional "Mina S".

Conociendo las cotas de los bancos, con una rasante de 10 m. y el área al que se ha aplicado un coeficiente de relleno (teniendo en cuenta que no siempre existen los 10 m., y que algunos se pierden) se ha podido calcular específicamente el volumen de reserva. Se ha empleado una gravedad específica o factor de densidad de 1.7 para el cálculo de las toneladas de arcilla que se van a usar. Esta cifra procede del trabajo de las Pruebas Geotécnicas.

**Tabla PE-2**  
**Reservas Minables de Arcilla**

<b>MINA "N"</b>					
Nivel de banco	Area de piso en m <sup>2</sup>	Factor de relleno	Volumen en m <sup>3</sup>	Factor de densidad	Volumen toneladas métricas
130 m	5,000.00	0.30	15,000.00	1.70	25,500.00
120 m	20,000.00	0.50	100,000.00	1.70	170,000.00
110 m	38,000.00	0.70	266,000.00	1.70	452,200.00
100 m	62,000.00	0.85	527,000.00	1.70	895,900.00
90 m	90,000.00	0.85	765,000.00	1.70	1,300,500.00
80 m	46,400.00	0.95	440,800.00	1.70	749,360.00
70 m	24,700.00	0.95	234,650.00	1.70	398,905.00
<b>TOTALES</b>			<b>2,348,450.00</b>		<b>3,992,365.00</b>

**MINA "S"**

Nivel de banco	Area de piso en m <sup>2</sup>	Factor de relleno	Volumen en m <sup>3</sup>	Factor de densidad	Volumen toneladas métricas
140 m	6,000.00	0.30	18,000.00	1.70	30,600.00
130 m	20,700.00	0.50	103,500.00	1.70	175,950.00
120 m	76,200.00	0.70	533,400.00	1.70	906,780.00
110 m	119,900.00	0.80	959,200.00	1.70	1,630,640.00
100 m	172,700.00	0.80	1,381,600.00	1.70	2,348,720.00
<b>TOTALES</b>			<b>2,995,700.00</b>		<b>5,092,690.00</b>

MINA "W"					
Nivel de banco	Area de piso en m <sup>2</sup>	Factor de relleno	Volumen en m <sup>3</sup>	Factor de densidad	Volumen toneladas métricas
70 m	158,600.00	0.90	1,427,400.00	1.70	2,426,580.00
60 m	123,500.00	0.95	1,173,250.00	1.70	1,994,525.00
<b>TOTALES</b>			<b>2,600,650.00</b>		<b>4,421,105.00</b>

Utilizando los cuadros anteriores se calcula que la reserva de arcilla explotable es de 13.5 millones de toneladas.

El coeficiente de relleno depende totalmente del diseño final de la mezcla de materia prima. La cantidad de material existente puede aumentar si se desarrolla más intensa y profundamente la "Mina W". Este desarrollo conlleva tener que explotar una mina a un profundo sub-nivel, lo que significa que habrá que tomar en cuenta algunos problemas relacionados con la entrada de agua a un medio impermeable.

## 8.4 Plan de Minado

### 8.4.1 Depósito de caliza

Se ha localizado una fuente de caliza, la cual está formada de tres diferentes grados químicos. El plano número AQ001 del Estudio de Análisis Químico presenta estos tres grados químicos. También existe cambio de grado químico en el sentido vertical aunque, generalmente el grado es constante en intervalos de 10 m.

Para una explotación de forma práctica y segura, habrá que tener en cuenta el factor de seguridad y el de medioambiente, habrá que laborar el depósito desde la superficie hacia abajo, en series de bancos, teniendo en cuenta que será necesario extraer los materiales en los grados adecuados, y según sus características químicas y físicas. La explotación en general consistirá en la combinación de técnicas que contemplen el arranque y empuje del terreno, pudiendo utilizarse técnicas de perforación y voladuras para la explotación a cotas más profunda.

El laboreo de la cantera se realizará siguiendo las pautas y procedimientos convencionales, mediante excavaciones que se inicien desde la parte más elevada, y construyendo una serie de

bancos de 10 m., con escalones o bermas de 6 m. desde el nivel anterior. El avance de la extracción estará regida por la complicada geología y química de la roca, comenzando con un explotación del material de grado bajo, cerca del límite occidental de la zona en su punto más alto de 135 m. sobre el nivel medio del mar (SNMM) avanzando a grado intermedio hasta terminar en grado alto a 45 m. SNMM.

El examen de muestras de testigos y los resultados obtenidos en varias calicatas excavadas en la zona, demuestran que se puede explotar este tipo de material sin incorporar técnicas avanzadas de perforación y de voladura, normalmente utilizadas en explotaciones de canteras con rocas más duras. Se puede laborar la cantera empleando un tractor de orugas utilizando las técnicas de arranque y empuje del material cuesta abajo, con un cargador de ruedas que cargue el material a los clásicos camiones basculadores. Los resultados geotécnicos indican que la resistencia de las calizas está dentro de la capacidad operativa de tales equipos.

Cuanto más profunda sea la explotación de la cantera (en relación con la cota de las zonas periféricas), se verá más reducido el impacto visual.

#### **8.4.1.1 Infraestructura**

Antes de empezar la explotación, habrá que construir una carretera de acceso al área de operaciones. Es recomendable que la carretera parta del área sureste de la nueva planta de procesamiento del clinker, cuyas coordenadas son 385700 E, 2029500N, y termine en un punto adecuado dentro del área de explotación, tal como el 384600E, 2029900N.

Los primeros 500 m. de la carretera, es decir, la prolongación de la carretera desde la zona de la planta propuesta, será la ruta permanente durante toda la vida de la mina y, por esta razón, se recomienda una construcción adecuada y que siga las pautas comunes según:

- ruta = que sigan los rasantes naturales
- elevación y gradientes = que no sobrepase los 1:12
- ancho = no menos de 20 m. (para camiones de 50 toneladas con 4.5 m. de ancho)
- desagüe = sobre la bancada más elevada y en gran elevación con alcantarillas
- vallas de seguridad = vallas tipo ARMCO, donde sea necesario
- señales = señales de tráfico que se identifiquen claramente para los habitantes de la región
- pavimentación = hormigón en curvas y el resto asfaltado.
- marcas de carretera = según las costumbres de la región
- prioridades = señalizada claramente

La carretera enlazará con varias otras subsidiarias. Durante la vida de la mina, y con el fin de adaptarse a los cambios de ubicación de los bancos activos, será necesario, de vez en cuando, rediseñar y reorganizar las carreteras subsidiarias, que no habrán sido necesarias construirlas con alta calidad como es el caso de la carretera permanente. Con el fin de conseguir una inclinación de la carretera aceptable, normalmente del 1:12, se seguirán los rasantes naturales de ésta, y debido a la elevación de 55 m. y la corta distancia disponible, no requerirá que se amplíe la longitud de la carretera con vueltas. En el caso de que fuera necesario dar vueltas, habrá que tener en cuenta el ángulo de visibilidad, y las curvas deberán ser horizontales. El plano número PE001 muestra la ubicación de la carretera de acceso.

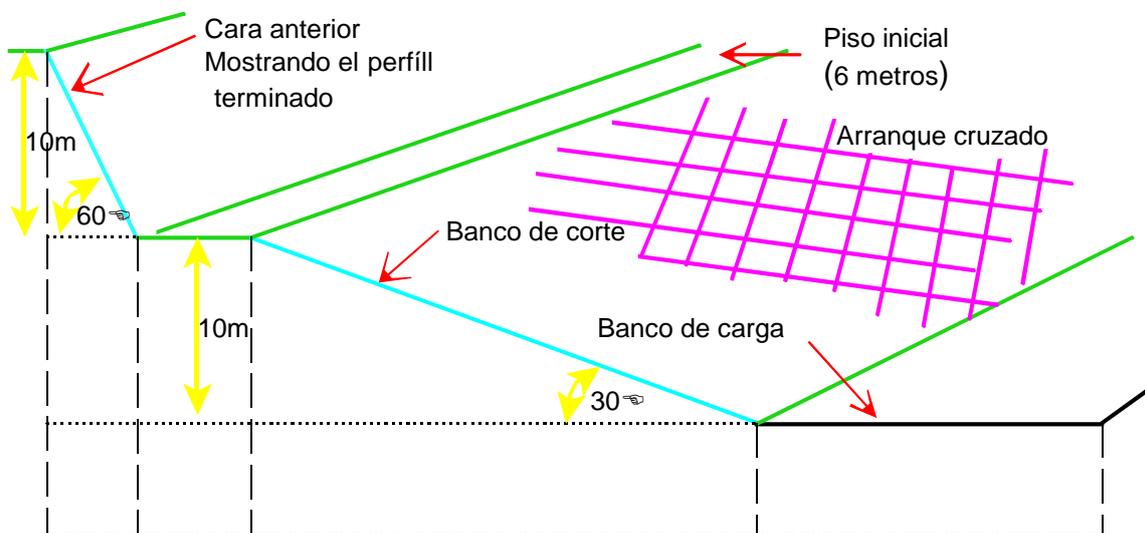
Para que el diseño de la carretera tenga un mínimo impacto visual, es necesario esforzarse seriamente, durante la construcción y el uso de ésta. Habrá que controlar las emisiones de polvo, aplicando riego de agua a dispersión, también será necesario implantar un sistema de desagüe adecuado con la finalidad de prevenir que se produzcan inundaciones. La carretera permanente podrá ocultarse mediante la plantación de árboles con capacidad de llegar a ser frondosos, reduciendo, de esta manera, la incomodidad que produce el polvo y el ruido.

#### 8.4.1.2 Desarrollo de los bancos

En la mayoría de las minas, donde hay foso en tierra o corte de colina, el arranque del material se realizará mediante la formación de una serie de bancos. Un banco es un escalón o corte de nivel en el lateral de la roca, el banco está formado de una berma y un talud, la berma es un tramo horizontal y el talud es un tramo vertical o angular.

#### Altura del Banco

La parte inferior del frente vertical se conoce como pie de base, y la parte superior como cima. Las alturas más típicas de los bancos de una mina moderna, fluctúan entre 5 a 15 m. En líneas generales, cuanto más alto es el frente más económico es el laboreo de la cantera, sin embargo, respetando la legislación sobre bancos, se reducirá al mínimo la altura. Los bancos de esta mina han sido seleccionados de forma que se puedan explotar a una altura vertical de 10 m., dicha altura se considera como la mínima necesaria para lograr cómodamente la mezcla de los materiales.



*Figura PE-1: Construcción de Bancos*

#### Inclinación del Banco

Para apoyar la estabilidad del frente del banco, normalmente se da cierto ángulo al talud desde la vertical. Esta inclinación se describe en grados partiendo desde la vertical y rangos desde verticales hasta 20 grados, pasando por 5 y 15 grados, son normales. Sin embargo, en esta mina la explotación se realizará con la técnica de arranque y empuje, y habrá que dar un cierto ángulo al banco, para que se produzca la mezcla idónea de materiales. Se recomienda

aplicar al frente un ángulo de  $60^\circ$ , a partir de la vertical. Esto llevará a conseguir una pendiente lateral de empuje de 17m.

