



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS DE LA TIERRA**

**“Explotación de Zeolitas a Cielo Abierto”**

**Referencia: Concesión Minera El Refugio**

**TESIS DE GRADO**

**Previa a la obtención del Título de:**

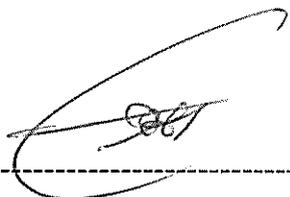
**INGENIERO DE MINAS**

**Presentada por:**

**ANIBAL FERNANDO GUEVARA GAVILANES**

**GUAYAQUIL - ECUADOR**

**2002**



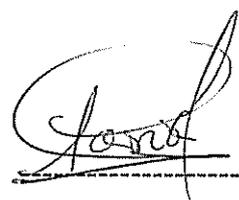
Ing. Edison Navarrete.  
Presidente del Tribunal



Ing. Jorge Velasco  
Director de Tesis



Dra. Elizabeth Peña.  
Miembro del Tribunal



Dr. Paúl Carrión  
Miembro del Tribunal



BIBLIOTECA FI  
ESPOL

# DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta tesis, me corresponde exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma, a la “ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”.

(Reglamento de Exámenes y Títulos profesionales de la ESPOL).



**BIBLIOTECA FICT  
ESPOL**

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Anibal Guevara Gavilanes", is written over a horizontal dashed line.

**ANIBAL GUEVARA GAVILANES**

## **RESUMEN**

Con el fin de garantizar una explotación racionalmente económica y técnicamente eficiente la Cía. Zeolitas S. A. ha determinado se confeccione el Proyecto Minero del Yacimiento León, el cual incluye el presupuesto total de los gastos con la finalidad de satisfacer la demanda de los consumidores de zeolitas en el Ecuador.

Con este proyecto se pretende lograr disminuir los costos en el proceso de extracción, cargue y traslado del mineral, así como la aplicación de una técnica óptima en dicho proceso.

El cálculo de reservas de zeolitas para usos masivos (agricultura, camaronicultura, etc.) aparece en el Informe sobre la Exploración Detallada de zeolitas en el Yacimiento El Refugio; Guayaquil.

El presente proyecto constará de las partes siguientes:

- Parte Exploratoria.
- Parte Minera.
- Parte Económica.

Producir escalonadamente en forma ascendente hasta alcanzar una producción estable de 16 000 toneladas de zeolitas al año, de Calidad Media (Clase II), para los usos masivos.

El mineral de cabeza para las zeolitas deberá cumplir las especificaciones siguientes:

- Calor de Inmersión (Delta t):  $\geq 8$  °C.
- Capacidad de Intercambio Catiónico Total: mayor de 80 meq/100g.

Se proyectarán las medidas necesarias para proteger el Medio ambiente y recuperar la Naturaleza de acuerdo a la legislación vigente.

## INDICE GENERAL

RESUMEN.....	IV
INDICE GENERAL.....	VI
INDICE DE FIGURAS.....	VIII
INDICE DE TABLAS.....	IX
<b>Introducción .....</b>	<b>1</b>
<b>I.- Generalidades .....</b>	<b>2</b>
1.1. - Concesión Minera .....	2
1.2. - Morfología de Hidrología Superficial .....	2
1.3. - Vegetación y Clima .....	4
1.4. - Historia e Investigaciones Previas .....	5
<b>II.- Exploración .....</b>	<b>7</b>
2.1. - Geología Regional .....	7
2.2. - Características Geológicas del Yacimiento.....	12
2.2.1. - Criterios de Indices de Prospección .....	12
2.2.2. - Geología y Tectónica del Yacimiento .....	12
2.2.3. - Génesis del Yacimiento "El Refugio .....	19
2.3. - Características Tecnológicas del Yacimiento .....	21
2.3.1. - Posibilidades de uso de las Zeolitas .....	21

2.3.2. - Tipos de análisis y ensayos .....	24
2.3.3. - Criterios utilizados en la evaluación de las zeolitas.....	25
2.3.4. - Resultados de calidad de las zeolitas del Sector León.....	26
2.4. - Cálculo de Recursos y Reservas.....	28
<b>III.- Minería .....</b>	<b>29</b>
3.1. - Resumen de las Características Geólogo Minera del Yacimiento .....	29
3.2. - Reservas Técnicas .....	31
3.3. - Pérdidas y Dilución. ....	32
3.3.1. - Pérdidas. ....	32
3.3.2. - Dilución.....	33
3.4. - Reservas Extrapoles (RE).....	34
3.5. - Tiempo de Vida Util de la Mina (TVUM) .....	35
3.6. - Exploración de Explotación .....	35
3.7. – Fundamentación de los parámetros constructivos de la mina .....	36
3.8. – Destape.....	38
3.9. – Extracción del mineral. Descripción de operaciones (Arranque, cargue y transporte). ....	46
3.9.1. – Arranque .....	50
3.9.2. – Pasaporte de barrenación y voladura .....	50
3.9.3.- Carga .....	53
3.9.4. – Transporte del mineral hasta la planta de beneficio. ....	53
3.10. – Trabajos de Impacto Ambiental. ....	55

3.10.1. – Programa de seguimiento del plan de Manejo Ambiental. ....	55
<b>IV.- Economía .....</b>	<b>58</b>
4.1. - Gastos Capitales .....	58
4.2. – Presupuesto de Gastos por Actividad.....	58
4.3. - Gastos de Operación .....	61
4.4. - Total de Gastos. ....	61
<b>V.- Conclusiones y Recomendaciones.....</b>	<b>64</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>65</b>

## INDICE DE GRAFICOS

<b>1 Mapa de Ubicación. Concesión Minera El Refugio .....</b>	<b>3</b>
<b>2 Esquema Geológico Regional .....</b>	<b>8</b>
<b>3 Plano geológico esquemático del yacimiento León .....</b>	<b>14</b>
<b>4 Cortes Geológicos Transversales A - A' y B - B' .....</b>	<b>15</b>
<b>5 Cortes Geológicos Transversales C - C' y D - D'.....</b>	<b>16</b>
<b>6 Corte Geológico Longitudinal. ....</b>	<b>17</b>
<b>7 Plano Topográfico del Yacimiento León. ....</b>	<b>40</b>
<b>8 Estado final de la mina.....</b>	<b>41</b>
<b>9 Perfiles transversales A - A' y B - B' .....</b>	<b>42</b>
<b>10 Perfiles transversales C - C' y D - D' .....</b>	<b>43</b>
<b>11 Perfil longitudinal I - I .....</b>	<b>44</b>
<b>12 Primer año de explotación. ....</b>	<b>48</b>
<b>13 Ubicación de los depósitos estériles Sur y Norte0 .....</b>	<b>49</b>
<b>14 Depósito de estéril No. 1, Norte .....</b>	<b>50</b>
<b>15 Pasaporte de barrenación y voladura.....</b>	<b>52</b>

## INDICE DE TABLAS

<b>1 Cronograma de explotación. ....</b>	<b>47</b>
<b>2 Cronograma de ejecución del Plan Ambiental.....</b>	<b>57</b>
<b>3 Gastos Capitales.....</b>	<b>59</b>
<b>4 Presupuesto de Gastos por Actividades.....</b>	<b>60</b>
<b>5 Gastos de Operación. ....</b>	<b>62</b>
<b>6 Total de Gastos.....</b>	<b>63</b>

## INTRODUCCIÓN

El yacimiento “ León” se encuentra ubicado en la concesión minera “ EL REFUGIO” perteneciente a ZEOLITAS S. A. En la parte norte de la cordillera Chongon – Colonche.

