

DISEÑO Y ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO DE UN YACIMIENTO DE CALIZA

Alvear G. Christian⁽¹⁾, López M. Mónica⁽²⁾, Pindo M. Juan⁽³⁾, Proaño C. Gastón⁽⁴⁾

Facultad de Ingenierías en Ciencias de la Tierra

Escuela Superior Politécnica del Litoral⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾

Campus Gustavo Galindo, Km. 30.5 vía Perimetral

Apartado 09-01-5863, Guayaquil-Ecuador

calvear@espol.edu.ec⁽¹⁾, mirlopez@espol.edu.ec⁽²⁾, jpindo@espol.edu.ec⁽³⁾, gproano@espol.edu.ec⁽⁴⁾

Resumen

El presente estudio tiene como objetivo diseñar y planificar las operaciones de arranque, carga y transporte de la explotación del yacimiento de caliza mediante un dimensionamiento adecuado de la maquinaria.

Este proyecto tiene una planificación minera a 5 años con un plan de explotación a largo plazo de las reservas de la cantera. El diseño que se propone es un banqueo descendente en cual se ha diseñado 8 niveles de explotación con una altura de 10 metros cada uno. Para calcular las reservas se realizó 5 cortes longitudinales en sentido SE-NO y transversales en sentido SO-NE.

Por último se precede a realizar un análisis económico para corroborar la toma de decisiones en la inversión, analizando dos alternativas que se han propuesto. La primera que cuenta con inversión de volquetas para la fase de carga y la segunda no las emplea como medio de transporte, realizando una variante en el acarreo del material. Finalmente se opta por la alternativa que brinda mayor rentabilidad e indica que la inversión ha sido favorable en el tiempo.

Palabras Claves: *diseño, explotación, análisis económico, caliza*

Abstract

The actual survey aims to design and plan the starting operations, charging and carrying of the limestone deposit's mining, through a good selecting and calculating of the machinery. This project has a mine planning for five years along with a long term exploitation of the reserves of the quarry.

The design that we propose: it is a downward benching with eight exploitation level and 10 meters of height each. To calculate the reserves, was done five longitudinal section with SE-NW direction and transversal section with SW-NE orientation

Finally it procede to make an economic analysis to check the decisions in the investments, analysing two alternatives that was proposed: the first one has an investment on haul trucks for the working load phase and the second alternative doesn't use these haul trucks as a transportation way making a variant in the hauling load. At the end, it chose the alternative that provides greater profitability and indicates that the investment has been favorable over the time

Key Words: *design, development, economic analysis, limestone*

1. Introducción

La caliza es uno de los minerales industriales no metálicos más abundantes y explotados en nuestro país. Su producción en los últimos años ha ido en aumento todo esto debido a la gran demanda en la industria de la construcción ya que se utiliza como materia prima básica para la obtención de cemento. Este aumento de la demanda de caliza surge a partir del gran desarrollo en la industria de la construcción principalmente en la región costa. La industria de la construcción tiene al cemento como uno de sus elementos importantes para lo cual se necesita de áridos o agregados de calidad que cumplan con las especificaciones técnicas internacionales y estándares locales. De esta gran necesidad surge la idea de llevar a cabo un estudio de diseño y análisis económico con el fin de satisfacer las necesidades de la colectividad y llevar una explotación sustentable. [1]

2. Objetivos

- Realizar el diseño de explotación que sea técnicamente viable, ambientalmente sostenible y económicamente rentable.
- Seleccionar la maquinaria para arranque, carga y transporte durante el tiempo de vida del proyecto.
- Ejecutar un análisis económico de acuerdo a los costos de producción para determinar la rentabilidad del proyecto.

3. Ubicación

Según la División Política Administrativa del Ecuador, la zona de estudio está localizada dentro del Área minera “ESTANCIA CERRO AZUL” que se encuentra al Oeste de la ciudad de Guayaquil, provincia del Guayas, y está ubicada en el Km 14 de la vía Guayaquil - Salinas. Dentro de la hoja Topográfica CHONGÓN.