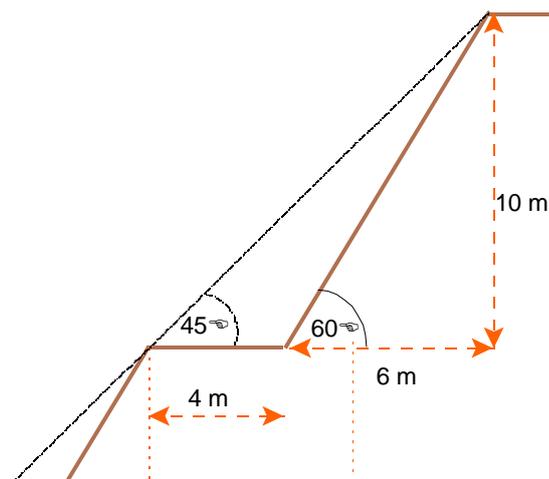
### Buzamiento del banco (perímetro definitivo)

A medida que los bancos se acercan al límite exterior de la mina, el resto se diseñará y estructurará como un banco o pared perfilada. El ángulo del frente permanece habitualmente como un escalón, con la mayor pendiente posible, según las reglas de la mecánica de rocas, lo que permite explotar la cantidad máxima del material, sin que los bancos más bajos invadan demasiado el depósito.

La persecución de este objetivo conlleva normalmente a tener que dejar con una pendiente de talud menor de la que se utiliza habitualmente en un banco de explotación. No obstante, y debido al carácter mecánico y no de voladura de esta explotación, el perímetro del banco se excavará para que éste quede con un ángulo de más pendiente que el del banco que se explota, y si éste se deja a  $30^\circ$  desde la vertical, se considerará apropiado. Se puede cortar el frente utilizando una excavadora hidráulica.

### Base del banco

Lo más probable es que la composición de la roca determine el avance real de varias cotas del banco. Cuando la mina esté activa y se esté realizando muestreo de pre-producción, el resultado de los análisis del material especificará el área de explotación real en una de las cotas del banco. En cuanto al modo de explotar la cantera, no existe un requisito particular para laborar los bancos de manera concordante, no obstante, la infraestructura de los bancos y la perforación de avance puede que recomienden que haya que realizar una desviación local en función del plan principal, lo cual conllevaría a tener que laborar varios bancos en paralelo.



**Figura PE-2: Talud o Inclinación de Taludes**

Aunque el ancho de la base de un banco tenga por lo menos 60 m., la base abandonada sobre el perímetro del banco será sólo de 6 m., siendo este lo suficientemente pequeño como para poder abandonar la colina sin producir demasiada apariencia escalonada, pero lo

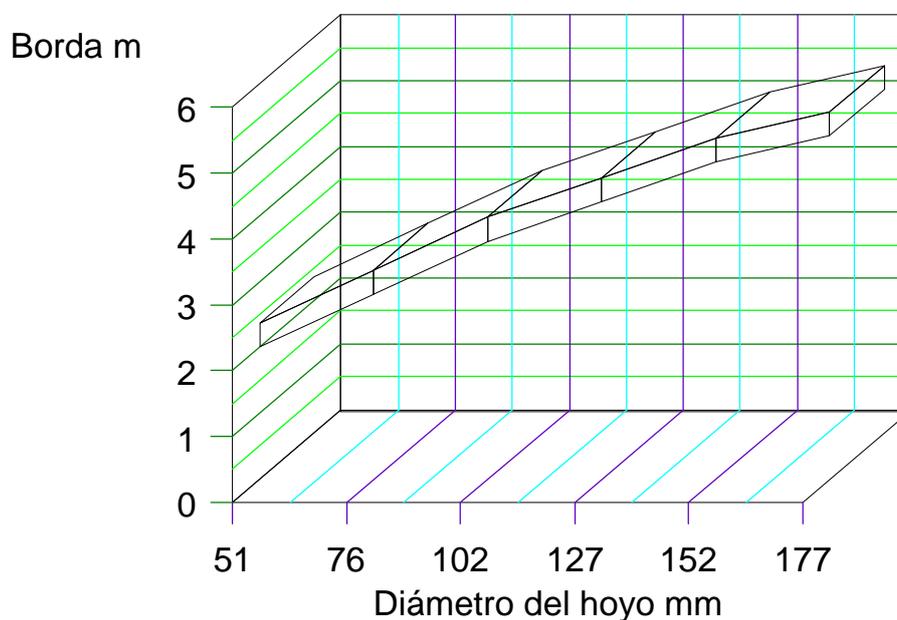
suficientemente grande como para guardar la distancia adecuada que permita construir un drenaje longitudinal a los bancos y proporcione un área lo suficientemente amplio como para albergar la roca.

### Perforación y voladura

De vez en cuando será necesario arrancar la roca mediante voladuras. El siguiente esquema proporciona los detalles sobre un agujero cargado de explosivos. Uno de los principales criterios que habrá que tener en cuenta a la hora de realizar las voladuras, es el coste, y por ser éste un sistema muy costoso, habrá que aprovecharlo al máximo. Si hay que dejar espacios entre la columna del explosivo para conseguir el factor de carga, entonces, esto significa que los cálculos no son correctos. Para conseguir el mayor aprovechamiento, sin que existan razones específicas, como una reducción en la carga, habrá que rellenar el agujero con explosivos desde el fondo hasta la base. Un método común para calcular la carga, sin ser éste muy científico, es utilizar el mismo número de metros, que tiene el agujero, para la carga, aunque el agujero perforado venga en pulgadas; por ejemplo, para un agujero de tres pulgadas habrá que emplear una carga de tres metros. Una ley empírica para situaciones de voladuras es que la carga sea siempre la tercera o cuarta parte del diámetro del agujero.

Multiplicando el diámetro del agujero por cuarenta para la primera voladura, proporcionará un elemento de seguridad, gracias al cual podrán realizarse las correspondiente correcciones, para cualquier posterior voladura.

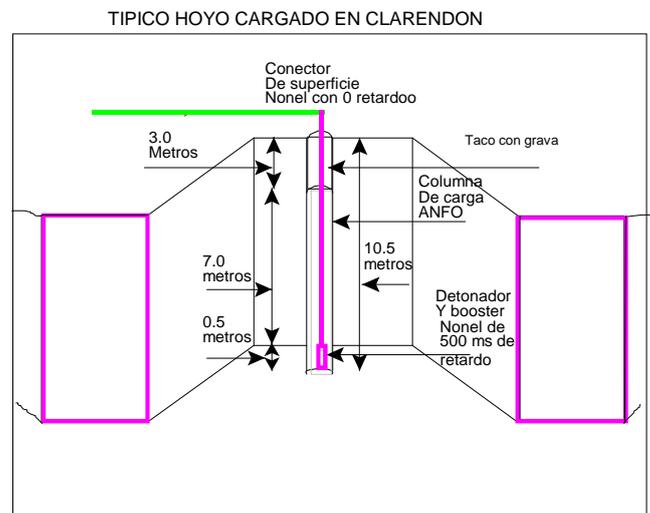
### Borda Típica para Diámetros de Perforación Dados



*Figura PE-3: Arranque en relación al diámetro de barreno*

También sería conveniente tener en cuenta que si la serie de iniciación es de cualquier forma menos en línea recta, se alterará el índice de carga con respecto al espacio, por esta razón, el

estudio recomienda que se tome un patrón de perforación equitativo, con cargas y espacios iguales. Una hipótesis circular y empírica indica que: el diámetro del agujero determina la carga relativa con respecto a la altura del banco, el cual será de 2.5 a 5 veces la carga.



**Figura PE-4: Carga de Barrenos**

Es decir:

- un agujero de dos pulgadas requiere una carga de dos metros y un banco de 5 a 10 m.
- un agujero de tres pulgadas requiere una carga de tres metros y un banco de 7.5 a 15 m.
- un agujero de cuatro pulgadas requiere una carga de cuatro metros y un banco de 10 a 20 m.

El diámetro del agujero que se recomienda utilizar en este proyecto, para una borda de 2.75 m., es de 89 mm.

### Rehabilitación

Cada banco minado se incorporará a una pendiente final longitudinal de 3°, con el fin de encauzar el agua lejos de las operaciones principales y dirigirlo al desagüe de superficie. Sería conveniente que se construyeran estanques en el área de drenaje para recoger los sólidos suspendidos y facilitar el proceso de modificación del pH del agua si fuera necesario. Con una base de banco de 6 m., una altura de frente vertical de 10 m. y un talud de 30°, el ángulo general de la colina originado al finalizar la excavación sería de 45° aproximadamente, o de 1:1. A medida que los banco van alcanzando el perímetro, habrá que rellenar la superficie del terreno y restablecer la vegetación. En el apartado sobre medioambiente se dan detalles sobre los tipos de vegetación más recomendados. Todos estos aspectos se tratarán en los siguientes capítulos de este informe y en el estudio sobre medioambiente.

#### 8.4.1.3 Método de desarrollo

El tipo de caliza encontrado en el depósito indica que puede explotarse mecánicamente para luego continuar empujando el material hasta un cargador y transportarse a través de camiones

pesados. En el apartado titulado “Planta Móvil”, se especifican los tipos de tractores (bulldozer) y cargadores que se deben utilizar.

La preparación del banco deberá comenzar por la excavación de un acceso en el nuevo banco, a su nivel de piso, allí el bulldozer pasará la cuchilla “ripper” a 45° y a profundidad de un metro y al finalizar excavará la roca y empujará hasta la carretera para cargarse. La excavación proseguirá desde esta área hacia el perímetro del banco, denominándose explotación en retroceso. El banco se explotará hacia su cota base, con un ángulo de 30° desde la horizontal, siendo éste el ángulo más apropiado para que trabajen los tractores (bulldozer). Para cortar el perímetro final será necesario emplear una excavadora hidráulica, que conseguirá proporcionar la estabilidad necesaria en los frentes de los bancos que quedan al descubierto tras la clausura de la cantera.

Los planos N° PE003 a PE011 muestran los límites de cada banco.

#### **8.4.2 Fuente de arcilla**

Diversos planos muestran el depósito de arcilla encontrado: Planos N° PE014 a PE020. Las referencias de coordenadas aproximadas son E 382.300 a 383,000 y N 203,0000 a 203,1300. Al este de la línea 383,000, no se ve arcilla.

Al estudiar el sondeo N° SN 103 se ha podido observar que existe una serie de bandas gruesas de arcillas meteorizadas de color marrón claro en la superficie, cambiando a arcillas verde grisáceo a medida que se profundiza, con finas bandas calcáreas hasta los 60 m.. Estas arcillas tienen textura suave y son plásticas, con un contenido de humedad medio del 20%. La mayoría de ellas están cubiertas por una capa de tierra bastante orgánica, llegando en algunos lugares a tener un espesor de hasta 2 m.. Existe abundante vegetación, tanto de naturaleza agrícola como natural.

En cuanto a la topografía, se podría decir que es variable, formada sobre todo por pendientes, con un grado de inclinación bastante profundo, que descienden en dirección occidental hasta una explanada. Estas vertientes se han formado por el efecto del agua que corre hacia los valles con gradientes más fuertes del 1:1 y, por consiguiente, con deslizamiento. Los valles están, generalmente, secos. La fertilidad del terreno ha suscitado la agricultura y el desarrollo del arado. Los caminos tienden a seguir las rasantes naturales, atravesando los depósitos.

Debido a la fertilidad del área y a su desarrollo agrícola, a la población, a la red de carreteras y a su variable topografía, el desarrollo del depósito y la extracción de las arcillas se llevará a cabo desde una serie de lugares seleccionados, los cuales están representados en los planos mencionados anteriormente. Para la mejor utilización de la maquinaria será conveniente trabajar con bancos de 10 m., sin embargo, en la práctica, teniendo en cuenta la pequeña magnitud de las excavaciones, será necesario laborar con bancos de 5 m. entre los 10 m. de cota.

