Metodología de Planificación Minera a Corto Plazo y Diseño Minero a Mediano Plazo en la Cantera Pifo

Eduardo Recalde [(1)], Dr. Fernando Morante [(2)]
Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra, Escuela Superior Politécnica del Litoral [(1) (2)]
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral, Apartado 09-01-5863. Guayaquil, Ecuador [(1) (2)]
eduardorecalde@hotmail.com [(1)]
fmorante@espol.edu.ec [(2)]

Resumen

El desarrollo socioeconómico integral y armónico de un país se alcanza mediante el aprovechamiento técnico y racional de sus reservas naturales con miras a incrementar y mejorar las condiciones de vida de la colectividad. Para planificar este desarrollo es preciso inventariar las reservas naturales con que contamos y planificar su explotación técnica con miras a un verdadero aprovechamiento racional. La industria de la construcción requiere un hormigón de calidad para la ejecución de sus proyectos. Para lo cual se requiere de agregados de calidad, que cumplan las normas técnicas internacionales, eliminando las impurezas tales como arcillas, sales, materiales orgánicos, etc. que contribuyen a la pérdida de calidad y resistencia mecánica final del hormigón. Bajo estas premisas se ha desarrollado este trabajo, donde adquiere singular importancia el conocimiento geológico de la zona para así determinar el comportamiento geomecánico de la roca, el conocimiento de la forma del yacimiento y de su calidad, que hacen posible una planificación técnica del arranque, trasporte y proceso minero a seguir para una adecuada explotación. La planificación técnica a seguir para una adecuada explotación es la base de éste trabajo, teniendo en cuenta que tal Planificación Minera debe estar acorde con el medioambiente del sector.

Palabras Claves: *Planificación Minera, Cantera, Diseño Minero, Límites finales de explotación, Modelo Digital del Terreno.*

Abstract

The integral, harmonic socio-economic development of a country is reached through the technical and rational use of its natural resources aiming to increase and improve people's life condition. To plan for this development it's necessary to make an inventory of natural resources available to us, and plan their technical exploitation aiming to a real rational usage. The construction industry requires quality concrete to execute its projects. This requires quality aggregates that meet international technical norms, eliminating impurities such as clay, salts, organic material, etc, that contribute to the loss of quality and final mechanical resistance of the concrete. This work has been develop under these premises, where the geological knowledge of the zone acquires singular importance to determine the geomechanic behavior of the rock, the knowledge of the form and quality of the deposit, which make it possible to technically plan the startup, transport, and mineral process to follow for an adequate exploitation. The technical planning to be followed for an adequate exploitation is the base of this work, keeping in mind that such Mining Planning must be in agreement with the sector's environment.

Keywords: *Mining Planning, Quarry, Mining Design, Final limits of the exploitation, Digital Model of the Terrain.*

1. Antecedentes

En la actualidad, la Cantera Pifo viene explotando material de su mina, en la misma que desarrolla la explotación de acuerdo al consumo o venta que ella genera, se extrae la roca andesita (Fig. 1), la misma que es utilizada como agregado para el hormigón o material para base y sub-base. El avance de explotación se lo hace tomando en cuenta la estabilidad del macizo rocoso (Fig. 2).

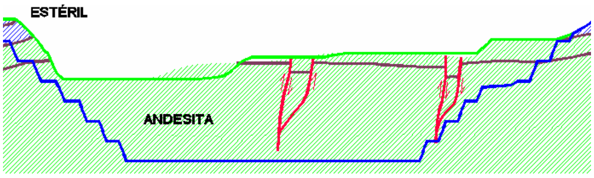

Fig. 1. Corte Geológico en área de estudio

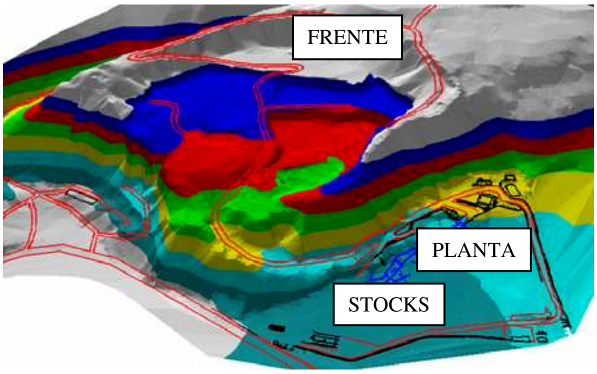

Fig. 2. Esquema de explotación de una cantera

En el área de explotación (Fig. 2) se han implantado las instalaciones principales de la cantera como son: la zona de ingreso y pesaje de los volquetes; las oficinas de administración general; la zona de depósito de stocks; la planta de trituración primaria, secundaria y terciaria; las vías de acceso internas a los frentes de explotación y los niveles de explotación actuales y proyectados en la Planificación Minera a Corto Plazo.