Sobre la base de la investigación geológica practicada en el Sector El Refugio, se proyecta una mina a cielo abierto para la explotación de zeolita. La apertura y puesta en marcha de la mina comenzó en el año 1999.

En el proyecto se contemplo para el primer año y parte del segundo la carga manual del mineral arrancado, después se pasará a la carga mecanizada. Se ha proyectado también la realización de voladuras para la extracción de la roca mineralizada.

El Proyecto Minero para su confección ha sido dividido en 4 capítulos o secciones:

- I Generalidades.
- II Exploración.
- III Minería.
- IV Economía.

Se incluyen Conclusiones, Recomendaciones y la Bibliografía utilizada.

## **I.- GENERALIDADES.**

### **1.1. - CONCESIÓN MINERA.**

A la Cía. ZEOLITAS S. A. pertenece la Concesión Minera El Refugio la cual tiene 300 ha aproximadas, en ella aparece el Yacimiento de Zeolitas "León"; actualmente del yacimiento se está extrayendo mineral.

### **1.2. - MORFOLOGÍA E HIDROLOGÍA SUPERFICIAL.**

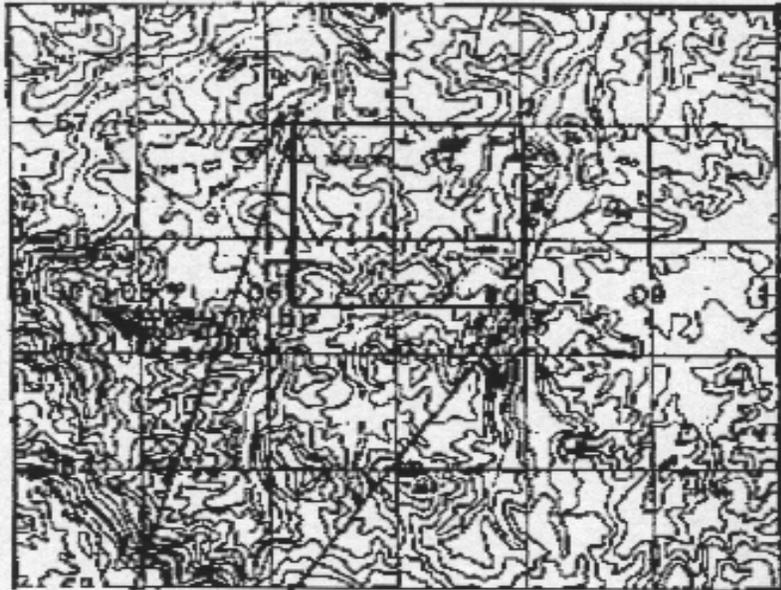
Morfológicamente el área forma parte de la región montañosa constituida por la Cordillera Chongón Colonche con un rumbo E-W, las alturas fluctúan entre 100 - 400 m, estando el yacimiento ubicado entre los 95 - 135 m (Ver Grafico No. 1); se observan pendientes muy abruptas ( $50^{\circ}$ - $65^{\circ}$ ) en los cañones que separan los cerros entre sí .

Por el área concesionada no corre río de consideración, sólo arroyos que lo hacen fundamentalmente en época de lluvia, o con caudales mínimos en época de seca, y su existencia se debe esencialmente a causa de los cañones intra montañosos.



GRAFICO No. 1

# CONCESION MINERA DE EXPLOTACIÓN CANTERA "EL REFUGIO"



Escala: 1:50 000



SECTOR LEON

AREA MINERA " EL REFUGIO "

NOMBRE:

Mapa de Ubicación

Concesionaria:  
ZEOLITAS S. A

Preparó: M MARTINEZ  
A. GUEVARA

### 1.3. - VEGETACIÓN Y CLIMA.

Las principales formaciones vegetales y forestales corresponden a las de sabanas, en ambiente de bosque y seco tropical, modificado ligeramente por la presencia de la Cordillera Chongón Colonche. La Vegetación arbústica está representada por un predominio de ceibos y algarrobos, en los sectores altos; en los bajos se encuentran acacias y ciruelos.

El clima corresponde a la tropical-sabana, la temperatura media anual es de 26,2 °C ; la máxima media mensual (Abril) es de 30,6 °C y la mínima media mensual (Agosto) es de 23,8 °C. La humedad media anual es de 77%.

Los datos de precipitaciones obtenidos en el período comprendido entre los años 1980 y 1997, a más de los meses de Enero y Marzo de 1998, nos muestran que las precipitaciones promedio anuales obtenidas de las precipitaciones ponderadas mensuales, han tenido el siguiente registro:

Precipitación mínima anual = 521.9 mm (año 1995).

Precipitación máxima anual = 4 230.7 mm (año 1983).

Precipitación promedio = 1 312 mm.

La distribución anual de las precipitaciones nos permite observar que en los meses de Enero, Febrero, Marzo y Abril aparece la mayor concentración pluvial. El mes de mayor pluviosidad acumulada es el mes de Marzo con 5 491.1 mm.

Las variaciones interanuales oscilan de marcadas a muy marcadas. En el año de 1982, mes de Marzo, se registró una precipitación de 6.7 mm, en 1983, en el mismo mes la precipitación fue de 830 mm.

Los datos estadísticos recolectados en las dos estaciones meteorológicas de la zona más cercana al área del proyecto, en el período considerado incluyen dos eventos climáticos atípicos conocidos como Fenómeno El Niño, caracterizado por lluvias abundantes e intensas, concentradas especialmente en la región de la costa; así tenemos que en el año 1983, entre los meses de Enero a Junio se registraron valores de precipitación acumulada de 3 829.6 mm; el mes de Marzo alcanzó el récord con 830 mm. El trastorno climático El Niño vuelve a presentarse, se inicia en Octubre de 1997 y continúa en los meses de Enero hasta Mayo de 1998; la precipitación acumulada en el tiempo transcurrido es de 3 565 mm, con un promedio mensual de 594.3 mm.

#### **1.4. - HISTORIA E INVESTIGACIONES PREVIAS.**

Los primeros datos sobre las zeolitas ecuatorianas aparecen en algunos reportes aislados hechos por geólogos de la ESPOL en la que señalan la presencia de zeolitas en el Ecuador. Trabajos más profundos de zeolitas se inician a fines del año 1994, cuando

una misión cubana viaja al Ecuador a confirmar la presencia de posibilidades de yacimientos de zeolitas.

Al detectarse zeolitas en las estribaciones de la Cordillera Chongón Colonche se realizaron las investigaciones que dieron lugar a la obtención del Yacimiento León donde actualmente se realizan los trabajos de extracción de las zeolitas.