### **8.4.2.1 Orden de explotación**

El orden de sucesión para la actividad de desarrollo será la siguiente:

- Mina “N”
- Mina “S”
- Mina “W”

Este orden garantizará la completa explotación de la primera y segunda cantera antes de proceder a explotar la tercera. Al entregar a la población las áreas explotadas y restauradas para fines agrícolas, se reducirá el impacto ambiental.

### **8.4.2.2 Construcción de la carretera**

La naturaleza de este proyecto indica que no será necesario construir carreteras permanentes, pero, no obstante, debido a las dificultades encontradas al manejar los camiones basculantes en zonas de arcillas, es conveniente que las carreteras temporales se construyan con gran calidad, sobre todo en cuanto al drenaje y a la capacidad de soporte de la presión. Durante el tiempo de actividad de la cantera, y a fin de ajustarse a los cambios de ubicación de los bancos activos, habrá que reorganizar varias veces los diseños y las trayectorias de los accesos. Por esto, será conveniente mantenerlos en tan buen estado que al terminar la explotación en la cantera todavía formen parte de la nueva infraestructura.

### **8.4.2.3 Explotación de la cantera**

Antes de iniciarse cualquier explotación, habrá que contar con un tiempo para el despeje de la zona. Durante el tiempo que se estén realizando las actividades en la zona, se recomienda que no se lleve a cabo ningún despeje más de tierra, que lo absolutamente necesario. El área aproximada de despeje, en cualquier momento no sobrepasará un nivel de banco, ó 10 ha. a la vez. El despeje de la vegetación se llevará a cabo de manera benévola, de forma compatible con la práctica ambiental moderna, manteniendo el suelo en buen estado a fin de evitar el deterioro del terreno.

La explotación de la cantera se llevará a cabo siguiendo los códigos convencionales de la práctica y procedimientos conocidos, destinados a la actividad de excavación desde la parte más alta, y construyendo una serie de bancos de 10 m.. La parte superior del banco puede incorporarse al siguiente nivel. A cada nivel de banco se dan 6 m. de berma desde el nivel anterior. La explotación consistirá en un método básico de arranque, en el que se utilice maquinaria de ingeniería civil de pequeña magnitud, para excavar los diferentes niveles.

### **8.4.2.4 Construcción de bancos, Mina “N”**

Cada banco se construirá a partir del punto más cercano al acceso vecinal, quizás próximo a la intersección de la carretera, en las coordenadas: E 383000 - N 2030800. A medida que avanza la explotación se puede ir construyendo la carretera, con el propósito de enlazarla al acceso en el área de la calicata TP-N24. Los bancos se alinearán en dirección norte/sur y se abandonarán tras la excavación.

El sentido de la explotación de la cantera será vertical, hacia abajo, desde el límite de 130 m., hasta el de 90 m., en cuyo punto se estará próximo a la cota de la carretera. Dado que la cantera está por encima de la cota de la carretera, no será necesario dejar 22 m. de separación, a no ser por razones de seguridad e impacto visual. Con el fin de calcular las reservas, se ha tenido en cuenta la posibilidad de construir otros dos bancos más, sin embargo, por razones ambientales y prácticas sería más conveniente terminar la explotación en esta nivel. Es aconsejable llevar un sistema de drenaje durante y después de la explotación, con un desnivel hacia el sur, el cual desemboque en un drenaje natural, en el que la pendiente dada sea de 3° o menos para, de este modo, evitar la erosión.

#### **8.4.2.5 Construcción de bancos, Mina “S”**

La explotación de esta cantera es, debido a su carácter irregular de planos horizontales y verticales, más compleja que las otras canteras. Cada banco se construirá a partir de un punto sobre el acceso norte de la calicata TP-N25, en este punto existe una depresión y drenaje de agua natural. Se construirán una serie de carreteras como accesos al lugar, y puede que también se decida no construir los bancos al mismo tiempo. Los bancos se alinearán en dirección septentrional y occidental. La explotación de la cantera será hacia abajo, desde los 140 m. hasta los 100 m.

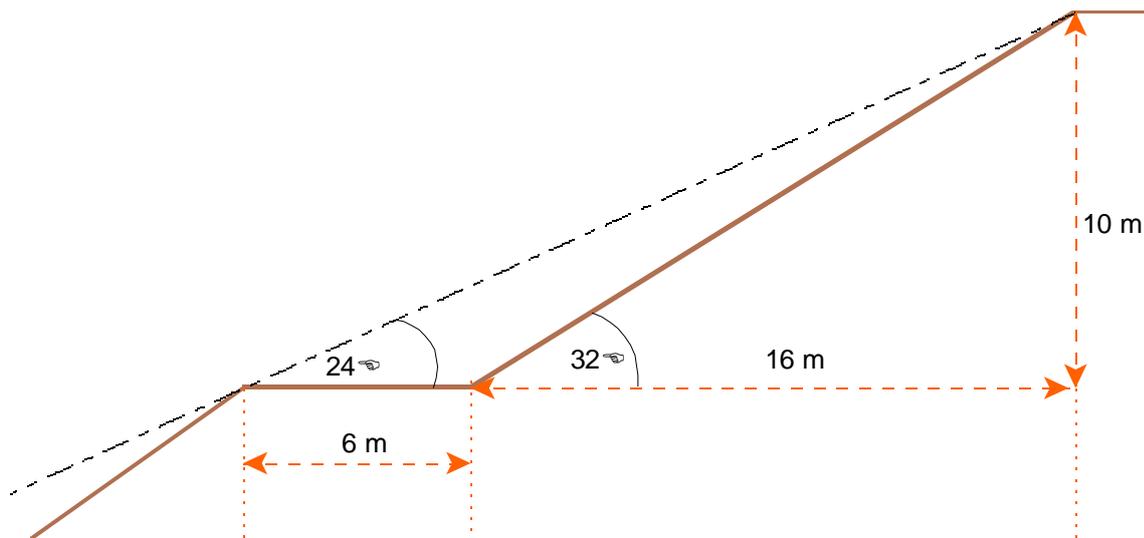
Se construirá un sistema de drenaje que será necesario utilizar durante y después de la explotación de la cantera, el desnivel general será en sentido norte-sur, y oeste-este, ambas cotas desembocando en una estructura de drenaje natural para el control de descarga. Con el fin de evitar la erosión, se dará una pendiente de 3° o menos a los niveles de los bancos.

#### **8.4.2.6 Construcción de los bancos Mina “W”**

Durante los periodos de abundantes lluvias podrán surgir algunos problemas. Con el ingreso de agua en esa zona, para prevenir éste problema se construirá un sistema de barreras o arcones que formen una alta pared artificial alrededor del área. El agua de lluvia directamente recolectada, se controlará a través de bombas.

#### **8.4.2.7 Entorno y estabilidad de taludes**

Teniendo en cuenta el posible deslizamiento de masas y las roturas cóncavas, se ha pensado en dar una pendiente suave a los cortes finales de la cantera. La pendiente final, por razones ambientales, deberá quedar con un grado similar o menor al de las pendientes anteriores a la explotación.



**Figura PE-5: Perfil final de los bancos en Arcilla**

Será conveniente plantar árboles en los espacios entre taludes, par fijar el terreno y camuflar las pendientes. La erosión podrá ser controlada construyendo cunetas y drenajes laterales a las estructuras descendientes.

## 8.5 Maquinaria Móvil y Equipo

### 8.5.1 Maquinaria alquilada

A no ser que esté previsto de otra forma, por alguna razón específica, como por ejemplo para reducir costes de capital, los gastos de alquiler normales son inaceptablemente altos. De hecho, el consultor no aconseja que se tenga en cuenta el alquiler, sin embargo, a la hora de arrendar o alquilar habrá que plantearse las siguientes interrogantes:

- ¿ Está la maquinaria?
- ¿ Tendrá disponible mantenimiento?
- ¿ Será rentable?
- ¿ Quién suministrará los operarios?
- ¿ Conservará la empresa partes de repuesto?
- ¿ Quién hará los seguros?
- ¿ Cuando se renovarán?
- ¿ Quién estará a cargo de ella?
- ¿ Que tarifas de alquiler se aplicarán?
- ¿ Habrá ventajas sobre los impuestos?
- ¿ Tendrá la maquinaria los colores de la empresa?
- ¿ Con que frecuencia se revisará la tarifas de alquiler?

Si la mayoría de las respuestas del anterior cuestionario no son favorables, entonces estará justificada la decisión de no alquilar equipo, y será necesario emplear la maquinaria propia.

## 8.5.2 Selección del equipo

El tipo de planta móvil utilizada en una cantera deberá tener la capacidad, el movimiento y el tamaño correcto. Se escogerá en función del tipo de operación y ambiente en el cual se espera que funcione, según lo especificado en la normativa vigente, de la que dependerá el funcionamiento de la planta en la cantera. Habrá que tener en cuenta una serie de factores que pueden influir a la hora de tener que cambiar el equipo:

- cambios en la legislación de voladuras
- cambios sobre el tonelaje requerido
- indisponibilidad de subvenciones
- dificultad en la excavación
- desarrollos de nuevos tipos de equipos
- no predecir los cambios sobre el tipo de operación
- temas medioambientales
- imposibilidad para llevar la maquinaria a la zona
- tiempo previsto de duración de la máquina.

Algunos otros factores pueden ser el motivo de tener que modificar el pensamiento original, aunque, generalmente, a no ser que el concepto sea completamente erróneo, los cambios serán mínimos; por ejemplo, cambiar un cargador de ruedas por una pala de frente, o utilizar una retro excavadora “back actor” con martillo, en vez de emplear voladuras secundarias. El funcionamiento de la planta móvil, suele sumar más de la mitad de los costes de producción de la cantera, y muchos estudios se han llevado a cabo para seleccionar el tipo de maquinaria que tiene mejor rendimiento cuando se trabaja sobre roca dura; normalmente a estas máquinas se las conoce como “modelos industriales”.

Los modelos industriales son el tipo de maquinaria que se esperaría encontrar normalmente en un proyecto de explotación, como es éste del Caribe. A menudo, el tipo de opción escogida para seleccionar una máquina, cambia dependiendo de la ubicación del distribuidor local, según el servicio y partes de repuesto. Generalmente, la maquinaria más famosa utilizada para la mayor parte de las operaciones es “Caterpillar”. Para perforaciones de menor magnitud el equipo más destacado es el de “Ingersoll Rand” y “Atlas Copco”. Para este proyecto se recomienda utilizar el de tipo Caterpillar o Ingersoll Rand. Durante este estudio se ha empleado un programa por computadora que selecciona el tipo de equipo preferido.

## 8.5.3 Cantera de caliza

### 8.5.3.1 Producción prevista

La producción calculada para esta cantera es de 1.5 millones de toneladas de roca anual aproximadamente. Con el fin de cubrir el tiempo de vacaciones y las averías producidas en la maquinaria, y otros periodos destinados al mantenimiento, etc., está previsto que el tiempo de producción de la mina sea de 250 días anuales, dando una producción requerida por día laborable de 6,000 toneladas.

Durante la segunda jornada los relevos de 8 horas diarias dan un plazo de explotación efectiva de 12 horas diarias o 500 toneladas/hora. Operando dos turnos de ocho horas por día, se obtiene un periodo efectivo de minado, de 12 horas por día o 500 toneladas/hora.

### 8.5.3.2 Primera excavación

El método de explotación será básicamente el de arranque y luego el de empuje de la roca hasta una zona de carga. Para la evaluación in situ de las características químicas de la roca será necesario utilizar una máquina de perforación.

Generalmente, el material a explotar se clasificará como:

- fácil, típico, escombros en suelo, lutita o arcilla como recubrimiento.
- arrancable, arcillas duras, meteorizada, rocas blandas o en capas
- roca, ésta sólo se puede excavar después de las voladuras.