2. Alcance

La siguiente Planificación Minera está estimada como un Plan de Explotación a Corto Plazo (un año calendario) de las reservas de la Cantera, dentro de los parámetros normales de producción. Además se presenta un Diseño a Mediano Plazo de Explotación de la Zona Oeste de la Cantera.

3. Objetivos

- Actualizar la topografía de la zona de estudio.
- Determinar las reservas probadas.
- Diseño final de explotación de la zona Oeste de la Cantera.
- Realizar la planificación y diseñar el esquema de explotación.

4. Ubicación

La Cantera está ubicada en la provincia de Pichincha, en la jurisdicción del Cantón Pifo, al Sur - Este de la Ciudad de Quito, próxima a la Comunidad de Pifo y a una cota de alrededor de 2830 msnm. El ingreso a la Cantera se encuentra en la carretera Quito-Papallacta en el Km. 4½. La cantera posee 36 hectáreas de superficie, dentro de estos terrenos se elaborará el presente plan minero, específicamente dentro del Manifiesto de Producción de la Concesión Minera.

5. Medidas ambientales

Se deben tomar medidas preventivas y de corrección para así asegurar una explotación con el menor impacto posible, se debe de tener en cuenta que para lograrlo se deben reducir o alterar ciertas labores mineras; existen ciertas medidas que: atenúan el impacto, compensan el impacto y, cambian el impacto. A continuación se identifican los impactos y se establecen las medidas correctoras a ser aplicadas:

- Emisión de polvo: Riego periódico de pistas y stocks (o cubrirlos con lona en los taludes). Trituración con riego tenue. Cubrir la carga de volquetas con lona. Colocar captador de polvo en perforadora. Retirar material de las pistas y darles mantenimiento
- Emisión de gases: Mantenimiento de la maquinaria y poner a punto el sistema de carburación
- Emisión de ruido: Mantener a punto los silenciadores. Reducir la velocidad de circulación. Cubrir con bandas de caucho los elementos metálicos que sufren impacto de las rocas. La operación de la planta debe hacerse a horas diurnas. Utilizar cargas correctas de explosivos y utilizar microretardos
- Escorrentía: Construir un sistema de drenaje, para cada talud importante y las escombreras. Mantenimiento de las cunetas de las pistas. Reducción de taludes de las escombreras y stocks para así reducir la fuerza erosiva del agua.
- Contaminación del agua por combustible: Manejo correcto y seguro del combustible para evitar derrames
- Sedimentación: Controlar la erosión en los stocks
- Retirada y acopio del suelo: En la retirada y almacenamiento debe evitarse el compactamiento. Evitar la muerte de microorganismos aerobios. Evitar la contaminación, la producción de polvo, el paso de maquinaria y la erosión
- Ocupación temporal del suelo: Evitar remover la capa de suelo que se encuentra debajo de las pilas de stock
- Alteración de la Morfología: Recuperación parcial con la restauración del área. Creación de una pantalla con árboles de follaje espeso y altura

considerable. Construcción de barreras visuales con material de desecho.

6. Diseño Minero

El mineral que se explota en la Cantera de estudio es roca andesítica, y como estéril se tienen rocas sedimentarias y andesitas meteorizadas; se espera una producción promedio mensual de 37.500 Ton (450.000 Ton anuales, dato del año 2005), es decir que se va a explotar las reservas probadas y su sobrecarga. El tiempo de abandono estará dado por la capacidad de transporte y por la capacidad de procesamiento de la planta; inicialmente se realizó una actualización topográfica de la cantera a fin de que se realicen los cálculos de reservas actualizadas a la fecha de este trabajo (Fig. 3), las cuales fueron de 5'000.000 Ton.

Tal volumen a explotar es hasta la cota 2825 msnm, siendo la base actual en 2866 msnm, lo cual son 41 metros, los 4 niveles hacia abajo, siendo 10 metros de altura cada uno, significan 3'695.000 Ton (8,2 años). Si no se consideraran tales pisos se tendría unas reservas de 1'300.000 Ton (2,9 años) de mineral aproximadamente. La sobrecarga de estéril es localizada en dicha cantera por lo que facilita la extracción del mineral y abarata los costos de producción.