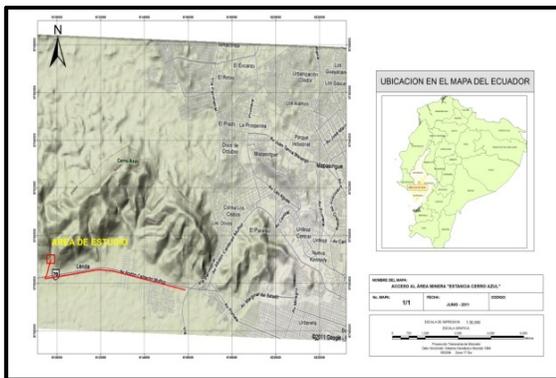


Figura 1. Ubicación de la cantera

4. Geología

La Costa del Ecuador se divide generalmente en dos dominios, norte y sur, separados por la cordillera de origen tectónico Chongón Colonche, bloque levantado de rumbo oeste noroeste-este sureste. Este levantamiento hizo que las rocas de la Formación Piñón, Formación Cayo y Guayaquil, originalmente formados en el piso del océano y depositados en posición horizontal fueran levantados e inclinados tomando un plano de buzamiento que varía desde 15 hasta 30 grados en dirección suroeste. [3]

5.1 Geomorfología

Morfológicamente la zona costera presenta: Al Este, una planicie aluvial, drenada por los ríos Daule y Babahoyo, que forman el Río Guayas; y, al Oeste, exceptuando el borde litoral, una región montañosa, constituida por la Cordillera Chongón Colonche y la Cuenca Progreso. La Cordillera Chongón Colonche de rumbo E-W, hace su franca aparición en el borde del Río Guayas y continúa hasta el Océano Pacífico.

En el flanco noroeste de la Cordillera Chongón Colonche, los cerros forman acantilados de difícil acceso, a lo largo del Océano Pacífico. [2]

5.2 Geología Local

La geología del sector está representada por la formación San Eduardo que está constituida litológicamente por la caliza, es la roca más representativa del sector, la misma que se encuentra en la mayor parte del área en estudio. [5]

Formación San Eduardo (Eoceno medio)

Los sedimentos del Paleoceno y del Eoceno inferior no están registrados en la región costera del Ecuador excepto como unidades aloctonas, las calizas San Eduardo descansan sobre la formación Cayo, con poca evidencia de discordancia, particularmente está bien desarrollada a lo largo sur de la cordillera Chongón-Colonche orientados casi de este a oeste, al oeste de Guayaquil. La formación San Eduardo comprende calizas clásticas compactas, turbidíticas, bien estratificadas compuestas de fragmentos y granos de arrecifes de algas, interestratificadas con escasas lutitas calcáreas y cherts. Varía hasta los 200 metros de espesor y contiene fauna (archeolithotamnium, discocyclina, spiroplectoides y otros) del eoceno Inferior-Medio, aunque algunas calizas de arrecife se les ha incluido dentro de la formación (Bristow y Hoffstetter, 1977) [4]

5. Diseño Minero

El mineral que se explota en la cantera es caliza y como estéril se tienen arcilla, se espera poder producir un promedio mensual de 8000 toneladas según el diseño realizado. El tiempo de abandono será dado en función a la planificación, la misma que dependerá del cálculo de reservas y del volumen del diseño final.

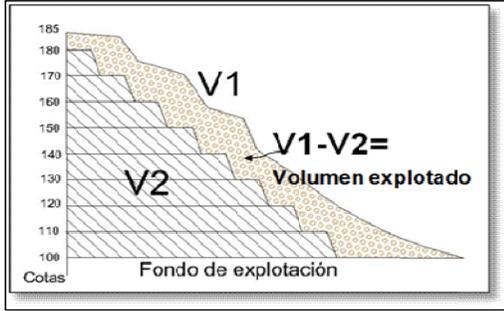


Figura 2. Volumen de Explotación

Tal volumen es hasta la cota 105 m desde la cota 185 realizando un banqueo descendente con una altura de 80 metros para lo cual se ha diseñado 8 niveles de explotación con una altura de 10 metros cada uno..