El estudio geotécnico mostró que se pueden desgarrar las calizas. Frecuentemente, cuando se está minando una roca de dureza intermedia, es difícil decidir la rentabilidad entre el coste por desgarre o por voladura, sin embargo, para este tipo de proyecto se ha decidido que el desgarro.

Para un tractor oruga de 65 toneladas habrá que tener en cuenta lo siguiente:

<b>Material con Velocidad sísmica m/s</b>	<b>Dificultad</b>
de 0 a 500	no se requiere desgarre
de 500 a 1,000	desgarre fácil
de 1,000 a 2,000	desgarre medio
de 2,000 a 2,500	desgarre difícil
de 3,000 adelante	se necesita voladura.

El tipo de roca encontrada en el depósito se estima que es de 1,000 a 2,000 m/s, es decir, dentro de la categoría de arranque medio, por lo que se recomienda que para el arranque y empuje se emplee una excavadora de 65 toneladas. La máquina estará equipada con una pala recta (cuchilla) y un desgarrador simple, de gran penetración. Con la máquina de 65 toneladas y con una distancia de empuje de 30 m., es de esperar que la producción razonable sea de 1,400 m<sup>3</sup> por hora de material suelto (no compacto), y con la necesidad de desgarrar, esta cifra se reduciría a la mitad aproximadamente.

También se utilizará una excavadora secundaria y de doble uso, de 75 toneladas, la cual se utilizaría generalmente para el despeje de bancos, construcción de carreteras y para la excavación y carga de caliza necesaria.

A la excavadora se le montaría el equipo adaptable, como son las palas y el dentado, siendo éstas las partes propias destinadas a proporcionar un servicio extremo; y el tren de rodaje será de alta resistencia para soportar la alta presión del terreno. Con el fin de obviar la alta presión del terreno, el tren de rodaje colocado sobre las excavadoras destinadas a las actividades de la cantera, será más corto de lo normal, las cadenas serán más fuertes, los cojinetes más

estrechos, tendrá pocos remaches o barras y éstos serán de construcción más pesada. Generalmente, la excavadora tendrá más tolerancia al terreno y las tapas del convertidor serán más resistentes de lo normal.

### 8.5.3.3 Carga

Este proyecto exige el uso de un cargador frontal con ruedas, de 45 toneladas para carga primaria. El equipo estará equipado con cabina a prueba de voladura (ROPS) y neumáticos L5 con cuchara de bastidor o cubo, con placas de desgaste y dientes de alta penetración.

- Con factor de carga al 85%, el llenado es de 6.1 m<sup>3</sup> en material suelto.
- Las toneladas por paso a (1,800 Kg./m<sup>3</sup>) es de 9.36.
- Los pasos necesarios por carga de camión son 5.59.
- La carga útil del camión en toneladas es de 52.34, con capacidad del 100%.
- El tiempo de carga en minutos es 4.00.

La capacidad máxima de la máquina es de 785 toneladas por hora o 9,420 toneladas por turnos de 12 horas.

### 8.5.3.4 Transporte

La selección del equipo de transporte dependerá de:

- la cantidad y tamaño del bloque de material que se va transportar
- facilidades de talleres
- condiciones del terreno
- distancia de transporte
- topografía
- condición de la carretera para el transporte en cuanto a gradientes, capacidad de soporte y el ancho de carretera.
- capacidad de descarga en la tolva acepta la carga
- capital y coste de mantenimiento.

La mayoría de las labores en canteras requieren los servicios de camiones basculadores de estructura rígida, con cargas útiles de entre 50 y 100 toneladas. En este caso, el tipo de topografía y las dimensiones generales de la zona, aconsejan que se emplee cuatro camiones basculadores con chasis sólidos, cada uno con una capacidad de 50 toneladas. Con la finalidad de cubrir el tiempo perdido se puede aumentar la flota a seis camiones.

Los camiones deberán tener buena visibilidad en todo su entorno. Se montarán con cabina a prueba de voladuras y una cubierta para prevenir daños a la cabina y al conductor. Aunque no es del todo necesario, durante el laboreo en calizas relativamente blandas, será ventajoso reforzar el chasis del basculador. Se recomienda que se utilice el tipo de neumático E4,24.00R35.

Es de vital importancia llevar a cabo un mantenimiento sobre la carretera por la que se va a realizar el transporte, tanto para reducir las averías que puedan producirse en los camiones, como para permitir mantener una adecuada velocidad éstos. La máquina que se debe emplear en este tipo de tarea, es un nivelador mecánico con una cuchilla de 3.5 m.

Detalles sobre el material:

Densidad por m<sup>3</sup> de material suelto 1,800 kg.  
 Densidad por m<sup>3</sup> descargado 2,200 kg.

Tiempos de transporte en minutos

Tiempo de carga 4,00  
 minutos  
 tiempo de transporte 1.38  
 tiempo de descarga 4.00  
 tiempo de regreso 1.52  
 ubicación 5.47

Tiempo total del ciclo 16.37  
 minutos

Detalles sobre el transporte y el camión:

peso sin carga 40.19 t.  
 peso con carga 52.34 t.  
 carga bruta 92.53 t.  
 producción potencial por camión durante un plazo de 12 horas 2,340 t.  
 capacidad total para un plazo de 12 horas (4 camiones) 9,131 t.  
 requisito total para un plazo de 12 horas 6,000 t.

tramo	distancia segmento m.	grado pendiente %	resistencia rodamiento %	límite velocidad kph	velocidad alcanzable kph	velocidad prevista kph
transporte	1000	-5.0	2.0	50.00	66.95	50.00
regreso	1000	5	2.0	50.00	45.78	45.78

## 8.5.4 Cantera de Arcilla

### 8.5.4.1 Descripción

Para la explotación de esta cantera habrá que tener en cuenta lo siguiente:

- alto contenido de humedad
- baja presión de soporte del terreno
- cercanía de población
- gran distancia de transporte por carreteras públicas

Para obviar el inconveniente sobre el alto contenido de humedad, se calentarán los chasis de los camiones con los gases de los tubos de escapes.

La baja presión de soporte imposibilitará las maniobras de los camiones, esto se puede solucionar utilizando camiones basculadores con todas las ruedas de tracción.

Se ha calculado que existe una distancia de transporte de 12 km., y aún debido a esta distancia, se aconseja utilizar camiones convencionales, siendo casi imposible que éstos no puedan manejar las condiciones de la obra. Camiones basculantes articulados de poca capacidad (30 t.) suelen rodar por carreteras públicas, lo que hace que en este caso este tipo de camiones sean los adecuados.

#### 8.5.4.2 Producción

La producción de arcilla prevista para esta cantera se ha calculado en un 20 %. Con el fin de cubrir los periodos de vacaciones, los tiempos en los que las máquinas están averiadas o el tiempo de mantenimiento, etc., se ha estipulado un plazo de producción de 250 días anuales, formando una producción de 1,360 por día laborable. Operando una jornada, con un turno de 10 horas por día, dará un plazo de explotación efectivo de 8 horas o 170 ton./hora.

#### 8.5.4.3 Excavación y carga

La carga primaria en canteras pequeñas ha estado, durante los últimos 25 años, encabezado por cargadores frontales con ruedas (FEL). En los últimos 10 años este liderazgo ha mermado, y en la actualidad la mitad de los cargadores frontales vendidos en Europa son excavadoras hidráulicas con motor diesel.

Se acepta que en situaciones normales o de frentes conflictivos, los plazos para ciclos de carga pueden ser un 15% más rápidos si se utiliza una excavadora en vez de un cargador frontal con ruedas y esperando conseguir un coeficiente del 5 % más de llenado del cubo. Las excavadoras hidráulicas proporcionan: plazos para ciclos de carga más rápidos, la capacidad para cavar en grados inferiores. Su movimiento y operación aún en terrenos difíciles o malas voladuras es más factible, además de tener capacidad de elevación y fuerza de arranque.

Sin estar directamente relacionado con el índice de producción, las excavadoras proporcionan otras ventajas, tales como:

- gran alcance para cumplir la normativa sobre altura de bancos.
- mayor poder de arranque
- habilidad para el recurso de rotura de roca.
- significaría mejoría en el consumo de carburantes.

La excavadora para la excavación primaria y carga en la cantera de arcilla, destinada a trabajar en condiciones extremas, tiene que ser adecuadamente equipada. Se empleará sobre todo medidas de seguridad, tal como “roll over protection (ROPS) cabs” @cabinas contra-vuelco®, para protección de objetos que caen (FOPS) y para protección de parabrisas.

La máquina que se aconseja utilizar en este proyecto es una excavadora de 30 toneladas, y por razones de fiabilidad, sería aconsejable que se dispusiera de dos de ellas.

El factor de llenado del cargador al 85% es 1.1 m<sup>3</sup> de material suelto

Las toneladas por pasos a (1,600 kg/ m<sup>3</sup>) son 1.56

Los pasos solicitados por carga de camión son	17.45
La carga útil del camión en toneladas es	27.22 capacidad al 100%.
Tiempo de carga en minutos	6.75 minutos

La capacidad máxima de una máquina es de 242 t por hora o 2,419 ton. en turnos de 10 horas.

#### 8.5.4.4 Transporte

Los requisitos de transporte para este proyecto dependen de una carga de 170 ton. de arcillas por hora, durante 10 horas diarias.

Existen dos rutas, las dos constan de carreteras públicas.

- La costera y carretera principal tiene un ancho adecuado y está parcialmente asfaltada, atraviesa por varios pueblos, con pendientes pronunciadas. La distancia de transporte es de 12 km.
- La carretera local está completamente asfaltada, es estrecha, con pendientes pronunciadas, pasa cerca de urbanizaciones y, generalmente, es poco apropiada para el uso de camiones pesados. La distancia de transporte es de 7.0 km.

Ninguna de las dos rutas es especialmente adecuadas, sin embargo, la costera parece ser la más aceptable. Por otro lado, es probable que se construya una carretera dedicada a este cometido, conforme a lo que ya ha sido mencionado en el apartado 8.4. El probable trazado de esta carretera se delinea en el Plano PE 021.

Las mayor parte de las actividades dependen de los camiones basculadores de estructura rígida, con cargas útiles de entre 50 y 100. En este caso, el tipo de material y el uso de acceso público exigen el empleo de ocho camiones basculantes con chasis articulados, cada uno con una capacidad de 30 toneladas. Para cubrir el tiempo perdido se puede aumentar la flota a 10 camiones.

Los camiones deberán tener buena visibilidad en todo su entorno, no será necesario que estén equipados con cabina a prueba de voladuras, tampoco con equipo para prevenir daños a la cabina, y no es necesario reforzar la carrocería de la caja. El tipo de neumático más adecuado es el E3, 23.50R25.

Detalles sobre el material:

Densidad por m <sup>3</sup> de material suelto	1,600 kg.
Densidad por m <sup>3</sup> descargado	2,200 kg.

Tiempos de transporte en minutos

tiempo de carga	7,00
tiempo de transporte	41.38
tiempo de descarga	5.00
tiempo de regreso	16.52

ubicación	0.0
Tiempo total del ciclo minutos	69.08

#### Detalles sobre el transporte y camiones

peso sin carga	20.68 t.
peso con carga	27.22 t.
carga bruta	47.90 t.
producción potencial por camión durante un periodo de 10 horas	237 t.
capacidad total para un periodo de 12 horas (8 camiones)	1,878 t.
requisito total para un periodo de 12 horas	1,360 t.

tramo	distancia segmento m.	grado pendiente %	resistencia rodamiento %	límite velocidad kph	velocidad alcanzable kph	velocidad prevista kph
transporte	12,000	5.0	2.0	50.00	17.45	17.45
regreso	12,000	5.0	2.0	50.00	45.95	45.95

### 8.5.5 Tiempo de vida de la maquinaria

#### 8.5.5.1 Depreciación

Existirá depreciación económica, cuando el coste de propiedad y funcionamiento de la máquina exceda el coste de propiedad y funcionamiento de una nueva. Los costes se calcularán en contraste con las horas trabajadas, sabiendo que una máquina antigua no funcionará las mismas horas como una nueva.