## **II.- EXPLORACIÓN.**

### **2.1.- GEOLOGÍA REGIONAL.**

Las estructuras y formaciones más importantes que participan en la región de los trabajos son (Ver Gráfico No 2 ) :

Estructuras principales de la región: - Cordillera Chongón-Colonche.

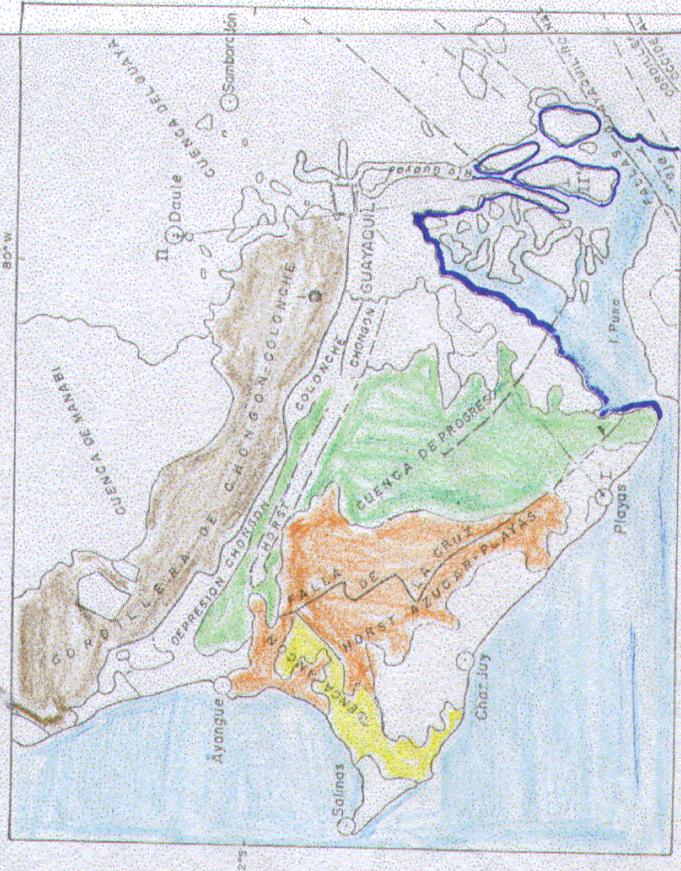
- Depresión Chongón.
- Horst Chongón.
- Cuenca de Manabí.
- Cuenca del Guayas.
- Cuenca de Progreso.
- Cuenca de Ancón.

Dentro de las estructuras anteriores la más importante, por encontrarse en ella el Yacimiento de Zeolitas "LEÓN", es la Cordillera Chongón-Colonche, las formaciones más importantes dentro de esta estructura y sus características esenciales son:

#### **Rocas ígneas que afloran en la Cordillera Chongón-Colonche:**

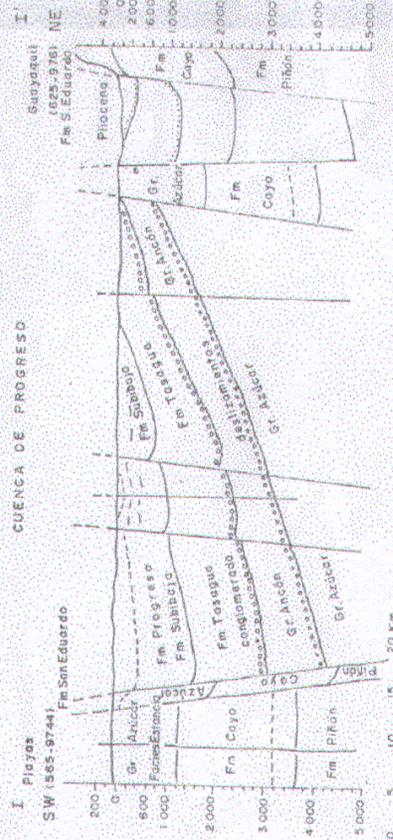
**Rocas volcánicas (Cretácico Inferior-Mioceno):** Son basaltos toleíticos hasta andesitas y dacitas. Se encuentran las formaciones siguientes:

RASGOS ESTRUCTURALES DEL SUROESTE COSTERO ECUATORIANO

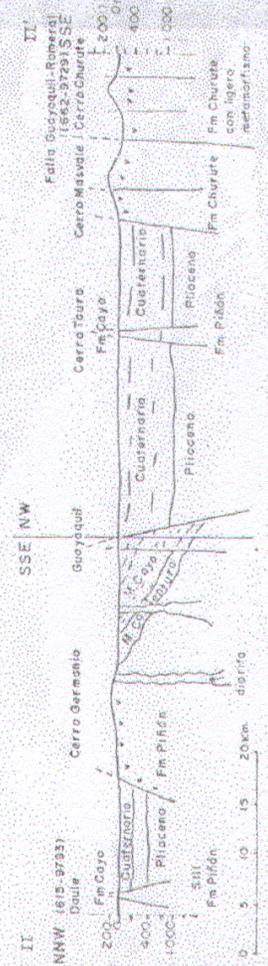


- LEYENDA**
- Contactos filológicos
  - Fallas
  - Línea del perfil
  - Ciudades y poblados, b) Guayaquil
  - Sector de trabajo, se refiere solo al centro aproximado del trabajo
  - Fm Piñón y Cayo (Cretácico inferior-Serapión y Turonolito, Maestrichtiano): arenas y areniscas, lutitas calcáreas y tobás blancas.
  - Grupo Azúcar (Paleoceno-Eoceno inferior): Lutitas areniscas y conglomerados.
  - Grupo Ancón (Eoceno medio y superior): Areniscas finas que se sitúan con lutitas.
  - Fm Totaoguo (Oligoceno superior-Mioceno inferior): Conglomerados basales, lutitas molibdas, areniscas finas, lutitas diatomáceas.
  - Fm Progreso (Mioceno inferior tardío): Areniscas, lutitas y arcillas.
  - Fm Tabalazo y elevaciones (Plioceno-Holoceno): Lumaquillas y areniscas calcáreas.

CUENCA DE PROGRESO



CORTE ESTRUCTURAL GENERAL SW-NE PLAYAS - GUAYAQUIL



CORTE ESTRUCTURAL GENERAL NORTE NOROESTE-SUR SURESTE DAULE, GUAYAQUIL, CERRO TAURA, CERRO MASVALE, CERRO CHURUTE.

Nota: Tomado de la Guía Geológica del Suroeste de la Costa Ecuatoriana.

REPUBLICA DEL ECUADOR  
 PROVINCIA DEL GUAYAS  
 COMPAÑIA ZEOLITAS S.A.

MAPA GEOLOGICO DEL SURGESTE COSTERO ECUATORIANO

YAC EN REPUBLICA

COPIO Ing. M. Martínez

ESCALA 1:50,000

FECHA 1974

ANEXO 2

**Fm. Piñón: (Cretácico Inferior-Senoniano):** Son diabasas, basaltos toleíticos (constituyen el basamento oceánico).

**Flysh Cayo s.s. (Senoniano-Paleoceno):** Andesitas y dacitas.

**Basaltos Terciarios (Paleoceno-Mioceno?):** Se presentan en pillow lavas; son basaltos. calco alcalinos más que en la Fm. Piñón.