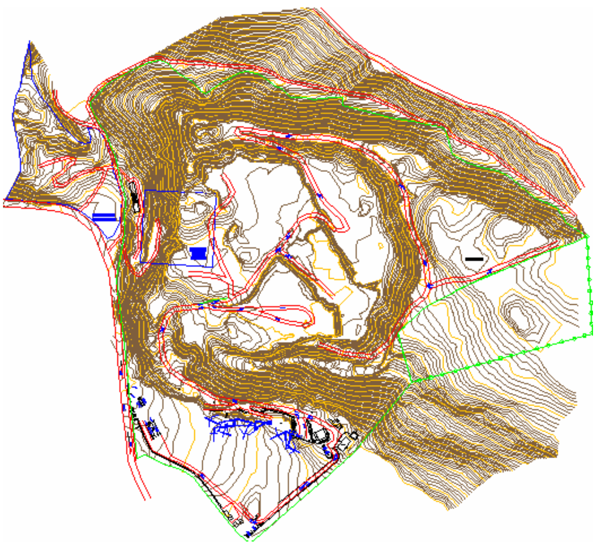

Fig. 3. Mapa de ubicación de cantera en la actualidad

6.1. Criterios para el Diseño de Explotación [3]

Para el correcto diseño de una mina a cielo abierto se tiene que haber cubierto la etapa de investigación geológica, fruto de la cual se obtendrá el modelo del yacimiento con todas sus características litológicas y estructurales, que permitirán optimizar la geometría del hueco final y establecer la planificación de las labores, el control y previsión de la calidad de los minerales y, en suma, la rentabilidad del negocio.

En el momento de proyectar una mina a cielo abierto se deben tener en cuenta cuatro grupos de parámetros: geométricos, geomecánicos, operativos y medioambientales.

Geométricos: Función de la estructura y morfología del yacimiento, pendiente en terreno, pendiente en limites de propiedad, etc.

Geomecánicos: Dependientes de los ángulos máximos estables de los taludes en cada uno de los dominios estructurales en que se haya dividido el yacimiento.

Operativos: Dimensiones necesarias para que la maquinaria empleada trabaje en condiciones adecuadas de eficiencia y seguridad: alturas de banco, anchuras de bermas y pistas, anchuras de fondo, etc.

Medioambientales: Aquellos que permiten la ocultación a la vista de los huecos o escombreras, faciliten la restauración de los terrenos o la reducción de ciertos impactos ambientales.

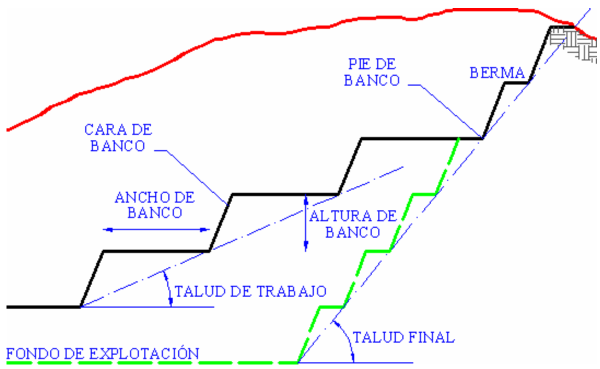

Fig. 4. Esquema de los principales elementos en una explotación a cielo abierto

A continuación se define los principales parámetros geométricos que configuran el diseño de una explotación a cielo abierto (Fig. 4):

Banco: Es el módulo o escalón comprendido entre dos niveles que constituyen la rebanada que se explota, de estéril o mineral, y que es objeto de excavación desde un punto del espacio hasta una posición final preestablecida.

Altura del banco: Es la distancia vertical entre dos niveles o, lo que es igual, desde el pie del banco hasta la parte mas alta o cabeza del mismo.

Talud de banco: Es el ángulo delimitado entre la horizontal y la línea de máxima pendiente de la cara del banco.

Talud de trabajo: Es el ángulo determinado por los pies de los bancos entre los cuales se encuentra algunos de los tajos o plataforma de trabajo. Es una pendiente provisional de la excavación.

Pistas: Son las estructuras viarias dentro de una explotación, a través de las cuales se extrae el mineral y el estéril, o se efectúan los movimientos de equipos y servicios entre diferentes puntos de la misma. Se caracterizan, fundamentalmente, por su anchura y su pendiente dentro de una disposición espacial determinada.

Rampa de acceso: Caminos de uso esporádico que se utilizan para el acceso de los equipos, generalmente de arranque, a los tajos. Las anchuras son pequeñas y, al ser vías de un solo carril, las pendientes son superiores a las de las pistas.

Límites finales de la mina: Son aquellas situaciones espaciales hasta las que llegan las excavaciones. El límite horizontal determina el fondo final de la explotación y los límites laterales, los taludes finales de la misma. Los límites en profundidad de una mina a cielo abierto están condicionados, fundamentalmente, por la geología del yacimiento y por aspectos económicos derivados de los costes de extracción del estéril para un determinado valor del mineral explotado. La definición de tales límites se ve también influida por motivos de estabilidad de taludes, por las características geomecánicas del macizo rocoso y las tensiones producidas en las rocas al crear el hueco e, incluso, por las dimensiones mínimas del espacio de trabajo que es necesario para las máquinas.

Bermas: Son aquellas plataformas horizontales existentes en los límites de la explotación sobre los taludes finales, que contribuyen a mejorar la estabilidad de un talud y las condiciones de seguridad. El intervalo de las bermas y su anchura, así como el ángulo de talud, se establecen por condicionantes operativas si se utilizan como pistas de transporte.

Talud final de explotación: Es el ángulo del talud estable delimitado por la horizontal y la línea que une el pie del banco inferior y la cabeza del superior.