Para proteger la inversión y poder sustituir la máquina, el propietario debe recobrar una cantidad de la vida útil de la máquina igual a la pérdida del valor de reventa, más los otros costes de propiedad del equipo, contemplando los intereses, seguros e impuestos.

La compañía deberá, con fines económicos, estimar previamente el valor perdido y recobrar la inversión del equipo original, mediante el planteamiento de la depreciación realista y programas de sustitución. La depreciación de la máquina no deberá basarse o estar relacionada con ningún tema de impuestos. Lo mejor sería que esté directamente calculada en base de la cantidad de horas o años que el propietario espera provechosamente utilizar la maquinaria.

Se sabe que son varios los factores que pueden influir en los periodos de depreciación, tales como, las condiciones económicas vecinales y el aprovechamiento sobre el cambio de divisas. Así pues, es importante que se preste especial atención al capítulo de plazos de depreciación, y que los cálculos sobre los costes de funcionamiento y de propiedad se basen en la vida útil de cada máquina, (se recomienda cuando se está explotando en canteras de roca dura). La vida de los principales elementos del equipo para este proyecto dependerá de las condiciones de trabajo y mantenimiento, a un periodo de unos 10 a 15 años.

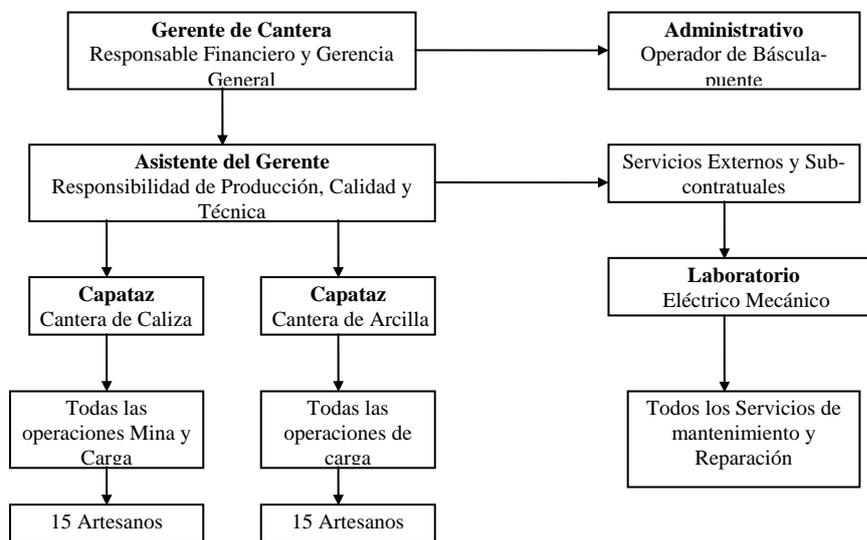
## 8.6 Organización y Mano de Obra

### 8.6.1 Criterio general

Durante este Capítulo se utilizará la expresión “el” para designar ciertos cargos, invitando al lector a que acepte el término en aplicación a ambos sexos.

### 8.6.2 Requisitos aconsejables para la mano de obra

La mayoría de la normativa minera conocida internacionalmente exige que tres de los empleados de la cantera sean personas nombradas estatutarias; éstas serán; el Gerente, el Asistente del Gerente y el Dinamitero. En la Figura PE-6 se representa un típico organigrama.



*Figura PE-6: Organigrama para una Cantera*

Un título estatutario significa que la persona es responsable legalmente del ajuste de cualquier norma o legislación que éste pueda aplicar.

De manera representativa, una empresa que explota una cantera de la de la magnitud prevista para la de caliza en Najayo deberá tener una plantilla total de 40 empleados distribuidos de acuerdo con la figura PE-6. En el caso de la Arcilla se estima unas 20 personas empleadas.

### 8.6.3 Cargos y obligaciones

**El Gerente de la Cantera**, poseerá un título académico con diploma en voladuras y primeros auxilios, de un título sobre el empleo de explosivos, junto con un diploma sobre la preparación de explosivos. El trabajo del gerente de la cantera será el de dirigir la empresa en relación con el mercado, relaciones laborales y tratar con otras organizaciones y entidades. Es el responsable fundamental de garantizar la seguridad de los trabajadores y del público en general. El gerente puede haber ocupado otras posiciones dentro la empresa.

**El Asistente de Gerente**, será un experto en cuanto a la seguridad de las operaciones de la cantera se refiere. Estará académica y prácticamente cualificado para este cargo. Necesita estar en posesión de los mismos certificados que el Gerente. En cuanto a sus deberes, éstos contemplarán la supervisión diaria de las actividades de la cantera, siendo buen conocedor de todos los aspectos de la explotación. Planeará, de acuerdo con el gerente, el desarrollo de la cantera, supervisará el mantenimiento del equipo y se asegurará de la existencia de los repuestos.

**El Dinamitero**, deberá tener el diploma de voladuras y de primeros auxilios. Será un experto en cuanto al uso de explosivos se refiere. Será el responsable de la seguridad de las actividades de toda la explotación de la roca. El alcance de sus deberes abarca hasta el diseño de modelos de perforación, supervisión de la perforación, preparación de explosivos, modelos de iniciación y coeficientes de carga, personalmente estará al cargo de todos los aspectos relacionados con voladuras, manteniendo los respectivos informes. En el caso de tiros fallidos, se encargará personalmente del asunto hasta que se haya solucionado. Sus responsabilidades diarias recogerán la supervisión de la excavación, carga y transporte del material.

**Un Técnico de Materiales**, supervisará el triturado y procesamiento. Posiblemente tendrá el certificado de tecnología de los materiales. Poseerá el diploma de primeros auxilios y de ayudante competente del gerente. Conocerá a la perfección el manejo del molino y de la planta de clasificación, y podrá reajustar el sistema para cumplir con los requisitos del gerente en cuanto a la producción de materiales. Será el responsable de la seguridad de las operaciones de la planta de procesamiento y su mantenimiento, además de la disponibilidad de repuestos.

Se evitará, en lo posible, designar específicas tareas a los funcionarios. Identificar una tarea específica con un funcionario o una simple pieza de equipo podría, en periodos muy activos o periodos de ausencia, encaminar a problemas, en especial, si hay diferencia en las nóminas.

En actividades similares del Caribe, algunas organizaciones han logrado gran éxito sin dar títulos a los cargos, pero sí, empleando a todo el mundo como operadores, y remunerándoles con el mismo salario. También se dejó al libre albedrío del individuo escoger la tarea que deseara desempeñar en el día. Después de algunas confusiones iniciales, los funcionarios en seguida desarrollaron un programa mediante el cual llevarían a cabo un sistema rotatorio de sus tareas; calculado sobre una base no oficial. Este tipo de régimen tiene claras ventajas para la dirección de los trabajadores, en cuanto a que todos han compartido habilidades, y para los trabajadores, dado que tienen un ambiente de trabajo menos monótono.

#### **8.6.4 Servicios externos**

El organigrama propuesto en la Figura PE-6, indica el empleo de cinco personas para el mantenimiento. A menudo, las tareas del personal de mantenimiento son prioritarias, dado su carácter productivo, y se necesitan llevar a cabo fuera del horario de trabajo normal. La experiencia demuestra que el sistema moderno de utilizar especialistas que vienen de fuera, suele ser más rentable que emplear personal de mantenimiento.

Los contratistas puede ser elegidos por su:

- competitividad
- conocimientos, aplicables al equipo de especializado
- disponibilidad, sobre todo en horas no laborables y fines de semana
- nivel de equipamiento, incluyendo herramientas especializadas y vehículos
- posibilidad de repuestos de mantenimiento y disponibilidad de almacén, si fuera posible.
- presentación general
- régimen de pago, facilidades de crédito

La salvedad de no renovar sus contratos a corto plazo, suele ser bastante efectiva para el que alquila y, además, garantiza el trabajo del contratista. Se recomienda, por lo tanto, que todas las actividades que no están relacionadas con la explotación de la cantera sean realizadas por contratistas; dentro de estas se recogen: los servicios de gerencia especiales como, formación, contabilidad, servicios de minería especial, como topografía, planificación minera, formación y pruebas del material.

## **8.6.5 Actividad Optima**

### **8.6.5.1 Condiciones Generales**

En la actualidad, la explotación a cielo abierto en el Caribe, puede, a menudo, considerarse no muy satisfactoria. Algunos ejemplos de esto pueden encontrarse en algunas de las canteras del País. Esto se refiere especialmente al uso de explosivos.

Algunas de las razones que originan el mal estado de las canteras son:

- falta de una adecuada mano de obra cualificada
- falta de inversión
- falta de una adecuada legislación
- falta de incentivos

Lo citado anteriormente puede tratarse con el tiempo, el único punto que tomaría más tiempo sería el de la provisión de una adecuada mano de obra. El punto de arranque para conseguir esto sería proporcionar un adecuado entrenamiento.

### **8.6.5.2 Incentivos**

Un buen método para incentivar al personal es el de recompensa.

Habitualmente, en la industria minera, el salario y actividad están relacionados, un planteamiento adecuado puede crear incentivos suficientes como para aumentar el rendimiento individual. Un régimen de remuneración representativo proporcionaría un salario relativamente bajo, que habría que incentivar con el hecho de ganar un bono por alta producción. El salario básico deberá calcularse para que éste sea el 50% aproximadamente del total de las ganancias.

Otros bonos, tales como cumplimiento de plazos y asistencia, dotarán de la necesaria administración de las herramientas para mantener el entusiasmo de los trabajadores y el interés de producción.

### **8.6.5.3 Cursos de formación y entrenamiento**

Será conveniente organizar e implantar un programa de formación para atender las necesidades específicas de cada disciplina.

Es importante que el programa combine:

- sesiones para enseñar y reforzar las habilidades funcionales y operacionales, y procedimientos sobre:
- la instrucción del trabajo
- el empleo de normas y procedimientos manuales con operaciones manuales.
- Donde fuese apropiado, en entrenamiento externo, por ejemplo, en el manejo de explosivos

El programa de los cursos posiblemente involucrará una combinación de, el uso funcional de expertos expatriados, quienes tendrán la responsabilidad de la puesta en ejecución de los sistemas necesarios y procedimientos de la empresa, y la selección de personal local cualificados destinados a desempeñar los deberes asignados.

### **8.6.5.4 Ejecución**

El minado y la minería de proceso son un complejo y peligroso ambiente de trabajo, y con la finalidad de hacer más positivo el papel de la gente, se necesita tener en cuenta la actuación y comportamiento humano, aportando lo siguiente:

- buen estado físico y buen comportamiento
- buenas condiciones de trabajo
- tener en cuenta las prácticas de gerencia
- destrezas operacionales
- ingeniosidad
- talento para toma de decisiones y enjuiciamiento
- facilidades de comunicación
- cualidad de liderazgo y coordinación de equipos
- capacidad de conocer el equipo
- comprensión de los procedimientos operacionales, manuales de operación y catálogos.

La gerencia deberá tomar la delantera para mejorar el interés y formación de la mano de obra, en cualquier oportunidad.