6.1 Cálculo de Reservas de la Cantera[6]

Para el presente estudio se cuenta con un yacimiento sedimentario el mismo que presenta estratos horizontales uniformes para el que se ha definido el uso del método tradicional de cálculo de reservas de perfiles el mismo que se emplea para superficies uniformes que permitan realizar los cortes o perfiles geológicos. El modelo comprende la elaboración de cinco perfiles longitudinales con una orientación de SE- NO y con una distancia de separación de 50 m entre perfil y perfil. Posteriormente se precede a diseñar cinco perfiles transversales con una orientación SO-NE y una distancia de separación igual a la de los perfiles longitudinales. Con el fin de abarcar toda la superficie delimitada de la concesión.

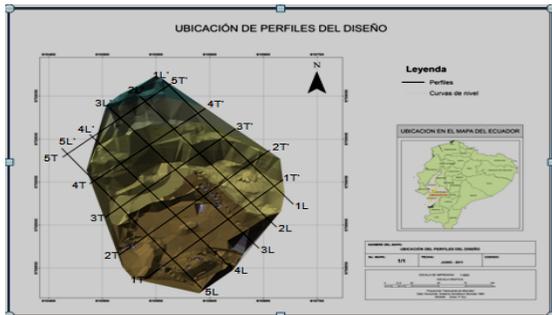


Figura 3. Mapa del Modelo Digital del Terreno.

Siguiendo el procedimiento indicado el software Autocad Civil 3D generará las imágenes de cada perfil, las mismas que van a permitir definir la cota mínima de explotación y el volumen de la región delimita por los perfiles.

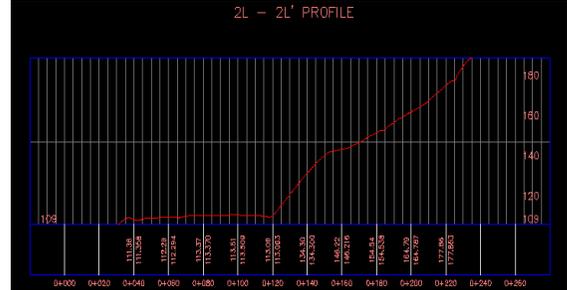


Figura 4. Vista del Perfil Longitudinal



Figura 5. Vista del Perfil Transversal

Finalmente se observa que a partir de la cota 100 es donde se concentra la mayor cantidad de mineral que contiene el macizo por consiguiente para el cálculo de volumen se va a tomar como cota mínima de explotación a la cota 100 m.s.n.m y una cota máxima de explotación de 185 m.s.n.m. Una vez definidas las cotas limitantes de la explotación la herramienta informática Autocad Civil 3D indica una vez realizado el cálculo que las reservas probadas de la cantera son de **682.640 metros cúbicos**

6.2 Cálculo de volúmenes del diseño

Con la finalidad de encontrar el volumen a explotar con el cual se va a proceder a elaborar la planificación del proyecto, procedemos a realizar la fase de destape en la cual se va a realizar un desmonte inicial, para lo cual se va a remover 2099 metros cúbicos de cubierta vegetal y suelo. Esta fase permitirá el ingreso de maquinaria para la elaboración de los bancos tomando en cuenta que el diseño final será un banqueo descendente.

Para el diseño final de bancos teniendo en cuenta la topografía de la cantera y factores geométricos, geotécnicos y geotécnicos del macizo rocoso se va tomar los siguientes parámetros.

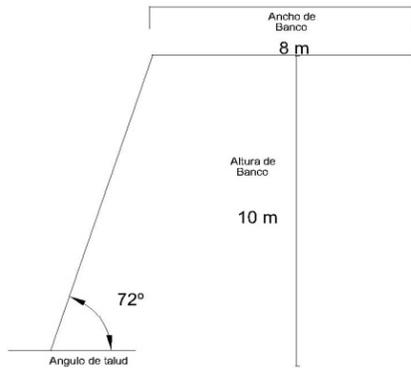


Figura 6. Parámetros de Diseño

7 Planificación

7.1 Factores Geométricos

El sistema de explotación seleccionado va ser por banqueo descendente. El mineral de interés principalmente en esta área minera es el carbonato de calcio, en forma de caliza estratificada en estratos semi-verticales. El mineral se encuentra cubierto por una capa de suelo vegetal de aproximadamente 0.7 metros de espesor

7.2 Factores Geomecánicos[7]

El mineral a explotar en la cantera es caliza ya sea para agregados o para la elaboración de clinker para lo cual vamos a tener diferentes tamaños de piedra. Para esto es importante analizar las características físico-mecánicas de la caliza, las mismas que me permitir establecer la malla de perforación y voladura.