**Rocas Plutónicas (Maestrichtiano-Mioceno):** Son dioritas (Maestrichtiano-Paleoceno?), gabros (Eoceno-Mioceno?), doleritas, rocas granitoides de bajo contenido de cuarzo.

A continuación se resumen los rasgos esenciales de cada una de las formaciones que aparecen en el área del yacimiento; éstos son:

**Fm. Cayo (Turoniano-Maestrichtiano):** Aflora en la Cordillera Chongón-Colonche. Se diferencian claramente dos tipos de sentidos en el alineamiento; uno hacia el flanco sur y este de la Cordillera con dirección E-W y otro hacia la sección norte de la Cordillera con sentido N-S.

**Alineamiento en sentido E-W:** Aparecen los miembros:

Calentura: Espesor de unos 1250 m (parte baja del corte); integrada por alternancia de areniscas, lutitas calcáreas y **TOBAS BLANCAS**.

**Cayo s.s.:** Espesor de 1950 m (parte media del corte); constituida por alternancia de brechas sedimentarias, con fragmentos de andesitas en su base, areniscas finas y gruesas de color verdoso de espesor variable e intercalaciones de lutitas.

**Guayaquil:** Espesor de 600 m (parte alta del corte); su litología comprende argilitas silicificadas, con capas de chert, argilitas tobáceas, areniscas finas, en capas delgadas y en general lutitas silicificadas, con vetas de cuarzo.

**Alineamiento en sentido N-S:** Está representado por una sola unidad, constituidas por alternancia de capas finas decimétricas y gruesas (1-5 m) de grauvacas tobáceas blancas y pardas, rellenos de canales, lutitas tobáceas blancas y horizontes de micro brechas. La parte superior tiene más lutitas y la inferior grauvacas en capas gruesas. La edad de la formación en esta localidad es principalmente Maestrichtiano hasta Senoniano.

Fm. San Eduardo (Eoceno Medio): Constituida por calcarenitas y calcilutitas turbidíticas, depositadas en agua profunda sobre el flanco sur de la Cordillera Chongón-Colonche.

**Otras unidades Eocénicas tipo Flysch son:**

Fm. San Mateo (Eoceno Medio Superior): Aflora en Chongón-Colonche. Son dos facies

superpuestas. La inferior es un Flysch Turbidítico, de color blanco amarillento y gris verdoso con capas delgadas de limolita y areniscas finas, alternantes con lutitas. La facie superior está compuesta por **TOBAS BLANCAS**; en su base y hacia el tope, un conjunto conglomerático de flujos de detritos muy potentes.

Fm. Las Masas (Eoceno Medio y Superior): Superpuesto a la Fm. Cayo y San Eduardo en el flanco sur de la Cordillera Chongón-Colonche. Tiene un espesor de hasta 360 m. Son limolitas arcillosas calcáreas, en la base y lutitas tobáceas calcáreas al tope.

#### **Sedimentación tipo molásica:**

**Depósitos Coluviales (Pleistoceno-Holoceno):** Son acumulaciones de gravas, arenas y arcillas, producidas al pie de algunos cerros y relacionadas con coladas fangosas debido a la glaciación.

**Depósitos Estuarinos(Holoceno):** Son depósitos someros constituídos por limos, arenas, arcillas y lumaquelas, depositados en la planicie de la baja Cuenca del Guayas. Su espesor puede alcanzar los 100 m y en algunos lugares sobreyace a los Tablazos.

**Depósitos Aluviales (Holoceno):** Lo integran conglomerados, arenas, limos y arcillas depositados a lo largo de los actuales ríos.

## **2.2.- CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DEL YACIMIENTO.**

### **2.2.1.- CRITERIOS DE INDICES DE PROSPECCIÓN.**

Los índices utilizados han sido esencialmente la apreciación macroscópica de rocas con características muy similares a la de Tasajeras, en algunos puntos cerca de Guayaquil (Cordillera Chongón-Colonche), además esto se apoyó en el criterio Geológico de Búsqueda de que la región de los trabajos pertenece a una parte del geosinclinal Andino con características geológicas (estratigráficas, tectónicas, magmáticas, etc.) muy semejantes a las de Cuba. Consideramos que los criterios geológicos a tener en cuenta para trabajos futuro son los **ESTRATIGRÁFICOS, LITOLOGO-FACIALES Y ESTRUCTURO-TECTÓNICOS.**

### **2.2.2.- GEOLOGÍA Y TECTÓNICA DEL YACIMIENTO.**

En epígrafes anteriores se ha dado una panorámica general de los complejos litológicos de la región donde se encuentra el yacimiento; a continuación se detallan las características geológicas asociadas a las formaciones de mayor interés en el yacimiento “LEÓN”; éstas son:

El Yacimiento “LEÓN” aparece enclavado en la parte sur oriental de la Cordillera Chongón-Colonche; presenta una litología muy variada, entre las que podemos citar: Tobas vitrocristalinas, litovítrea y litocristalina, mudstone, wackestone, mezclas de

éstas, limolitas carbonáticas y tobáceas, argilitas, rocas silíceo-arcillosas y silicitas.

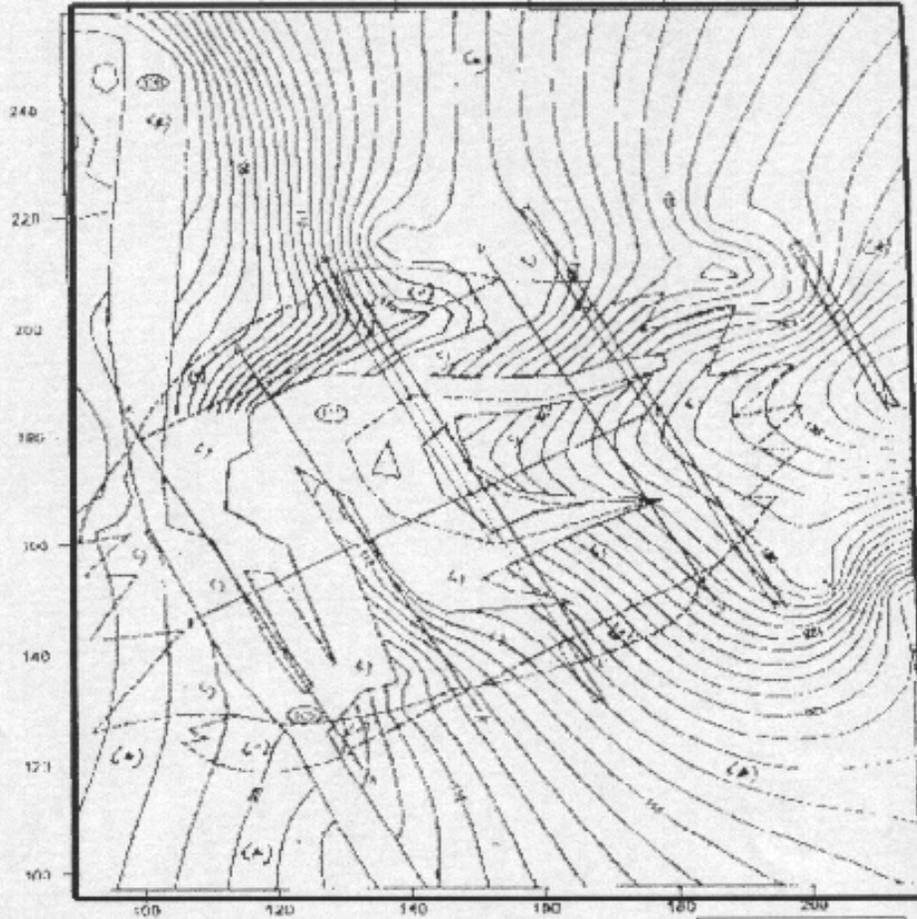
Queremos señalar que estas litologías se corresponden con las que aparecen dentro de la Fm. Cayo de edad Turoniano-Maestrichtiano y donde predominan el alineamiento en sentido Este-Oeste. Consideramos que en el área que abarca el yacimiento aparecen prácticamente las litologías de los miembros que conforman la Fm. Cayo, las cuales se detallan a continuación, desde las más viejas hasta las más nuevas, o sea, de Norte a Sur (corte típico muy semejante en ambos sectores):