### **8.6.5.5 Reducir los errores**

Los errores humanos son una realidad, pero es un hecho razonable el intentar reducir la frecuencia con la que éstos se producen y los efectos que ellos causan, pudiéndose hacer de la siguiente manera:

- con una buena selección del personal
- buena formación
- emparejando las actividades con las características humanas
- dotando al personal de un buen ambiente de trabajo
- proporcionando buenos métodos de trabajo

El entrenamiento proporcionado deberá concentrarse sobre la ejecución y el comportamiento del individuo, enfocado a hacer más positivos los resultados, en concepto de:

- seguridad y rendimiento de trabajo
- buen comportamiento del individuo

El ambiente de trabajo no deberá producir estrés sobre el individuo.

#### **8.6.5.6 Prácticas de seguridad**

Además, y cumpliendo con la legislación local, deberá aplicarse las normas de seguridad que mejor reflejen la normativa y la práctica internacional, en todos los aspectos de la minería. Con el fin de garantizar que se mantengan las mejores normas posibles, es importante que se lleven a efecto las directrices descritas en este capítulo, y así todos los departamentos de supervisión de la cantera serán competitivos y efectivos.

Dado que en el sector de la minería las regulaciones sobre explosivos y explotación, en la mayoría de los países de todo el Caribe, son obsoletas o no existen, se aconseja que las recomendaciones y escritos procedan de una autoridad acreditada y de una entidad profesional de otro país (por ejemplo, EE.UU o Unión Europea). Esta idea, aún no siendo del todo relevante dentro del entorno Caribeño, será útil como referencia y proporcionará las pautas de práctica apropiadas.

### **8.7 Aspectos Medioambientales**

#### **8.7.1 General**

La República Dominicana ha sido bendecida con una fuente bastante rica de recursos naturales, encontrándose relativamente sin explotar.

La mayor conciencia de la gente y el conocimiento de la creciente dependencia de la economía del turismo, aseguran que el cuidado del medio ambiente se considere de vital importancia para el desarrollo nacional del país. Por este motivo, es importante garantizar que cualquier proyecto industrial sea totalmente compatible con los requisitos medioambientales generales del país. El impacto medioambiental del proyecto se investiga en profundidad en el Informe sobre la Valoración del Impacto Medioambiental. Sin embargo, existen algunos aspectos que constituyen una parte importante del diseño de la mina, y que serán tratados en los siguientes capítulos.

#### **8.7.2 El Polvo**

##### **8.7.2.1 Definición**

La palabra polvo, en término ambiental, significa material de partículas de un tamaño comprendido entre 1 y 75 micras; en término industrial, puede referirse a partículas de hasta dos milímetros; y en términos de minería, la palabra polvo se puede utilizar para describir una roca triturada de hasta cinco milímetros.

El proceso por el cual el polvo es transportado por el aire, se llama emisión de polvo. Esto se debe principalmente a la acción del viento, y es mitigado por la lluvia. Las partículas finas permanecerán en el aire durante más tiempo que las gruesas y, por este motivo, se desplazarán más lejos de su origen. Generalmente, en condiciones de viento ligero, el polvo mayor de 30 micras se asentará en un espacio de 100 metros, el polvo de 10 a 30 micras alcanzará de 250 a 500 metros, y el polvo menor de 10 micras llegará hasta una distancia de un kilómetro o más. Las partículas (de menos de 10 micrones, PM 10, respirables) pueden ser nocivas para la salud, y el límite en el RU para PM es de 24 horas promedio, menos del 0.05 mg/m<sup>3</sup>.

En las áreas residenciales se considera razonable llegar a alcanzar un límite de polvo de 0.26 mg/m<sup>3</sup>, mientras que en la mina se acepta un nivel de 2.0 mg/m<sup>3</sup>. El tipo y cantidad de polvo generado por una mina o planta de procesamiento, y el grado de percepción de la gente a las molestias, varían de acuerdo a lo siguiente:

- El color del material que va a ser extraído, por ejemplo, la caliza generalmente produce un polvo con un gran contraste de color claro, mientras que el carbón produce un polvo con un gran contraste oscuro. Por ejemplo, en el Reino Unido más del 20% de un grupo de investigación consideró que el polvo originado a partir de la explotación de las calizas era mayor problema, mientras que alrededor del 15% consideró que el de pizarra sólo era un problema ocasional y nadie lo tuvo en cuenta como un problema importante.
- La dureza del material, es evidente que la rotura de un material duro como el granito producirá menos polvo que la de los materiales blandos como el yeso y el carbón.
- El tipo de procesamiento, por ejemplo, producción de áridos, planta de asfalto, planta de dosificación del hormigón, planta de cemento, recuperación de metales pesados o planta de beneficio de carbón.
- La densidad de población, usos del campo y medioambiente en general, prestando particular énfasis en cuanto a los efectos químicos y físicos de la agricultura y la ecología, por ejemplo, el polvo de la caliza hace que el suelo sea más alcalino.
- Clima y topografía. La topografía puede producir patrones de vientos locales y grandes colinas, y de una menor tensión disruptiva se producirían vientos más fuertes.
- Periodos secos y largos tendrán un efecto importante sobre la contaminación del polvo, y las excesivas lluvias pueden contaminar los ríos al arrastrar polvo en disolución hacia el exterior del área.
- Visibilidad del polvo, tanto en estado volátil como depositado.
- Condiciones de vida, la tolerancia de la gente y el conocimiento de la ley.

Las principales fuentes generadoras de polvo son:

- perforación del banco
- movimiento de tráfico, carga de producto y actividades generales dentro del área de la mina
- trituración y procesamiento

### **8.7.2.2 Mitigación del polvo**

#### *Disposición del Lugar*

El diseño del lugar se puede hacer de tal manera que la distancia entre la producción de polvo y las áreas receptoras sea máxima. Estas áreas receptoras pueden protegerse con el uso de la topografía, ya sea de forma natural o mediante la intervención del ser humano (con bosques y mediante la cuidadosa ubicación de los edificios respectivamente).

La distancia de alcance del polvo se puede reducir aprovechando la frecuente dirección del viento y construyendo pantallas para reducir la velocidad del viento y, si es posible, obstaculizándolo con vórtices. Antes de proceder a la extracción, es una práctica común preparar tablas que muestren la velocidad media del viento y la velocidad vectorial.

El polvo en el aire puede reducirse con poca manipulación. Esto deberá tenerse en cuenta a la hora de preparar el lugar, construyendo almacenes de tamaño adecuado próximos a las áreas de procesamiento.

#### *Método de Trabajo*

El polvo que se origina durante la actividad de perforación de bancos, se puede reducir significativamente mediante una llovizna de agua fina (atomizador) o un ciclón seco con sistema de filtro. El sistema de filtro seco suele ser más apropiado para los lugares donde hay escasez de agua.

Aunque una perforación de barrenos en profundidad producirá menos polvo, este tipo de sistema de perforación no se usa en el Caribe, debido a su coste y complicaciones. Así pues, los sistemas de perforación con neumática son comunes, y aún con estos sistemas de perforación relativamente baratos, es rara la instalación de un sistema de supresión de polvo.

El tipo de perforación recomendado para este proyecto debería incorporar sistemas con atenuación de ruido y polvo. El polvo originado por el tráfico, se reducirá aplicando un sellado a la superficie de las carreteras más permanentes.

En carreteras permanentes, se puede reducir el polvo utilizando roca dura para la pavimentación de las carreteras o, preferiblemente, utilizando brea o asfalto. A los lados de las carreteras se pueden plantar árboles con hojas que filtren el aire y atrapen las partículas de polvo.

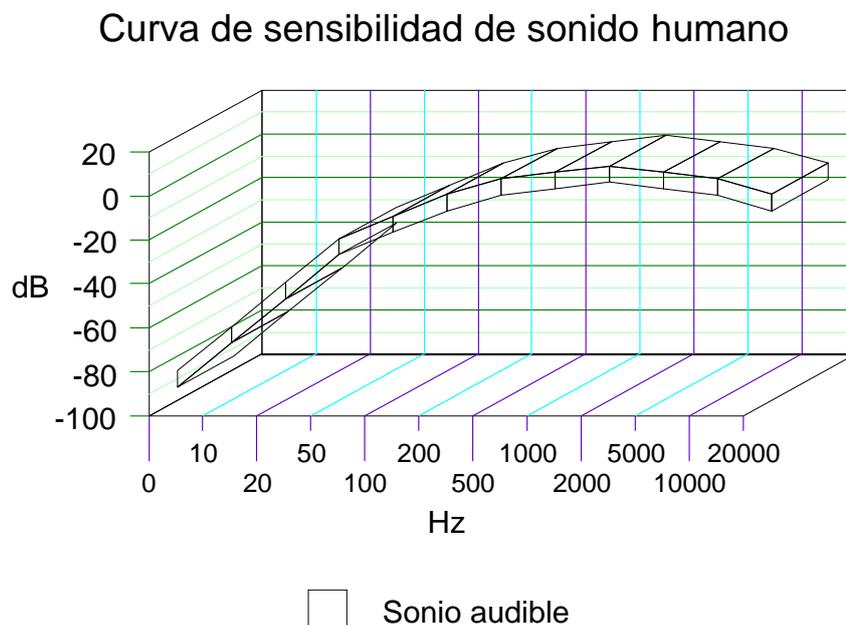
La molestias provocadas por el polvo de la molienda y por el procesamiento, son, principalmente, ocasionadas por las trituradoras, por la explotación de los frentes, los puntos de transferencia y los lugares de descarga de los transportadores del material. En los países más desarrollados, los equipos se encuentran generalmente en el interior de un edificio en el que se ha instalado un sistema central de eliminación de polvo.

Las recomendaciones dadas para mejorar las condiciones de las trituradoras implican la construcción de edificios sencillos para ubicar las principales máquinas generadoras de polvo. Si se llevan a la práctica todas estas mejoras descritas en este informe, el polvo originado en cualquiera de los dos lugares no será ningún problema.

### 8.7.3 El Ruido

#### 8.7.3.1 Definición

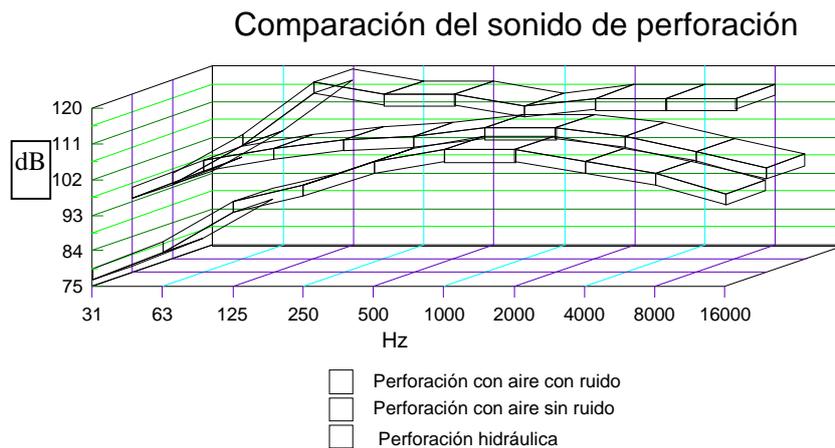
El ruido se puede describir como el sonido no deseado, siendo éste una forma reconocida de contaminación. El ruido es generalmente la forma de contaminación que provoca más quejas a la industria, habiéndose establecido como un factor importante del deterioro de la calidad de vida. La percepción de las molestias por ruido es distinta a la de otros contaminantes, ya que un sonido pasado no deja rastro a no ser que se hayan tomado las oportunas medidas para registrarlo. Incluso, entonces, el efecto que éste causa en la gente, generalmente no puede reproducirse a través de la lectura de un registro de una máquina.