6.1.1. Factores geométricos. En la zona, la explotación se realiza conformando la forma de circo que actualmente tiene la cantera, a lo largo del yacimiento. Los afloramientos de andesita se localizan desde Quito-Papallacta en una falla Este-Oeste, con buzamiento casi vertical. Las reservas de andesita son importantes, no existen datos suficientes para la estimación de las reservas totales ya que no se conocen los límites del yacimiento con exactitud.

6.1.2. Factores geomecánicos. Paralelamente a la dificultad en el conocimiento geodinámico de las propiedades de las rocas, nuevos parámetros geotécnicos de los macizos rocosos han pasado a ser considerados en los trabajos de caracterización con vistas a su aplicación a la maquinaria. Así, se han empezado a estudiar las discontinuidades estructurales, su espaciamiento, su orientación, la forma de los bloques conformados, el material de relleno de las fisuras, y otros parámetros bastante más relacionados con la forma en que la minería se va a llevar a cabo en forma real.

6.1.3. Factores operativos. La explotación en la cantera es de arriba hacia abajo para así aprovechar la gravedad para remoción de material "sucio" (andesita mezclada con arcilla), y además poder controlar los taludes en forma más eficiente y segura. Para minería de superficie en proyectos a cielo abierto, como en el caso de esta cantera, se emplea la perforación mecanizada del tipo de "perforación por banqueo", que es el mejor método para la voladura de rocas ya que dispone de un frente libre para la salida y proyección del material, permitiendo una sistematización de las labores.

La voladura es de forma de "V", o de línea a línea, dependiendo si se tiene dos o un sólo frente en cada banco, respectivamente; tiene una sobreperforación de 1 m cada barreno, aproximadamente. El transporte del material volado se lo debe realizar con volquetes convencionales, ya que son un medio de transporte eficiente, la distancia de transporte es de aproximadamente 700 m, el material a transportar es apto para los volquetes, se puede variar el ritmo de producción tan solo con aumentar la flota o los turnos de transporte. La infraestructura para mantener los volquetes es sencilla y barata, además es fácil de supervisar y controlar.

6.2. Límites finales de la explotación

Los límites del yacimiento de andesita se determinan por el contacto con la roca andesítica alterada. Para determinar los límites finales de explotación, se debe tener en cuenta dónde y cómo se encuentra distribuido el mineral útil, para ello se realizó una geología localizada en la cantera a fin de determinar el contacto entre la roca alterada y la andesita fresca. Al realizar tal diseño, tenemos los siguientes parámetros de diseño:

Altura de banco	10 m
Ancho de banco	30 m
Ángulo de banco	70º
Bermas	6 m
Ancho de vía	12 m
Talud de trabajo	32.6º
Talud final	46º
Fondo de explotación	60 m

6.3. Maquinaria y equipos

La carga y el transporte del material arrancado en la cantera se realiza con la siguiente maquinaria.

Tabla 1. Maquinaria usada en la Cantera

EQUIPO	MARCA
Cargadora	Caterpillar
Excavadora	Caterpillar
Volqueta	Mack
Volqueta	Mack
Volqueta	Mack
Perforadora	Ingersoll Rand
Motoniveladora	Caterpillar
Cargadora	Caterpillar
Camión (Cabezal)	Mack

7. Planificación Minera a Corto Plazo

En ésta sección, se van a analizar las labores de destape, preparación, perforación, voladura y transporte del material de la cantera durante un lapso de 1 año calendario aproximadamente de acuerdo a los parámetros actuales de explotación en la cantera y con el diseño de explotación final de la zona Oeste de la misma.