7.3 Factores Operativos

El motivo por el cual se va a realizar una explotación a cielo abierto es para así aprovechar la remoción de material sucio (caliza con arcilla) y además para poder controlar los taludes de una manera más eficiente y segura.

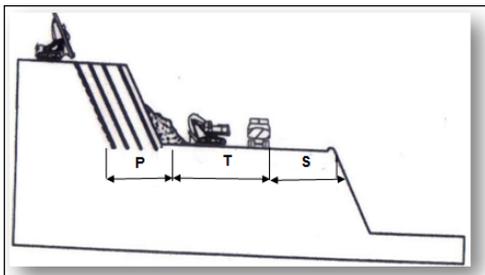


Figura 7. Vista de perfiles transversales

En el diseño de bancos se estableció que la anchura del banco será de 8 metros debido a las dimensiones de la maquinaria y a la distancia de seguridad que debe existir según el reglamento de seguridad en canteras, el cual establece que debe existir una distancia que brinde seguridad tanto a la maquinaria como al personal que realice sus labores.

7.3.1 Perforación y Voladura. Para la explotación se va a emplear una perforación por banqueo la misma que garantiza tener una voladura que me brinde un frente libre para la salida y proyección del material y a su vez permitiendo una sistematización de las labores. Para perforación se va a utilizar brocas de 3" de diámetro y se va a planificar una malla de perforación de 15 huecos la misma que va contar con la sobre perforación de 1 metro y un espaciamiento entre hueco y hueco de 4 metros. Tomando en cuenta que la longitud de los barrenos es de 3 metros se va a utilizar por cada hueco cuatro barrenos los mismos que no van a contar ningún tipo de inclinación.

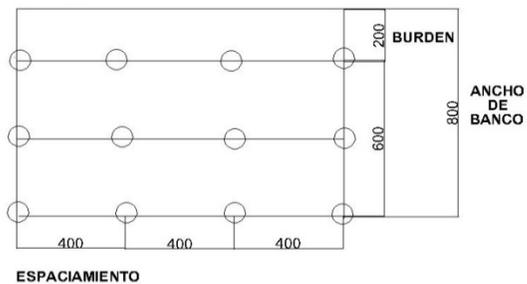


Figura8. Parámetros de la Voladura

7.3.2 Transporte y Vías de Acceso [8]. El transporte de material de la zona de explotación hasta la planta de trituración Se lo va realizar por las vías de acceso, la misma que podemos ver en la gráfica. Tomando en cuenta que la pendiente de estas vías no exceda el 10% y se las puede realizar con el mismo material de cobertura. El transporte a emplear son volquetas las cuales van a tener una capacidad de 17 toneladas.

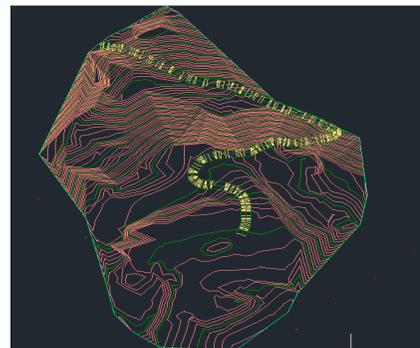


Figura 9. Vía de acarreo del material

8 Análisis Financiero.

Para el presente proyecto una de las es determinar la viabilidad del proyecto buscando siempre llegar a maximizar la rentabilidad del mismo. Dentro de los objetivos del análisis financiero tenemos:

- Analizar las variables que componen el flujo de caja efectivo
- Calcular los ingresos, costos de operación, utilidades, impuestos que se estiman para obtener el valor actual neto.
- Calcular la tasa de rentabilidad que ha generado el proyecto a partir de una inversión inicial.