**Figura PE-7: Sensibilidad Humana contra el Ruido**

El sonido afecta a la gente de diferentes formas; los volúmenes altos causarán daños físicos al oído. Otros hechos que pueden describirse como efectos fisiológicos a través de los cuales la mente o el cuerpo responden naturalmente al sonido, son por ejemplo, una sirena de advertencia.

El sonido se mide en decibelios (dB). La escala de dB es logarítmica, con un incremento de 10 dB aproximadamente duplicando el volumen. La recepción del sonido en el oído humano no es lineal, y al duplicar el volumen el sonido no será necesariamente dos veces más alto.



**Figura PE-8: Comparativo de Ruido por Perforación**

Más allá del volumen del sonido está el tono o frecuencia. El oído humano de un joven oír el sonido a un intervalo de frecuencias de 20 a 20,000 Hertz (Hz), con la edad, el límite máximo descenderá a 10,000 Hz, habiéndose encontrado que el más receptivo está entre un margen de 1,000 a 5,000 Hz.

El grado de molestia percibido por el sonido, está comprendido dentro del intervalo de 500 a 10,000 Hz. Sin embargo, los sonidos molestarán a la gente dependiendo del grado de sensibilidad particular de cada uno.

Se ha dicho que el sonido de baja frecuencia provoca sensaciones de enfermedad, náuseas, vértigo y mareo en general, mientras que los sonidos de alta frecuencia tienden a causar dolor agudo en los oídos y dolores de cabeza. Los sonidos de baja frecuencia pueden llegar a distancias más lejanas que los de alta frecuencia, lo que hace que sea probable que estos últimos se debiliten al chocar contra las barreras naturales o impuestas por la mano del hombre, como son los árboles o vallas.

Teniendo en cuenta el oído en general, se ha desarrollado una base de peso, designada como dB(A) y que se utiliza en el Reino Unido como base para el control gubernamental sobre las regulaciones del ruido, junto con el nivel equivalente de ruido continuo (Leq). El Leq es un índice de ruido el cual indica de forma razonable las reacciones subjetivas de la gente, una vez expuestos a la mayoría de las fuentes de ruido. Un factor que podría reducir las quejas, sería si el nivel de ruido ambiental fuera alto, condicionando a la gente a tener un nivel alto de sonido.

Oír más de 55 dB(A) en un lugar durante el día, y 45 dB(A) durante la noche, se podría clasificar como inaceptable para receptores residenciales, siendo este hecho especialmente verídico si el ruido no es constante o contiene impulsos.

Los principales métodos que existen para la reducción del ruido de los equipos de minería son:

- aislamiento
- absorción

- separación
- amortiguación.

El aislamiento implica la instalación de una barrera acústica entre la fuente y el área protegida, por ejemplo, árboles, paredes, etc.

La absorción implica el uso de un material fijo a la barrera acústica diseñado para este propósito, un material típico como la goma espuma, tendría una densidad de 30 kg por metro cúbico.

La separación implica el aislamiento de la maquinaria de todo edificio o estructura que pueda vibrar y convertir las vibraciones en ruido.

La amortiguación implica la modificación de las máquinas y edificaciones para reducir su capacidad de vibración.

Como en la mayoría de las actividades industriales, la producción de ruido de una mina es inevitable. Sin embargo, llevar a cabo una cuidadosa planificación durante la etapa de estudio de factibilidad, podría reducir el número de quejas. Para ello habrá que tener en cuenta lo siguiente:

- comprar el equipo que tenga atenuación de sonido
- aplicar posibles mejoras en el equipo existente
- comprar el equipo que genere menos ruido al funcionar en la misma tarea, por ejemplo, utilizando una perforadora de barreno en profundidad, en vez de un perforadora para agujeros horizontales
- ubicar el equipo de acuerdo con los vientos del entorno
- mantenimiento del equipo.

Al planificar la mina podría considerarse la posibilidad de construir montículos, plantar árboles o instalar vallas acústicas.

## **8.7.4 Molestias por voladuras**

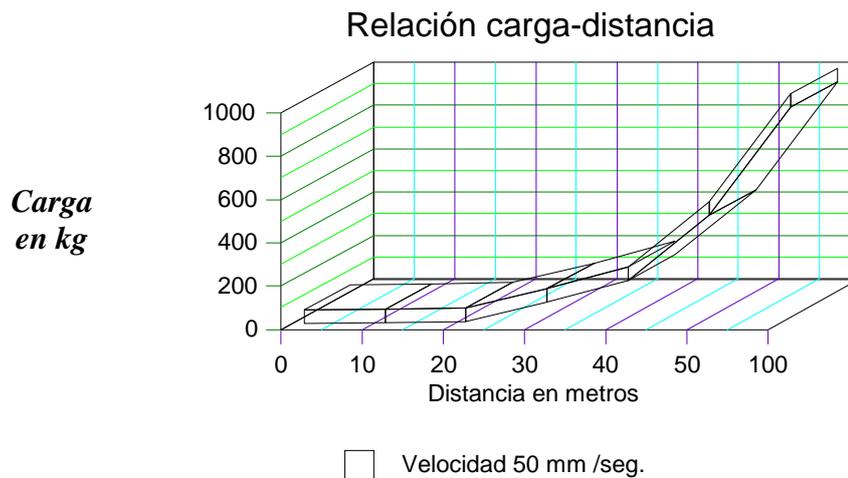
### **8.7.4.1 Criterio General**

Las voladuras causan ruidos, sobrepresión del aire, polvo, vibración del suelo y gases, pudiendo constituir fuentes de daño estructural u otros.

### **8.7.4.2 Vibración del suelo**

La vibración del suelo se mide por su amplitud y su velocidad. Fundamentalmente, cuanto mayor sea el explosivo detonado en cualquier momento, mayor será la vibración del suelo. Por consiguiente, para reducir esta vibración, habrá que esforzarse en diseñar una secuencia de iniciación que haga detonar cargas pequeñas dentro de la voladura.

Para llegar a conseguirlo habrá que volar cada barreno individual o filas cortas de barrenos con intervalos de retardo de milisegundos. En casos extremos, las cargas individuales en un mismo barreno se pueden volar con retardos, para separarlos.



**Figura PE-9:- Relación Carga-Distancia**

La velocidad se mide como velocidad máxima de partícula (PPV) y, generalmente la de 50 mm por segundo se conoce como “tope de velocidad”, pudiendo llegar a causar daños en los edificios. Un buen diseño de una voladura, atendiendo especialmente a la carga del explosivo (carga, espaciamiento y sub-perforación) reduciría las vibraciones del suelo.

Para el caso de Najayo, no se cree que la vibración del suelo sea un problema en ningún lugar.

#### **8.7.4.3 Sobrepresión**

La sobrepresión de aire la originan los gases expansivos que fluyen a la atmósfera.

Incorrectamente, la gente suele considerar la sobrepresión de aire como la causa de daños a la propiedad. Esto se debe al hecho de que los efectos pueden percibirse mejor que los del verdadero problema en sí, (por ejemplo, la vibración del suelo, que acarrea el portazo de puertas y los golpes de ventanas abiertas). De hecho, salvo en el caso de que la sobrepresión sea intencionalmente muy alta, como por ejemplo, al accionar aparatos militares, no causará ningún daño.

Las fuentes de sobrepresión se pueden controlar utilizando un sistema de iniciación no explosivo, con un cañonazo adecuado y, sobre todo, teniendo en cuenta la carga del explosivo; en este caso el peso. En la actualidad existen instrumentos no muy caros que medirán el PPV de los tres ejes, dos horizontales opuestos y uno vertical, y también registrarán los decibelios recibidos. Se puede realizar un registro de los resultados que sea aceptado por un tribunal de justicia, como un registro verdadero de la voladura.

El polvo procedente de la voladura se asocia generalmente a un deficiente manejo del explosivo. Esto se puede combatir utilizando sistemas de iniciación moderna y cálculos precisos y cuidados de la carga. En este caso, no se considera que la sobrepresión sea un problema.

#### **8.7.4.4 Rocas voladoras**

Rocas voladoras, es el término que se utiliza para describir cualquier roca proyectada más allá del área de voladura previsto, tanto si se sale o no de los límites del lugar.

Un límite de seguridad típico para la voladura de la cantera dependerá de numerosas variables y cada lugar será un caso independiente. Generalmente, se considerará un área segura en un círculo de 400 metros a partir de la voladura. Un área de este tamaño tendrán la mayoría de las carreteras públicas al oeste de la mina. La elevación de la colina aumentará el posible arrojé y, por tanto, el área de riesgo.

### **8.7.5 Contaminación de Aguas**

La contaminación de aguas se produce por los desechos que el hombre arroja a las aguas, tanto directa como indirectamente, amenazando la salud humana, los recursos vivos, los ecosistemas acuáticos, los lugares de recreo o interfiriendo con otros usos del agua.

Como elemento de primer orden, en relación con este tema, sería importante drenar el agua de la mina, para prevenir que ésta penetre dentro y construir un desagüe alrededor del perímetro de la zona o levantar una presa.

Antes de que se lleve a cabo ninguna extracción, se debe realizar un estudio hidrológico e hidrogeológico completo, poniendo especial hincapié en el tema sobre el desagüe de las aguas naturales y de las escorrentías.

Un nivel razonable de corriente de agua sería tener en cuenta una situación, a 50 años, en el que una tormenta tuviera una duración de 24 horas, como el nivel de máxima corriente, y diseñar la mina conforme a esto. Generalmente, es preferible reducir los cambios relativos de los flujos máximos, la medición temporal de las corrientes y los flujos base.

En la mayor parte de los casos, la contaminación de aguas durante la actividad minera está apoyada por sólidos suspendidos procedentes del suelo de mina y que pasan a la vía de desagüe. Los sólidos están generalmente contaminados por residuos de explosivos o por el derrame de combustible o aceite. En algún momento de la explotación minera se originará agua que contiene sólidos suspendidos, con valores de pH anormales o con aguas residuales.

El nivel de suspensión de los sólidos durante las descargas procedentes de las minas, es de 50 mg/l en el Banco Mundial, y el pH deberá estar comprendido entre 6.0 y 9.0.

Para la medición del lugar habría que tener en cuenta un sistema de control regular de aguas superficiales, tal como: la acidez, el oxígeno disuelto y la temperatura; con análisis de laboratorio sobre: la conductividad, los sólidos disueltos, los sólidos suspendidos, los cloruros y la turbulencia (claridad); además de tener en cuenta la materia orgánica como es: la demanda de oxígeno biológico, la demanda de oxígeno químico, el carbono orgánico total y la cualidad de las bacterias (partículas coliformes fecales).

Para reducir el transporte de sólidos al sistema del agua de superficie y para proteger contra la erosión, es normal construir un sistema de desagüe que corra directamente al lugar donde se recoge el agua de lluvia, lejos de la zona de la mina, de los vertederos de residuos y de las carreteras de transporte.

Los desagües realizados desde la mina o desde las bombas de la mina, antes de ser devuelta al ambiente natural, deben pasar por un sistema de estanques de sedimentación, con el fin de albergar el asentamiento de los sólidos del agua y proporcionar un punto en el que se pueda corregir el pH y destruir cualquier patógeno.

Los desagües se diseñarán teniendo en cuenta todos los requerimientos necesarios en situaciones de máxima corriente. La velocidad de flujo de 1 m/s será el nivel máximo sugerido para controlar la erosión de los drenajes de tierra, y para suelos que se erosionan con facilidad, se deberá reducir la velocidad mediante la construcción de presas con rocas y proporcionado pendientes menores del 3%.