7.1. Modelo Digital del Terreno

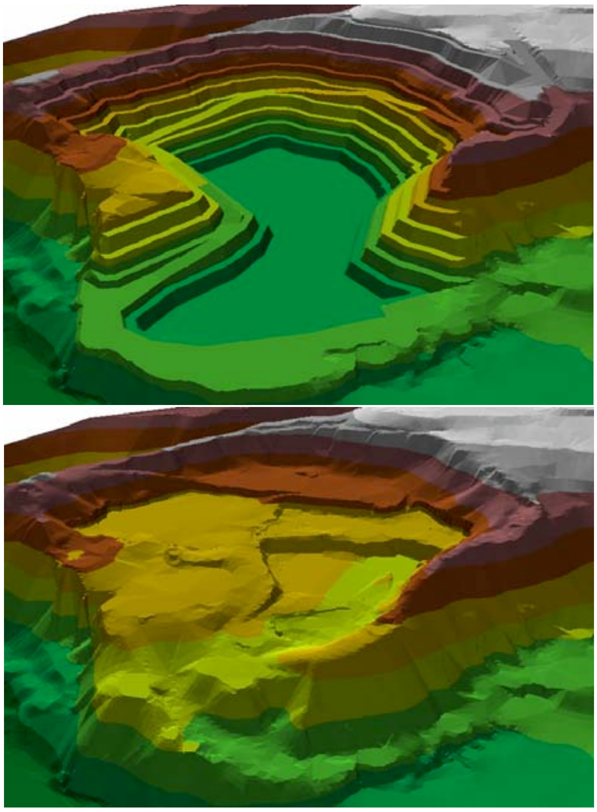

Fig. 5. Modelo Digital de Terreno actual y del diseño minero a mediano plazo

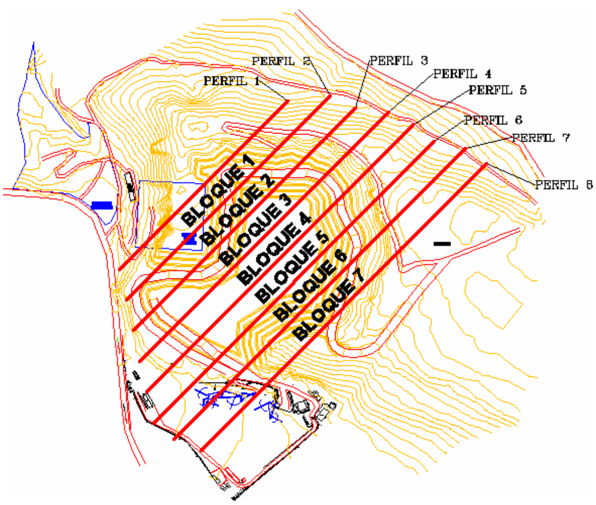

Fig. 6. Perfiles topográficos

Con la ayuda de la topografía realizada en el frente se diseñó el Modelo Digital del Terreno (MDT) a fin de usarlo en el cálculo de reservas, pues se puede calcular superficies y volúmenes de manera más exacta (Fig. 5).

Con la ayuda de la actualización topográfica realizada en el frente y con un software especializado, se diseñaron ocho perfiles topográficos de 570 metros de longitud en promedio y separados 40 m entre ellos; los perfiles delimitan 7 bloques de explotación en cada nivel de explotación (Fig. 6).

7.2. Niveles de explotación

Para la realización de la Planificación Minera de la cantera se realizó el diseño de 6 Niveles de Explotación, a la vez estos fueron segmentados por 8 perfiles topográficos, los mismos que dividen a los niveles en 7 bloques, todo esto define un total de 42 bloques independientes.

Como se describió con anterioridad, existen 6 Niveles, los cuales fueron segmentados en 42 bloques de explotación, los mismos que están repartidos en forma equitativa por nivel, es decir que, por cada nivel existen 7 bloques. Se van a describir las operaciones de los niveles 1 y 2, pues tales niveles tienen las reservas de mineral suficientes para las operaciones mineras durante más de un año calendario. Los niveles inferiores se los pueden describir en una planificación minera a largo plazo junto con el diseño de toda la cantera y su respectivo plan de abandono que es tema de nuevos estudios e informes detallados. Los 6 niveles a continuación descritos se los debe explotar en un periodo de 11 años, evacuando un total de 5’000.000 Ton.

Se debe recordar que esta investigación se refiere a las operaciones mineras a corto plazo en el tiempo de 1 año calendario con respecto a la producción actual y al diseño de los niveles 1 y 2 mencionados con anterioridad (Fig. 7).

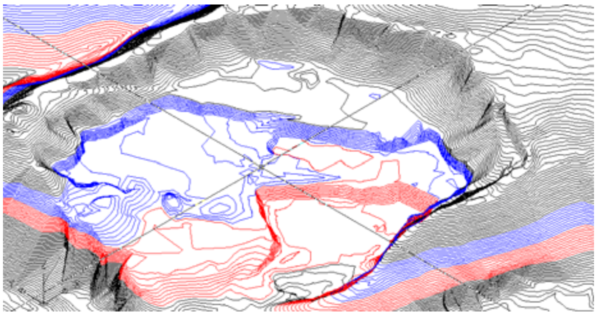

Fig. 7. Topografía actual en donde se denotan las cotas a ser alteradas a fin de perfilar los niveles 1 y 2.

7.3. Tareas de preparación

En las actividades a realizar para la explotación de los niveles podemos indicar lo siguiente:

▪ Actualmente en la cantera se está explotando el Nivel 2 en la cota 2866. Ésta explotación puede seguir hasta realizar las tareas de preparación del Nivel 1.
▪ El Nivel 1 debe ser el de inicio de la explotación, empezando por el lado SE del frente de explotación, pero este debe ser preparado ya que se encuentra material estéril, el cual tiene que ser desalojado hasta la roca fresca. Mientras se realizan estas tareas se puede seguir explotando el Nivel 2, cota 2865.
▪ Una vez terminadas las tareas de preparación del Nivel 1, la cantera contará con dos frentes listos para la explotación.
▪ Las vías de ingreso a cada uno de los niveles deben ser construidas a la par con el avance de las tareas de explotación.
▪ Se debe evacuar todo el material estéril de sobrecarga a fin de tener listo para explotación el nivel 1, esto significa mover 98000 Ton de material en un tiempo máximo de 3 meses.