8.1 Análisis de Variables que Componen el Flujo de Caja Efectivo

8.1.1 Días de Operaciones de la cantera. Los días de operaciones de la cantera durante los dos primeros años serán de 248 días debido a factores operativos, técnicos, ambientales o de legislación que se deban de implementar a medida que se va desarrollando el proyecto. Por consecuencia se tendrán que suspender las actividades en la cantera, sin embargo a partir del tercer año los días de operaciones serán de 355 días una vez solucionados y consolidados los factores mencionados anteriormente.

8.1.2 Producción. Para la ejecución del proyecto se ha establecido que durante el primer año no se realizaran labores de explotación, puesto que previo a esta etapa se realizarán las labores mencionadas anteriormente. Se ha previsto que a partir del segundo año empezará la fase de explotación la en la cual se tratara la cantidad 123.173 metros cúbicos de mineral hasta el quinto año. Periodo para el cual se realizará la fase de remediación y el respectivo cierre de operaciones.

8.1.3 Precio del Mineral. El precio estándar fijado para el metro cubico de caliza para el Precio Del Mineral presente proyecto es de tres dólares americanos

8.1.4 Valor Bruto de Venta. Este rubro representa al valor en dólares que se obtiene de la producción inicial sin tomar en cuenta impuestos ni regalías. Para el primer año el valor es cero debido a que no ha empezado la fase de explotación

8.2 Costos de Operación

Este rubro corresponde a los costos que se generan para explotar un metro cubico de caliza desde la fase

de exploración hasta la fase de destape. Para el proyecto se ha considerado como costos de operación al costo de minado, costo de carga y transporte..

8.3 Costo de Minado

El costo de minado representa el valor en dólares que se requiere para explotar un metro cubico durante la fase de perforación y voladura tomando en cuenta todos los rubros tales como:

- Personal
- Explosivos
- Combustible
- Barrenos
- Brocas

El costo de minado consiste en la suma de todos los rubros mencionados anteriormente. El costo final de minado es de 1.06 dólares por metro cubico.

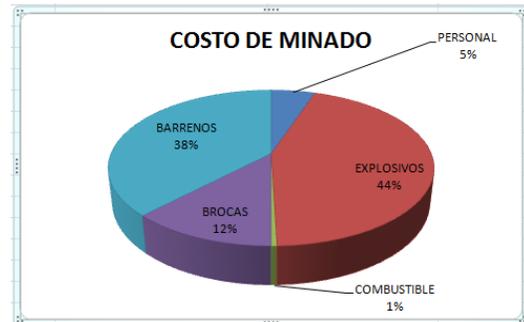


Figura 10. Costo de Minado

Como podemos observar en el diagrama, el rubro que es más representativo en el costo de minado es el de los explosivos y el que menos influye es el de combustible lo cual no hace concluir que un aumento en los explosivos podría influir en que existe un mayor costo de operación y por tanto sería una variable de riesgo dentro del proyecto.

8.5 Costo de Carga y Transporte

El costo de carga y transporte representa el valor en dólares americanos que cuesta cargar y transportar un metro cubico de material después de realizarse la voladura. Sus principales valores a analizar son los siguientes:

- Personal
- Combustible
- Mantenimiento de maquinarias

El costo final es de 0.29 dólares que es la suma de los respectivos rubros calculados anteriormente.

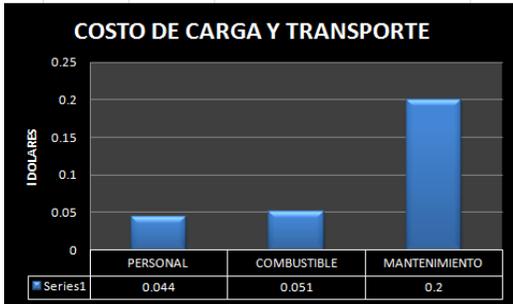


Figura 11. Costo de Carga y transporte

El gráfico indica que el rubro que más influye en el costo final es el del mantenimiento por el cual abra que analizar alternativas en caso que se obtenga una rentabilidad baja o no sea viable el proyecto.