Miembro Calentura: Aquí se incluyen las tobas, esencialmente las vitrocrystalinas de color verde claro, granulometría fina a media que afloran en ambos sectores, en capas con potencias de los paquetes de varios metros (5-30 m), así como la mudstone-wackestone de color gris oscuro hasta gris verdoso (son intercalaciones estériles en la parte alta del corte dentro de las tobas vitrocrystalinas. El buzamiento es de 20°-30°/170°-180°.

Una descripción geológica detallada del **"PAQUETE PRODUCTIVO"** de 24 m de espesor que conforma el Yacimiento León dentro de la Concesión "El Refugio" (Ver Gráfico No. 3, 4, 5 y 6) es como sigue (desde la parte baja del corte hasta la más alta):

GRAFICO No 3

Plano geológico esquemático del yacimiento LEÓN.



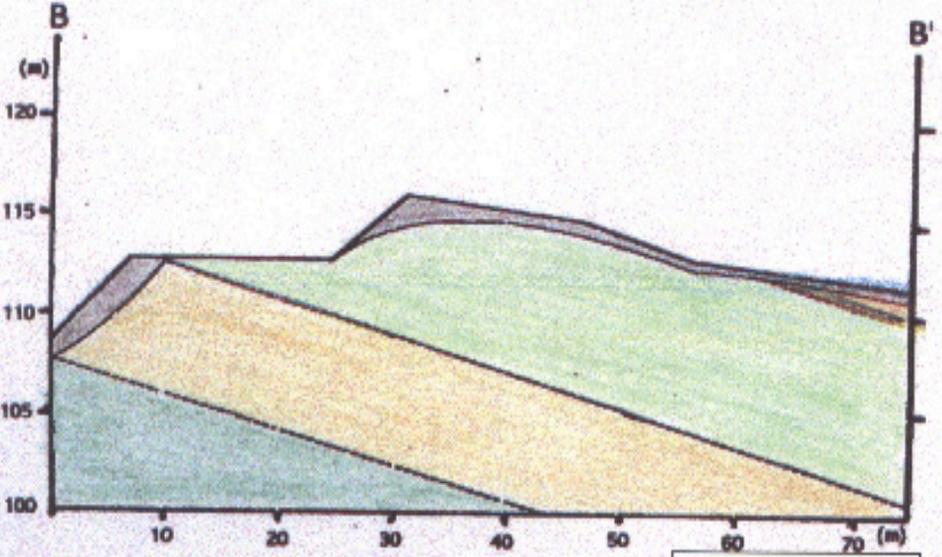
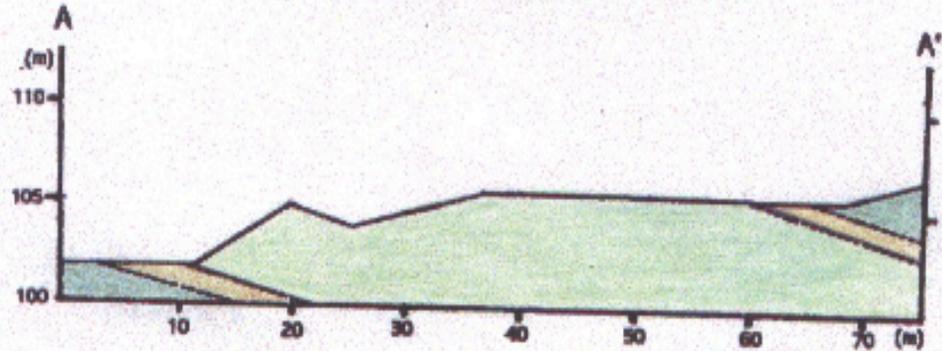
LEYENDA

ESCALA 1 : 500

	Tobas vitrocrystaloclásticas		Laboreos anteriores
	Tobas cristaloclasticas		Borde interno del banco
	Silicetas		Contas
	Lineas de perfiles		Contactos litológicos

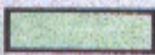
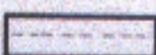
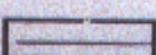
GRAFICO No 4

Cortes Geológicos Transversales.

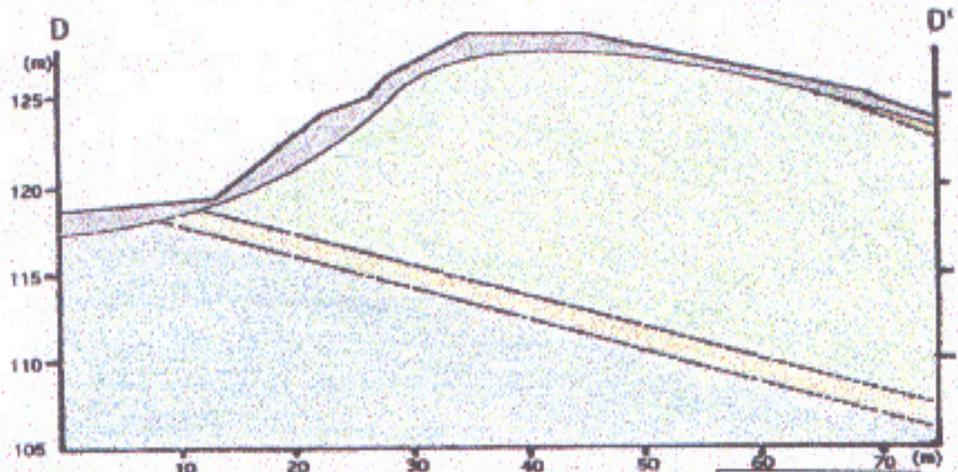
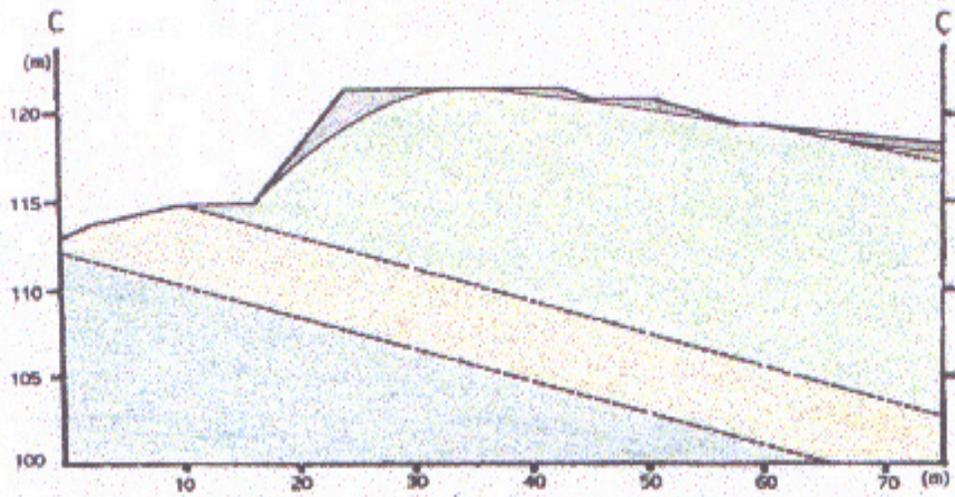