7.4. Tareas de explotación

- Retiro del material de cobertura del Nivel 1, sector SE del frente de explotación.
- La explotación del Nivel 1 actualmente explotado debe continuar hasta que el Nivel 2 se encuentre listo para la explotación, una vez terminada las tareas de retiro de cobertura de la andesita.
- La explotación del Nivel 1 debe continuar a través de los bloques 1 hasta el 7, previamente diseñados para el nivel.
- El orden de explotación debe continuar desde el Nivel 1 hasta el Nivel 7, teniendo en cuenta las tareas de limpieza y diseño de las vías de acceso.
- Para cada uno de los niveles se debe seguir el orden de los bloques del 1 al 7.
- Se debe tener presente que dicha explotación está diseñada para una vida de la cantera de 11 años, tal vida útil se puede extender si se diseña y explotan las reservas del sector Este del área de estudio.

7.5. Detalle de explotación a corto plazo

A continuación se detallan las labores mineras necesarias en la cantera a fin de culminar 1 año calendario de operaciones; se debe tener presente que a la par de las operaciones mineras, se deben realizar trabajos en la vía de acceso y realizar labores de limpieza de la sobrecarga de la zona Este de la cantera a fin de destapar las reservas en ese sector y aumentar la vida útil de la misma. Para empezar las operaciones mineras, se debe tener presente que se deben mantener las vías de acceso actuales y que se deben explotar los 2 primeros niveles a fin de tener listo todo para empezar a explotar los niveles inferiores siguientes. Para explotar los 2 niveles superiores y dejarlos en su diseño a mediano plazo, se debe sectorizar cada nivel en bloques de explotación que a continuación vamos a mostrarlos.

7.5.1. NIVEL 1. Desde 2885 a 2875. En este nivel se propone que sea el de arranque de los trabajos de explotación, se debe continuar el avance de la explotación en este frente a la par de empezar a explotar el Nivel 2 en la zona en que no existe sobreposición de ambos niveles, quedando el Nivel 2 listo para ser explotado cuando sea necesario. Cabe señalar que se debe primero nivelar el piso actual que se encuentra 1 m mas arriba de lo diseñado como se lo ha mencionado con anterioridad a fin de tener bien definido el final del Nivel 1. El área a explotar para retroceder la cresta de la cota superior de éste nivel (2885) es de 11.000 m^2, lo que significa 242.400 Ton de mineral a explotar. Es necesario indicar que se han enumerado los bloques en este nivel y a continuación se van a indicar las operaciones mineras en ese sector en el nivel 1 (Fig. 8).

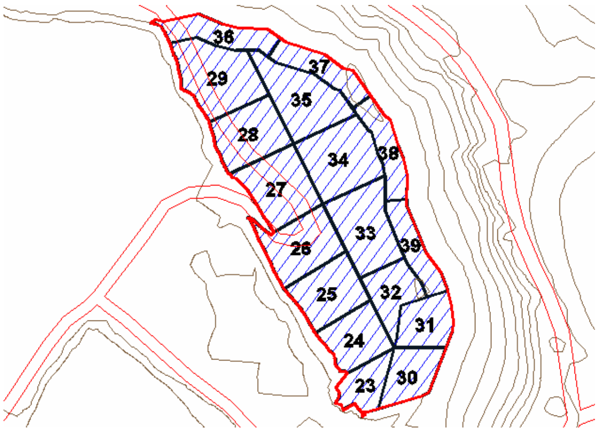

Fig. 8. Bloques del 23 al 39 en el Nivel 1

En la cota 2885 se van a realizar perforaciones de precorte a fin de perfilar el banco con el ángulo requerido hasta los 10 m, llegando a la cota 2875. Tal tarea debe hacer retroceder a la cresta del talud en aproximadamente 70 metros. El tiempo para evacuar el material removido es de 26 semanas (6 meses), durante dicho tiempo se debe empezar a perforar en el siguiente nivel además de destapar la sobrecarga. El material producto de la voladura debe depositarse en su mayoría en la cota 2875, y en ese nivel se debe proceder a realizar las operaciones de carga del mineral.

7.5.2. NIVEL 2. Desde 2875 a 2865. En este nivel se propone explotar hasta perfilar dicho nivel hasta el Diseño a Mediano Plazo propuesto en este trabajo. El área a explotar para retroceder la cresta de la cota superior de éste nivel (2875) es de 14.100 m^2, lo que significa 310.000 Ton de mineral a explotar. Es necesario indicar que se han numerado los bloques en este nivel y a continuación se van a indicar las operaciones mineras en ese sector en el nivel 2 (Fig. 9).