8.7 Regalías

Según la Ley de Minería vigente en el Ecuador, respecto a las Regalías en la Actividad Minera. El Estado, es el propietario de los recursos naturales no renovables, tendrá derecho a recibir el pago de una regalía de parte de los concesionarios mineros que realizan labores de explotación. Las regalías pagadas por los concesionarios se establecerán con base a un porcentaje sobre la venta del mineral principal y de los minerales secundarios y serán pagadas semestralmente en los meses de marzo y septiembre de cada año.

8.8 Cálculo de las Regalías

Para nuestro proyecto el valor bruto neto es de 369.522,00 dólares considerando el valor de las regalías 5% tendríamos un valor de 18.476 dólares. De esta cantidad el 40 % iría al Gobierno a través del SRI, y debe ser asignado para obras a nivel nacional. Es decir 7390 dólares. El 60 % restante, es decir 11086 dólares, se reparte 50 % para invertir en Proyectos Productivos y de desarrollo local sustentable a través de los Gobiernos Municipales, Juntas Parroquiales y, cuando el caso amerite, el 50% de este porcentaje a las instancias de gobierno de las comunidades indígenas y/o circunscripciones territoriales.

8.9 Impuestos

Otro rubro muy importante dentro de un proyecto minero es el de los impuestos, debido a que cada país impone diversos impuestos durante la fase de producción de acuerdo a su legislación minera.

Por tal motivo la vigente ley minera en el Ecuador clasifica los impuestos de la siguiente manera.

8.10 Utilidades de la Operación

Este rubro representa el a la diferencia entre el valor bruto de venta y los costos de operación (costos de minado, costo de carga y transporte). El valor obtenido de la diferencia para el proyecto es de 351045 \$ USA durante el periodo de segundo año hasta el quinto año.

8.11 Flujo de Caja Operacional

Para el presente proyecto se ha obtenido el flujo de caja operacional que consiste que la suma de dos rubros que se encuentran en el análisis financiero que son la utilidad neta y la depreciación. Para el primer año el flujo de caja reporta perdidas pero a partir del segundo año se obtiene un valor positivo hasta el último año del proyecto el mismo que es el valor de 191901.45 \$ USA.

8.12 Inversión de Capital.

Para el proyecto se ha planificado una inversión inicial de 200.000 \$ USA dicho valor debido a la inversión de maquinaria y para los siguientes años del proyecto se ha planificado un valor de 63.000 \$ USA anuales dentro del cual incluye costos de explosivos, salarios, y costo de remediación ambiental el cual se lo ira realizando progresivamente a medida que avanza el proyecto.

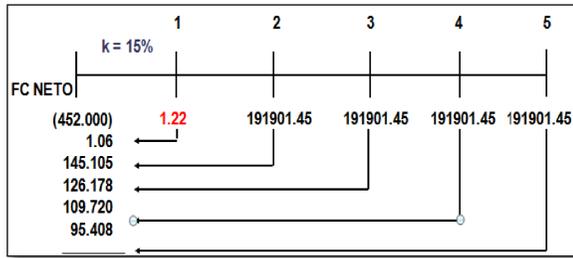
8.13 Valor Presente Neto

El Valor Presente Neto permite determinar si una inversión cumple con el objetivo básico financiero. Es importante tener en cuenta que el valor del Valor Presente Neto depende de las siguientes variables:

La inversión inicial previa, las inversiones durante la operación, los flujos netos de efectivo, la tasa de descuento y el número de periodos que dure el proyecto y la tasa de descuento. [9]

8.14 Cálculo de Valor Presente Neto

Se cuenta las respectivas variables para el cálculo del VAN tenemos, que con una inversión inicial de 200.000 \$ USA durante un periodo de 5 años de ejecución del proyecto y con una tasa de descuento del 15% se procedió al cálculo del valor presente neto a partir del cociente entre el flujo de caja operacional y la tasa de retorno para cada periodo.



El presente gráfico indica el resultado de los cálculos obtenidos por año del valor presente neto. Con una inversión total de 452.000 \$ USA.