ESCALA 1: 500

LEYENDA

- |   |                     |  |                           |
|---|---------------------|--|---------------------------|
|  | Cubierta Vegetal    |  | Silicita                  |
|  | Tobs Vitroclásticas |  | Contactos Litológicos     |
|  | TXL - TLX           |  | Límite pequeta productivo |

**Gráfico No. 5-**  
**Cortes Geológicos Transversales.**



**LEYENDA**

ESCALA 1 : 500

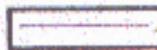
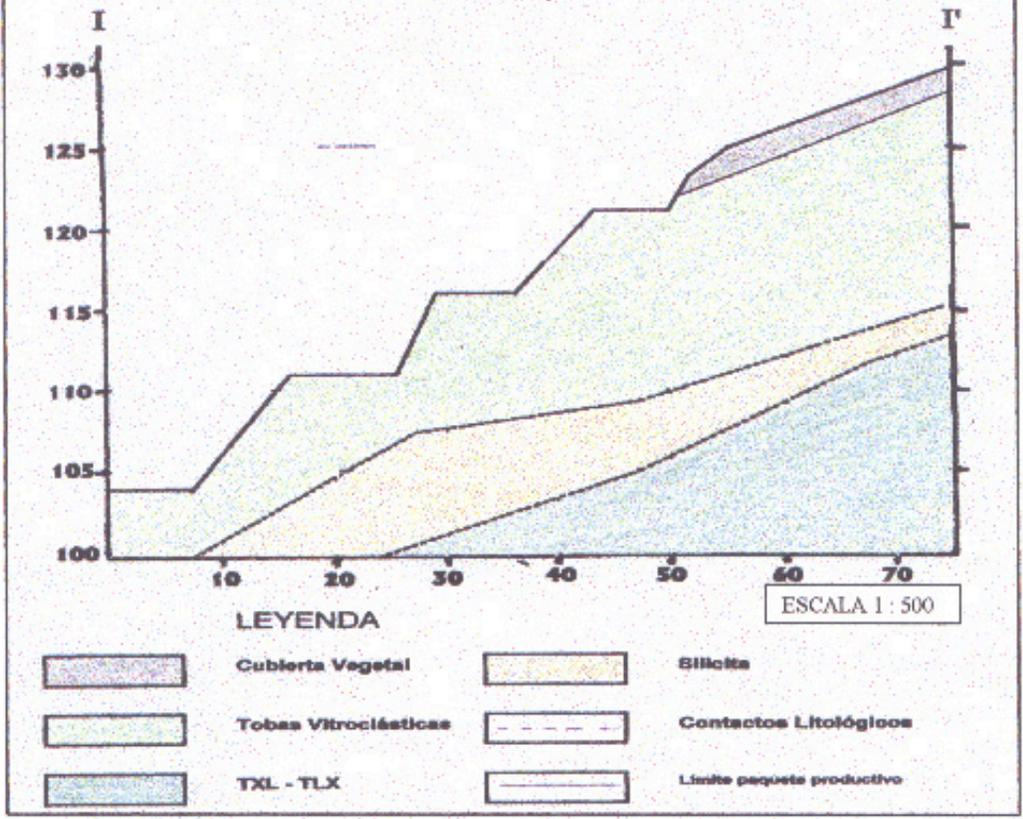
- |   |                            |  |                                  |
|---|----------------------------|--|----------------------------------|
|  | <b>Cubierta Vegetal</b>    |  | <b>Silicita</b>                  |
|  | <b>Tobs Vitroclásticas</b> |  | <b>Contactos Litológicos</b>     |
|  | <b>TXL - TLX</b>           |  | <b>Límite pequeño productivo</b> |

GRAFICO No 6

Corte Geológico Longitudinal.



**POTENCIA (m)****DESCRIPCIÓN**

- 
- 6.0** Toba vitroclástica de color verde hasta verde crema verdoso, granulomería media-fina, en algunas capas los granos son finos, el espesor de las capas va desde 5-30 cm, la tendencia es una disminución del espesor hasta la parte alta del corte donde las capitas están muy alteradas. Altamente zeolitizada.
- 1.0** Toba vitroclástica de color gris a crema. Baja zeolitización.
- 0.2** Arcilla abigarrada.
- 1.4** Toba vitroclástica de color verde claro, granulometría fina, abundantes óxidos e hidróxidos de hierro. Alta zeolitización.
- 5.4** Toba vitroclástica de color crema rojizo hasta verde cremoso - gris verdoso oscuro, granulometría fina, en capas de 3-40 cm. La oxidación es intensa. Medianamente zeolitizada.
- 2.3** Toba vitroclástica de color verde claro, granulometría fina. Zeolitización alta.
- 1.7** Toba vitroclástica de color gris, gris verdoso, rojizo a veces con tonos claros, granulometría fina, algunas capitas están intensamente alteradas, se observa abundante arcilla. Zeolitización media.
- 0.7** Toba vitroclástica de color verde claro, granulometría fina. Zeolitización alta.
- 3.2** Toba vitroclástica de color verde oscuro muy intenso. Granulometría fina, hay abundante arcilla entre las capas. Baja zeolitización.

**3.1** Toba vitroclástica de color verde claro con variedad de tonos. Granulometría fina, aparece mezclada con arcilla. Zeolitización alta.

**3.2** Ninguna de las capas en este paquete reaccionan ante el HCl o lo hacen muy débilmente.

En general, la **TECTÓNICA** es muy fuerte, constituyendo la Cordillera Chongón – Colonche un bloque levantado de rumbo WNW-ESE. Tanto la tectónica disyuntiva como la plicativa está ampliamente representada en el área, manifestándose pliegues de todos tipos y dimensiones (macro y micropliegues), los eventos disyuntivos se manifiestan en todos los complejos rocosos, no obstante son más fácilmente apreciables en las rocas con alta dureza y con estratificación marcada. Es posible observar sistemas de grietas rellenas (calcita, zeolita, etc.) o vacías, en todas direcciones. El buzamiento general es hacia el Sur con valores entre 10°-30°.