En la cota 2875 se deben realizar perforaciones de precorte a fin de perfilar el banco con el ángulo requerido hasta los 10 m, llegando a la cota 2865. Tal tarea debe hacer retroceder a la cresta del talud en aprox. 140 metros. El tiempo para evacuar el material removido es de 33 semanas (8 meses), durante dicho tiempo se debe empezar a perforar en el siguiente nivel además de destapar la sobrecarga. El material producto de la voladura debe depositarse en su mayoría en la cota 2875, en ese nivel se debe proceder a realizar las operaciones de carga del mineral.

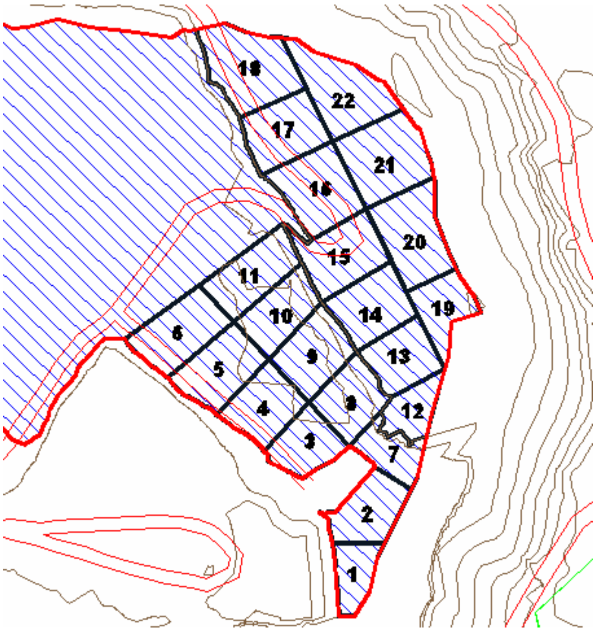

Fig. 9. Bloques del 1 al 22 en el Nivel 2

8. Conclusiones y Recomendaciones

- El mineral que se explota en la cantera de estudio es roca andesítica, y como estéril se tienen rocas sedimentarias y andesitas meteorizadas; se espera una producción promedio mensual de 37.500 Ton (450.000 Ton anuales, dato del año 2005), es decir que se va a explotar las reservas probadas y su sobrecarga.
- Las reservas de mineral por extraer calculadas en la Cantera son de 5'000.000 Ton. La explotación en la cantera es de arriba hacia abajo para así aprovechar la gravedad para remoción de material sucio y además poder controlar los taludes en forma más eficiente y segura. El tiempo de abandono estará dado por la capacidad de transporte y por la capacidad de procesamiento de la planta.
- El volumen de mineral calculado está penalizado con un 20% aproximadamente a fin de ser conservadores al momento de calcular reservas en cuanto a variaciones del área promedio, pérdidas de mineral en la voladura y zonas de presencia de estériles.
- Para el correcto diseño de una mina a cielo abierto se tiene que haber cubierto la etapa de investigación geológica, fruto de la cual se obtendrá el modelo del yacimiento con todas sus características litológicas y estructurales, que permitirán optimizar la geometría del hueco final y establecer la planificación de las labores, el control y previsión de la calidad de los minerales y, en suma, la rentabilidad del negocio.
- Para la realización de la Planificación Minera de la cantera se realizó el diseño de 6 Niveles de Explotación, a la vez estos fueron segmentados por 8 perfiles topográficos, los mismos que dividen a los niveles en 7 bloques, todo esto define un total de 42 bloques independientes.
- Las vías de acceso a la explotación se las ha propuesto en los lados Este y Oeste de la cantera a fin de ingresar la excavadora, tractor, los volquetes y la perforadora, perpendicular a la dirección del avance.
- Las reservas estimadas en los frentes de explotación son las necesarias para satisfacer la demanda de la cantera para un periodo de aproximado de 11 años, tal vida útil se puede extender si se diseña y explotan las reservas del sector Este del área de estudio.
- En la cresta superior de la cantera, existe un grave problema de estabilidad de dichas pendientes pues existen taludes de hasta 80º de inclinación.
- Se debe emplear la perforación mecanizada del tipo de "perforación por banqueo", que es el mejor método para la voladura de rocas ya que dispone de un frente libre para la salida y proyección del material permitiendo una sistematización de las labores; tiene una sobreperforación de 1 m cada barreno. El transporte del material volado se lo debe realizar con volquetes convencionales debido a que la distancia de transporte es de aproximadamente 700 m.
- El transporte del material debe realizarse desde la zona de explotación hacia la planta de trituración primaria, algunas de ellas van avanzando con los trabajos de explotación de los bloques; las pendientes de las vías no debe exceder del 10%, y estas pueden ser hechas con el material de cobertura.
- A fin de realizar un correcto diseño de la mina, se deben programar los avances para poder perfilar los bancos finales en la cantera. Por ello se establece como cota base a la cota 2865, pues es el piso que se encuentra actualmente bien nivelado y será el punto de partida para el diseño.
- Con la finalidad de minimizar las vibraciones durante las voladuras, éstas se deben controlar mediante los micro retardos de 75 milisegundos, de esta manera generará una secuencia de ondas más larga pero de menor amplitud.