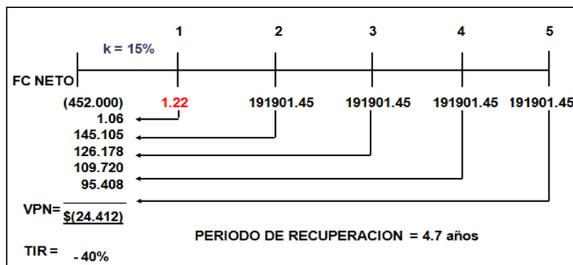
8.15 Flujo de Caja Neto

Este valor representa a la diferencia entre el valor presente neto y las inversiones realizadas durante cada año del proyecto.

8.16 Valor Presente Neto Acumulado

Es el valor presente neto acumulado es la suma entre el valor presente neto y el flujo de caja neto obteniendo el siguiente resultado:

Calculo de la TIR y el VAN del Proyecto



El valor presente neto acumulado durante el periodo de cinco años es de 24.412 \$ USA como se indica en el gráfico, con un periodo de recuperación de la inversión de 4.7 años y una tasa interna de retorno de -40%. Dicho valor negativo indica que el proyecto no es rentable de tal modo va haber pérdidas .debido a un alto periodo de recuperación de la inversión.

8.17 Plan Complementario

Habiendo observado la no viabilidad del proyecto, se procede a buscar un plan complementario. Este plan tiene como objetivo buscar la mayor rentabilidad de la inversión a realizar modificando algunas estrategias operacionales en la explotación. Las mismas que no

afecten factores de seguridad, producción y planificación en el proyecto.

Habiendo analizado todos los rubros del flujo de caja se concluye que uno de los valores que más influye en los costos de operación es el de la maquinaria, debido a que se tiene un costo alto de mantenimiento de la misma y a la vez una depreciación alta que influye tanto en el costo de transporte y finalmente se refleja dicho costo en el flujo de caja operacional. Sumado todos los costos para un periodo de cinco años la maquinaria va a generar costos por el valor de 625.000 \$ USA lo cual es un valor sobredimensionado para el proyecto y costos de explotación.

8.18 Estrategia

Se va a implementar un nuevo proceso de carga y transporte desde los bancos de explotación hasta el lugar donde se colocará la planta de trituración.

El proceso consiste en remplazar las volquetas que suben hasta los bancos de explotación para su respectiva carga de material y posterior descarga en la zona donde estará colocada la planta de trituración, por un método de transporte por gravedad el mismo que consiste una vez que el material se haya desprendido del macizo rocoso con la ayuda de una cargadora se colocara el material en una zona determinada de preferencia al borde del talud y con un tractor de alta capacidad se procederá a realizar un arrastre para que el material caiga desde el banco hasta una zona de acopio con ayuda de la gravedad.

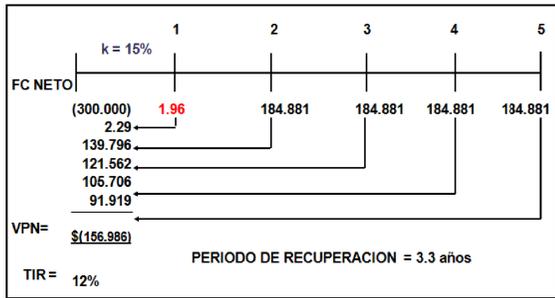
8.19 Ventajas

8.19.1 Costos. El presente método de carga y transporte va reducir los costos de inversión de maquinaria, puesto que ya no sería necesaria la compra de las dos volquetas que se había planificado en la alternativa preliminar. El costo de la maquinaria para la propuesta alterna es de 300.000 \$ USA se obtiene un costo de mantenimiento de 252.000\$ USA y una depreciación 157.500 \$ USA durante el periodo de los cinco años. Existe una diferencia de 200.000 \$ USA menos de inversión de maquinaria en la propuesta alterna, y se obtiene un costo de mantenimiento menor de 148.000 \$ USA y una depreciación 67.500 \$ USA durante el periodo de los cinco años.