El tema de la erosión es un factor que deberá estudiarse. La erosión incontrolada, además de ser desagradable a la vista, elevará el número de sólidos suspendidos y provocará la destrucción de la vegetación. Esta se puede controlar con un buen diseño, especialmente en lo que se refiere a la altura del banco y al ángulo de la pendiente.

Para prevenir la erosión será importante diseñar los vertederos de residuos prestando especial atención. La práctica normal demanda la constitución de bancos en el vertedero, dando a las superficies de los bancos pendientes longitudinales del 2%, a la pendiente posterior del 5% y a la pendiente del frente del 15%.

Sería conveniente construir un desagüe longitudinal entre el frente del banco más alto y la parte posterior del más bajo. Este podría acabar al final del banco o, preferiblemente, en un valle preparado y mejorado para este fin, con un canal reforzado de salida.

El canal de salida deberá terminar en un estanque bien construido destinado a la sedimentación de cualquier sólido suspendido, con el exceso de agua fluyendo a un desagüe natural, a través de canales reforzados.

Los vertederos deberán reforzarse bien, mediante la compactación de las pendientes de avance, hasta el 90%. La reforestación ayudará a controlar la corriente de agua, a reducir la erosión y a mejorar el atractivo visual.

### **8.7.7 Atractivo visual, paisaje y el nuevo uso de la tierra**

Todos los aspectos de la actividad minera serán probablemente dañinos para el paisaje y tendrán efecto a largo plazo. Sin embargo, se puede superar el problema mediante un buen diseño de la mina en el que se tendrá en cuenta el medio ambiente.

El atractivo visual será un factor a tener en cuenta durante todas las etapas del proyecto:

- Durante la etapa de planificación y desarrollo, los fondos determinarán el esfuerzo que se puede dedicar a reducir el impacto.
- Durante la fase de producción, se deberá atender el desarrollo de medidas de mitigación a medida que avanza la mina.
- Antes, y después de haber terminado el proyecto, se deberá haber establecido un plan de restauración del lugar conforme a un nivel aceptable.

La explotación de la zona de Najayo no es probable que genere grandes cantidades de residuos desechables.

#### **8.7.7.1 Reforestación y Modificación del Paisaje**

Será conveniente establecerse una significativa reforestación para estabilizar el terreno de todas las áreas afectadas, y como medidas para el control de la erosión, a largo plazo, de las pendientes inclinadas.

La fertilidad del terreno que ha sido explotado para albergar vida vegetal, dependerá de las propiedades del suelo dentro de las áreas donde las plantas echan raíces, de la combinación de las semillas y de la climatología local.

Es conveniente esforzarse en alcanzar el nivel de los requisitos de pendiente mínima y reemplazar la tierra hasta el punto en el que las propiedades físicas y químicas sean lo más semejante posible a las de la tierra virgen antes de la actividad minera.

Para este proyecto es probable que esto no sea ningún problema. Volver a perfilar el terreno, conservando el paisaje natural actual, es relativamente sencillo, con esta disposición final de la mina.

Sería conveniente que los árboles que van a plantarse fueran de especies nativas de la zona (el Informe sobre el Estudio de Impacto Ambiental lista estas especies).

La capa vegetal de la superficie que proviene de la siguiente fase de operación se deberá esparcir, tan pronto como sea posible, de tal manera que todas las propiedades, como es la materia orgánica, los fertilizantes para las plantas, los microorganismos y las semillas, sufran el mínimo deterioro. Una vez que la actividad de explotación ha finalizado sería buena idea plantar hileras de árboles frutales como mangos, limoneros, aguacates, etc., entre otros.

Sería conveniente plantar árboles nuevos para restablecer la red de raíces estabilizadoras, dado que la vegetación juega un papel importante para el mantenimiento de la estabilidad de las pendientes. Mantener el abastecimiento de plantas y arbustos en la zona para la replantación de las áreas que han sido explotadas, constituiría una ayuda importante durante la fase de restablecimiento del lugar, una vez que haya cesado la actividad minera.

Sería bastante beneficioso levantar vallas de rejillas de plástico en las áreas donde se está llevando a cabo la plantación, durante los dos primeros años de la rehabilitación.

#### **8.7.8 Hidrocarburos**

Llevar a cabo un correcto vertido de los hidrocarburos, es de vital importancia para evitar la contaminación de las aguas subterráneas.

Los hidrocarburos se encuentran en el medioambiente de la mina en forma de aceites y grasas para lubricantes, aceites para transformadores y condensadores, combustibles para equipos y combustibles para explosivos.

Todos los elementos citados en el párrafo anterior tienen un ciclo de vida compuesto de las siguientes fases: almacenamiento, transporte, uso y finalmente desecho.

El derramamiento de aceites y combustibles es un hecho que podrá reducirse si se imponen buenos procedimientos de manejo, y siempre y cuando los trabajadores sean disciplinados y estén bien formados al respecto.

Los aceites y los combustibles tienen que estar ubicados en lugares donde se puedan controlar los derrames. Los aceites y las grasas deberán mantenerse en un edificio construido para este fin, con métodos in-situ para prevenir los derrames que puedan alcanzar el agua subterránea.

El aceite para combustible se debe almacenar en tanques seguros que no toque el terreno, situados en zonas adecuadas e instalados correctamente, con un dispositivo que indique el volumen total de la capacidad de los tanques.

Para aplicar todos los métodos apropiados es importante prestar especial atención, con el fin de que los aceites utilizados en las máquinas duren más. Para conseguirlo se añadirá un sistema de filtración extra, en donde los espacios del filtro de papel sean más compactos y mediante el uso de aditivos. Después de usarlos, habrá que vaciar los aceites lubricantes en contenedores seguros, y devolverlos a los proveedores para su reciclaje o desecho.

El diesel se utiliza en los equipos y como combustible para los explosivos de tipo ANFO. Un adecuado mantenimiento de los circuitos y de los motores de la planta asegurará el buen funcionamiento de la maquinaria, reduciendo la cantidad de combustible que se pierde, por los tubos de escape y por el diluido de los aceites del depósito del motor (cárter). Habrá que dar prioridad y tratar de resolver cualquier escape que se produzca en el sistema. Se reducirán los residuos de explosivos si se mezclan correctamente los componentes, y se procura no derramar aceite de combustible al mezclar el ANFO. Un buen diseño de carga garantizará el completo aprovechamiento de energía de los explosivos que se utilizan para las voladuras.

Los aceites de los antiguos transformadores de segunda mano, pueden contener “**polychlorinated biphenyls**” (PCB). Debido al hecho de que la presencia de PCB en aceite es un riesgo tóxico, se debería recurrir al consejo de una unidad de vertidos homologada.

## **8.8 Presupuesto de Costes**

### **8.8.1 Criterio General**

El coste de producción de las materias primas para el Área de Najayo está basado en función de los siguientes factores:

- explotaciones similares en la región del Caribe y de la República Dominicana.
- estadísticas de los fabricantes de equipo pesado
- informes públicos

- cálculos presupuestarios
- costes reales para la construcción de la Planta de Molienda del Clinker en el área de estudio.

La mayor proporción de los costes generales se justificará mediante la provisión y funcionamiento del equipo pesado. Los presupuestos para el equipo necesario, según se cita en el Apartado 8.5, se entregan en el Apéndice PE1, aunque también este capítulo contempla las bases para el funcionamiento del equipo.

### **8.8.2 Infraestructura de las zonas de la mina**

Las actividades anteriores a la producción que se necesitan llevar a cabo para la preparación de las áreas de explotación de arcillas y calizas, consisten en lo siguiente:

- despeje y nivelación de la zona
- almacenaje de la tierra
- vallado de seguridad
- construcción de la carretera para el transporte
- oficinas de obra, baños, retretes, suministro de agua
- sistemas de comunicación, radio y teléfono
- alumbrado
- talleres
- selección de personal y entrenamiento.

En el caso de las área para las actividades anteriormente citadas, será necesario retirar gran cantidad de vegetación y reperfilear el terreno necesario. Todo esto se hará de manera sistemática y responsable, haciendo uso de los recursos empleados en los casos que sea posible (Por ejemplo, utilizando troncos de los árboles talados).

Como medida de seguridad, se necesitará vallar una extensión de unos 10 km., además de construir una carretera en el perímetro de la zona.

También es necesario el alumbrado del perímetro y del área, así como el de los simples talleres, baños y oficinas, etc.

Se estima que para el despeje (Movimiento de tierra, Vegetación, abrir acceso, etc.) de cada una de estas dos zonas, se necesiten US\$ 250,000.

También será necesario construir una carretera dedicada al transporte entre el área de arcilla y el área de fábrica de unos 7 km. El coste para la preparación de esta carretera será de US\$ 650,000 aproximadamente, basándose en la experiencia de construcción en la zona de la molienda y el coste de otras obras similares en proyectos de este tipo.

### **8.8.3 Coste de Operación**

Los siguientes costes son dados en US\$ por hora y se basan en cifras proporcionadas por la Empresa de Tractores Caterpillar.

### 8.8.3.1 Equipo pesado

		US\$/h
Cargador frontal de 45 toneladas con ruedas		80.00
Tractor de oruga de 65 toneladas (Bulldozer)		100.00
Excavadora de 75 toneladas		80.00
Camión basculador de 50 toneladas x 4	160.00	640.00
Motoniveladora		40.00
Camión repostador de agua		30.00

El coste de funcionamiento del equipo móvil, en una cantera de caliza, es de US \$ 970 la hora, contando con que funcione durante 12 horas al día (US\$ 11,640) por 250 días al año será de US\$ 2,970,000 ó de US\$ 1.7 por tonelada.

Excavadora de 30 toneladas x 2	40.00	80.00
Camión basculador de 30 toneladas x 8	40.00	320.00

El coste de funcionamiento del equipo móvil, en una cantera de arcilla, es de US\$ 400. Suponiendo que trabaje durante 10 horas diarias sería de US\$ 4,000. Durante 250 días al año, el coste de funcionamiento del equipo móvil, en la cantera de arcilla, será de US\$ 1,000,000 ó de US\$ 2.94 por tonelada.

### 8.8.3.2 Vehículos ligeros

Se necesitarán cuatro vehículos ligeros y un automóvil de ciudad. El coste previsto para estos es de:

4 camiones 4x4	US\$ 240,000
automóvil de ciudad	US\$ 20,000
<b>TOTAL</b>	<b>US\$ 290,000</b>

El consumo de combustible será de 30.00 galones a la semana, por vehículo.

El precio por rodaje será de \$50.00 a la semana y por vehículo, a un plazo de sustitución de 5 años.

### 8.8.4 Coste de Capital

Las cotizaciones para el equipo normal de industria minera han sido obtenidos a partir del proveedor en la República Dominicana y en el extranjero. Dichos precios se citan en el Apéndice PE1, mientras que los presupuestos más veraces se resumen a continuación;

Unidad	Coste por Und. US\$	Total US\$
Cargador frontal de 45 toneladas con ruedas		567,000

---

Tractor de oruga de 65 toneladas		891,000
Camión basculador de 50 toneladas x 4	615,600	2,462,400
Excavadora de 75 toneladas		750,000
Motoniveladoras		165,000
Excavadora de 30 toneladas x 2	290,000	580,000
Camión basculador de 30 toneladas x 8	288,400	2,307,000
Compresor de aire	100,000	100,000
Máquina de perforación	70,000	70,000
Camión repostador de agua		50,000
<b>Total</b>		<b>7,942,400</b>

Los costes anteriores junto con los costes de funcionamiento forman la base del precio para la materia prima que alimentará a la planta de cemento, y se incorporan al Análisis Financiero del Estudio de Factibilidad (Volumen II).