- El sitio de depósito del material de desalojo una vez colmatada su capacidad, deberá ser reforestado para recuperar el área, para su posterior uso como área verde.
- Los frentes de explotación actuales de la cantera podrán ser utilizados como nuevos sitios de depósito de material de desalojo cuando las operaciones mineras terminen, ya que su configuración topográfica será la ideal para ser usado como depósito.
- La Administración de la Cantera deberá realizar una planificación para un periodo mayor de tiempo, ya que ésta le permitirá estimar los siguientes bancos y reservas a explotar.
- Como tareas adicionales a la planificación, la Administración de la Cantera deberá llevar un mantenimiento continuo de las vías de acarreo, para que no existan daños en la maquinaria de transporte, originando retrasos en los trabajos de explotación.
- Se debe tener presente que a la par de las operaciones mineras, se deben realizar trabajos en la vía de acceso y realizar labores de limpieza de la sobrecarga de la zona Este de la cantera a fin de destapar las reservas en ese sector y aumentar la vida útil de la misma.
- Para empezar las operaciones mineras, se debe tener presente que se deben mantener las vías de acceso actuales y que se deben explotar los 2 primeros niveles a fin de tener listo todo para empezar a explotar los niveles inferiores siguientes. Para explotar los 2 niveles superiores y dejarlos en su diseño a mediano plazo, se debe sectorizar cada nivel en bloques de explotación.

10. Referencias

[1]. ASOCIACIÓN ASTEC - F. ROMO CONSULTORES – LEÓN&GODOY, *Propuesta de Red Vial Básica para Optimizar el Desarrollo de la Zona Nororiental del Distrito Metropolitano de Quito, incluyendo El Naiq y La Zona Franca*, Ecuador.

[2]. BERNAOLA ALONSO JOSÉ, Fundamentos de Diseño de Voladuras, Madrid, 1991.

[3]. BUSTILLO M., Y LÓPEZ JIMENO C., *Manual de Evaluación y Diseño de Explotaciones Mineras*, Madrid, 1997.

[4]. DÍAZ ÁVILA JAIME, LLEDÓ ARAYA PATRICIO, Universidad de Santiago de Chile - Departamento de Ingeniería en Minas, *Curso de Minería a Cielo Abierto Planificación, Operación y Geomecánica Aplicada*, Chile, Agosto – 2006.

[5]. DR. ORTIZ DE URBINA FERNANDO PLÁ, DR. HERRERA HERBERT JUAN Y DR. LÓPEZ ABURTO VÍCTOR MANUEL, Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas, *Cátedra de Laboreo de Minas Curso de Laboreo II y Explosivos*, España, Abril 2002.

[6]. DR. ORTÍZ DE URBINA FERNANDO PLÁ, *Fundamentos de Laboreo de Minas*, España, 1994.

[7]. ENTRIX INC. ECUADOR, *Oleoducto de Crudos Pesados. Estudios Ambientales Complementarios. Estudio de Impacto y Plan de Manejo Ambiental para la Bodega Pifo*, Ecuador, Diciembre 2005.

[8]. ENTRIX INC. ECUADOR, *Oleoducto de Crudos Pesados. Estudios Ambientales Complementarios. Estudio de Impacto y Plan de Manejo Ambiental para la Bodega Quito*, Ecuador, Noviembre 2005.

[9]. ESTUDIOS MINEROS DEL PERÚ S.A.C, *Manual de Minería*, Lima – Perú.

[10]. FERNÁNDEZ RAFAEL – RUBIO / FERNÁNDEZ LORCA SERGIO / ESTÉBAN ARLE JORGER, *Abandono de Minas "Impacto Hidrológico"*, Madrid, 1986.

[11]. HOLMBERG – LANGEFORS – KIHLSTROM – DU PONT – OLAVARIA – ARCE – CONTRERAS, *Nuevo Concepto de Prevención de Riesgos en la Minería*, España, 1982.

[12]. IBGE, *Manual de Arranque, Carga y Transporte en Minería a Cielo Abierto*, Madrid, 1995.

[13]. INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA, *Manual de Perforación y Voladura de Rocas*, España, 1987.

[14]. INSTITUTO TECNOLÓGICO GEOMINERO DE ESPAÑA, *Manual de Ingeniería de Taludes*, España, 1991.

[15]. LOBO MARANHAO RICARDO JORGE, *Curso de Evaluación de Yacimientos Minerales*, 1991.

[16]. M. REGUEIRO – BARROS Y M. LOMBARDERO BARCELÓ, *Innovaciones y Avances en el Sector de las Rocas y Minerales Industriales*, España, 1996.

[17]. PONENCIAS DEL COMITÉ PERUANO DE MECÁNICA DE SUELOS, FUNDACIONES Y MECÁNICA DE ROCAS, *I Simposio Nacional de Mecánica de Rocas*, Perú, 1993.