8.19.2 Inversión Inicial. Dentro de las ventajas está que la inversión inicial disminuye considerablemente a 30.000\$ USA debido a que la inversión total es menor la cual la hace más atractiva y viable considerando la dimensión del proyecto. A partir del segundo año el valor de inversión es muy parecido a la propuesta preliminar 68.000 \$ USA y su financiación será a medida que el proyecto avanza.

8.19.3 Valor Presente Neto Acumulado. El valor presente neto acumulado que se obtiene para el plan complementario es el siguiente resultado:

Calculo de la TIR y el VAN del Proyecto Complementario



El valor presente neto acumulado para el proyecto complementario durante el periodo de cinco años es de 156.986 \$ USA como se indica en el gráfico, con un periodo de recuperación de la inversión de 3.3 años y una tasa interna de retorno del 12%.

Dicho valor positivo indica que el proyecto es rentable de tal modo va haber utilidades, debido que la inversión inicial es relativamente baja en comparación del valor presente neto lo que hace viable el proyecto.

CONCLUSIONES

Para el presente diseño y explotación minera de la cantera Estancia Cerro Azul, se precedió llevar a cabo el cálculo de reservas de mineral a extraer las cuales son de 182478.15 metros cúbicos aproximadamente. Con una planificación de cinco años de tiempo de vida de la cantera. El diseño minero se lo realizó habiendo analizado parámetros tales como: operativos, técnicos, topográficos, geotécnicos y económicos. La fase de arranque se va realizar mediante una explotación a cielo abierto por banqueo descendente para así poder aprovechar la fuerza de la gravedad para la remoción de material estéril o sucio. A partir de la cota 185 m.s.n.m hasta la cota 105 m.s.n.m como cota mínima de explotación formando un talud de una altura de 80

metros para lo cual se diseñó 8 niveles de explotación con una altura de 10 metros cada uno, y un ancho de banco de 8 metros el mismo que garantizará la seguridad de las maquinaria y del personal.

Se va a emplear una perforación de banqueo debido a que se puede realizar sin que exista ningún tipo de interrupción de operaciones y así lograr una eficiencia de procesos.

Para el proyecto se tuvo que desechar la opción inicial debido a que no existía una rentabilidad que permita solventar la inversión. Por lo cual se escogió la propuesta alterna la misma que entrega una rentabilidad del 12% con un valor presente neto de 156.986 \$ USA además de un tiempo de vida útil de las maquinarias de cinco años más. Por lo tanto el proyecto es viable para el periodo de cinco años con una recuperación de inversión de tres años.

REFERENCIA

[1]. DINAMI (Dirección Nacional de Minería) Informes de Producción Minera Nacional. Ecuador (1999-2007).

[2.] CALDERON JAVIER, “Optimización de la operación de explotación de caliza”. (Tesis, Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1997)

[3]CENTANARO LUIS, “Evaluación Geoeconómica del yacimiento de caliza de la zona San Eduardo en el Km 13 1/2 vía a la Costa y Consideraciones técnicas Económicas de su explotación”, (Tesis, Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1988)

[4] LADINES LELY, Ordenación Minero-Ambiental de los Recursos Minerales No Metálicos y su influencia en el Medio Ambiente, Sector Noroeste de Guayaquil, 2000.

[5]. BENITEZ SAMUEL. Estratigrafía de las formaciones Cayo y Guayaquil en la cordillera Chongón Colonche: Hacia una redefinición Geociencia # 4 Organo Informativo del Colegio de Geólogos, Minas, Petróleos del Guayas, 1990.

[6] Estevez Elmido. Apuntes sobre estimación de recursos y reservas; en internet, 2011: <http://www.monografias.com/trabajos65/estimacion-recursos-reservas/estimacion-recursos-reservas2.shtml>,

[7]. Casco Antonio. Propiedades de las rocas de ornamentación y construcción, 2011.

[8] CAT, Manual de Rendimiento Caterpillar, Edición 2007.

[9] Didier José. El valor Presente Neto-VPN; en internet, 2011: <http://pymesfuturo.com/vpneto.htm#C%C3%A1culo%20del%20VPN>