### **2.2.3.- GENESIS DEL YACIMIENTO "EL REFUGIO".**

Las zeolitas se formaron en tobas andesíticas y andesito-dacíticas donde la composición de las plagioclasas presentes en ella es Oligoclasa-Andesina. La presencia de aislados cristales de apatito es una prueba más de esta composición.

En las secuencias zeolitizadas de este yacimiento no se nota una zonación horizontal o vertical en la aparición de las zeolitas.

El medio ambiente de sedimentación pertenece a mares profundos, aguas algo calientes,

bastante oxigenadas, no soleadas y de salinidad sub-normal. Aguas tranquilas y poco móviles, o sea, pertenecen a una facie de mares profundos: pelágica.

En algunas rocas se observa que la zeolita sustituye a las plagioclasas parcial o totalmente y que hay carbonato de calcio presente de tipo hidrotermal, desarrollado por vetillas y grietas. Estas determinaciones fueron observadas en tobas vitrocrystaloclásticas que coincidentemente presentan varios tipos de zeolitas por lo cual se podría pensar, para este yacimiento en un origen hidrotermal-sedimentario (metasomático).

En el yacimiento León la zeolita rellena espacios que tienen las formas típicas de los vitroclastos, sustituidos por cristalitas de hábito irregular, a veces bastante grandes.

La presencia de distintas zeolitas, así como la existencia de montmorillonita en la parte exterior de los fragmentos, sin dudas refleja cambios en las condiciones en que ocurrió la transformación del vidrio volcánico. Al parecer en el estadio inicial, el vidrio reaccionó con las soluciones (y pudiera ser simplemente con el agua de mar) formándose la montmorillonita que envuelve los fragmentos. A medida que progresaba la disolución del vidrio, simultáneamente cambiaban el pH y la concentración de las soluciones (relación  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  y otras) hasta tanto no existiesen las condiciones favorables para las zeolitas.

Supichov (1976) atribuye a la participación de procesos metasomático-hidrotermales la formación de yacimientos de zeolitas entre las secuencias vulcanógeno-sedimentarias de la Transcarpatia (Zakarpate) y denomina a este tipo de yacimiento de zeolitas como de emanaciones sedimentarias o hidrotermal sedimentario (metasomático).

La génesis de estos yacimientos, en general, es compleja. Según parece, la "DIAGÉNESIS" del material piroclástico en un medio marino constituyó una etapa de transición, que favoreció la transformación metasomática ulterior del vidrio volcánico, con la consiguiente generación de rocas de composición zeolítica bajo la influencia de soluciones post-volcánicas.

## **2.3.- CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DE LAS ZEOLITAS.**

### **2.3.1.- POSIBILIDADES DE USO DE LAS ZEOLITAS.**

Actualmente existen numerosos campos de aplicación y uso de las zeolitas; a continuación relacionamos algunos de dichos usos, éstos son (7):

#### **-MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN.**

Producción de áridos.

Producción de Cemento Romano.

Producción de Cementos Mezclados.

Producción de Cementos Puzolánicos.

Producción de Hormigón Silicato.

Producción de: morteros, bloques, ladrillos, paneles, etc.

**-AGRICULTURA.**

Producción de sustratos zeolíticos cargados con macro (NPK) y micronutrientes para cultivos sin suelos (zeopónicos), para semilleros y para fertilización en la cría de camarones.

Producción de sustratos zeolíticos cargados con  $\text{NH}_4$  y  $\text{K}^+$ .

Producción de enmendantes de suelos.

**-ALIMENTACIÓN ANIMAL.**

Producción de aditivos para mejorar el rendimiento de la asimilación de los piensos en la alimentación avícola, porcina, vacuna, así como en la cría de peces, camarones y otros.

**-FERTILIZANTES Y PLAGUICIDAS.**

Producción de fertilizantes mezclados.

Producción de fertilizantes de liberación lenta.

Transportador de plaguicidas.

**-DESCONTAMINACIÓN AMBIENTAL.**

Producción de lechos (camadas) de animales domésticos (aves, gatos, etc.)

Tratamiento de excretas o estiércol líquido (avícola, porcino, vacuno).

Tratamiento de residuales industriales y agrícolas. Tratamiento y preservación de granos y semillas.

**-POTABILIZACIÓN DE AGUAS PARA CONSUMO HUMANO.**

Tratamiento de aguas en plantas de potabilización.

Producción de filtros domésticos.

**-USOS DOMÉSTICOS.**

Desodorizante de refrigeradores.

Limpiadores de vajilla y fregaderos.

Eliminador de olores desagradables.

Adsorbentes de humedad.

**-POSIBILIDADES DE USO EN OTRAS RAMAS COMO SON:**

Producción de plásticos.

Producción de gomas.

Producción de pinturas de bajo costo.

Separación de gases.

Adsorbentes de gases y catalizadores.

Otros.

### 2.3.2.- TIPOS DE ANÁLISIS Y ENSAYOS.

a) Para la identidad y descripción del tipo de roca así como para la determinación de la composición sustancial y mineral: Se utilizan los análisis petrográficos (mediante secciones delgadas) y mineralógicos, complementados con el análisis de fases, constituidos por una combinación de análisis: Rx, ATD y TG.

b) Después de agrupadas por tipo de roca y para considerarlas como aprovechables para la explotación, se utilizan 2 métodos básicos que determinan las posibilidades fundamentales de las zeolitas: la propiedad de Tamiz Molecular - Adsorción mediante el método de **CALOR DE INMERSIÓN** ( $\Delta t$ ) en grados centígrados y la propiedad de **INTERCAMBIO IÓNICO**, por la determinación de la Capacidad de Intercambio Catiónico Total en meq/100g.

c) Después de definida (con las técnicas analíticas anteriores) la zona de explotación minera, se realizó el **MUESTREO TECNOLÓGICO** en el Yacimiento León, para obtener una categorización detallada de las zeolitas, tanto estructural como físico - química. Estos métodos son:

-Análisis químico de: SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>, CaO, MgO, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, H<sub>2</sub>O, PPI, So<sub>3</sub>, (en % de peso).

-Análisis químico de elementos nocivos: F, As, Pb, Cd, Hg, (en g/t).

-Cationes Intercambiables: Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> (en meq/100g).

-Composición elemental de 32 elementos: Al, Ti, Tl, Mn, Cu, Pd, Cr, Zn, Be, Sr, Fe, V, Ba, Bi, W, Ga, Ge, Au, In, Cd, Ca, Co, Ni, Sn, Pb, Zr, Si, Na, Pt, Li, Mg (en % en peso).

Se incluyeron otras determinaciones como son:

-Peso específico, (en g/cm<sup>3</sup>).

-Peso volumétrico, seco y saturado, (en g/cm<sup>3</sup>).

-Absorción y porosidad, (en %).

-Carbonato de calcio volumétrico, (en %).

-Adsorción express de agua en zeolitas, (en mmol/g).

-Volumen de microporos en zeolitas, (en cm<sup>3</sup>/g).

### **2.3.3.- CRITERIOS UTILIZADOS EN LA EVALUACIÓN DE LAS ZEOLITAS.**

Para considerar las diferentes rocas o muestras con posibilidades de uso industrial o agrícola se han establecido los siguientes parámetros:

Tipo litológico: Tobas vitrocrystalinas.

Calor de inmersión: Mayor de 6° C.

Capacidad de Intercambio Catiónico Total: Mayor de 80 meq/100g.

Como límites para su uso en la alimentación animal, productos de uso humano y otros se determinó como sigue:

Flúor : No mayor de 400 g/t.

Arsénico : No mayor de 100 g/t.

Plomo : No mayor de 20 g/t.

Cadmio : No mayor de 8 g/t.

Mercurio : No mayor de 5 g/t.

Estos parámetros están asociados al grado de zeolitización de las rocas y para garantizar que no contengan elementos tóxicos o nocivos, con vistas a su utilización en la alimentación animal, veterinaria o usos médico farmacéuticos.

#### **2.3.4.- RESULTADOS DE CALIDAD DE LAS ZEOLITAS DEL YACIMIENTO LEÓN.**

Los resultados analíticos obtenidos del Yacimiento León se exponen a continuación:

- Tipo litológico que conforma el **"PAQUETE PRODUCTIVO"**: Tobas vitrocrystalinas con contenidos significativos de zeolitas del tipo Mordenita (40-45%); así como de Montmorillonita (19-22%), estos minerales en la mayor parte de las aplicaciones actúan como material activo, ya que poseen propiedades parecidas de adsorción, CICT y otras, además estas tobas contienen en menor proporción cuarzo y feldespatos, considerándose como inertes y en cantidades insignificantes talco.

- Calor de Inmersión (°C): 9.8

- CICT (meq/100g): 99.67

- Ca<sup>++</sup> (meq/100g): 55.77

- Mg<sup>++</sup> (meq/100g): 1.16

- Na<sup>+</sup> (meq/100g): 31.17
- K<sup>+</sup> (meq/100g): 0.36
- F (en g/t): 63.8
- As (en g/t): 2.7
- Pb (en g/t): < 8.0
- Cd (en g/t): < 1.5
- Hg (en g/t): < 0.5

Con estos resultados se puede aseverar que las Zeolitas Naturales del YACIMIENTO LEÓN cumplen satisfactoriamente los límites permisibles para considerarlas potencialmente como material útil para su explotación y comercialización.

La CICT puede considerarse como intermedia.

- Composición Química (%):

SiO <sub>2</sub> : 74.31	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> : 9.59	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> : 1.85	TiO <sub>2</sub> : 0.31	CaO: 3.07
MgO: 0.56				
Na <sub>2</sub> O: 1.96	K <sub>2</sub> O: 0.45	H <sub>2</sub> O: 5.10	PPI: 8.38	SO <sub>3</sub> : <0.1

Según su composición química estas zeolitas son alumino-silicatos considerados de alta sílice (más de 70% de SiO<sub>2</sub>), hidratados (según el contenido de H<sub>2</sub>O y PPI), en los cuales predominan los cationes de Ca<sup>++</sup> y Na<sup>+</sup> sobre los de Mg<sup>++</sup> y K<sup>+</sup>, resultado por esta razón del tipo: "cálcico - sódicas".

- La adsorción express para estas zeolitas fluctúa de 3.33 a 8.88 mmol/g y su volumen de microporos es de 0.069 a 0.159 cm<sup>3</sup>/g.
- El peso específico es de 2.3 g/cm<sup>3</sup>, su peso volumétrico es de 1.7 g/cm<sup>3</sup> en estado seco y 1.8 g/cm<sup>3</sup> en estado saturado.
- El valor de absorción es de 4.6-4.8% y el de porosidad de 20.6 a 23.2%.
- Los análisis espectrales de estas muestras no presentan ninguna anomalía en los elementos minoritarios.

De los resultados obtenidos anteriormente se observa que se está en presencia de rocas con posibilidades de ser explotadas como materia prima para la fabricación de productos para múltiples usos, tanto masivos como especiales.

#### **2.4.- Cálculo de Recursos y Reservas.**

Los Recursos y Reservas Geológicas evaluados en el Yacimiento León aparecen en el Informe Geológico de Exploración (7); las características del yacimiento se dan a continuación:

- Largo por el rumbo de las capas (m): 100
- Ancho (potencia real; m): 25.
- Alto (distancia por el buzamiento; m): 26.9.
- El volumen asciende a 114 325 toneladas.

### III.- MINERÍA.

#### 3.1. – RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICA MINERA DEL YACIMIENTO.

- Longitud por el rumbo (m): **100.0**
- Longitud por el buzamiento (m): **26.9**
- Potencia real de las capas (m): **25.0**
- Ángulo de buzamiento (°): **20**
- Intercalaciones estériles: No se consideraron intercalaciones estériles dentro del paquete productivo.
- Potencia de cubierta estéril (m): **2.0**
  
- **Características de las rocas de destape:** Las rocas de destape están constituidas por una Capa vegetal de color gris oscuro hasta pardo amarillento con fragmentos de tobas, raíces y raicillas en su interior. Está débilmente compactada y su espesor medio es de aproximadamente 1.0 m.
  
- **Características de las rocas encajantes:** Las rocas encajantes, tanto por encima como por debajo del paquete productivo están constituidas por dos tipos litológicos que son: Tobas Silicificadas ó Silicitas y las Tobas Litocristaloclasticas – Cristalolitoclasticas.

- Tobas altamente silicificadas ó Silicitas de granos finos, de color verde gris claro, no zeolitizadas y presentan una potencia bastante irregular (0 – 3 m). Son rocas con estratificación fina a media (5 –15 cm), están intensamente fracturadas. Aparecen en ambos flancos del paquete productivo, o sea por encima y debajo de las Tobas Vitroclásticas.
  
- Tobas Litocristaloclasticas – Cristalolitoclasticas de granos medios gruesos, masivas, de color pardo amarillento, muy alterada en los primeros 10 – 12 m; éstas pueden ser trabajadas con el tractor; a medida que se profundiza en el corte se hace muy compacta y dura, al extremo de formar bloques monolíticos de alta resistencia, ya esto último ocurre a profundidades mayores de 12 – 15 m; están poco agrietadas y su extracción cuando son rocas frescas es muy difícil, al extremo de tener que usar explosivos para su remoción. Aparecen por encima y por debajo de las Silicitas.
  
- **Características del mineral útil:** El mineral útil está constituido por el tipo litológico TOBA VITROCLÁSTICA, granulometría fina, color verde con diferentes tonalidades, la estratificación que aparece en el paquete productivo va de fina a gruesa (3 – 40 cm), la resistencia es mayor en las capas de mayor potencia que en la finas, las cuales a veces aparecen con una intensa oxidación de color negro (Mn), el agrietamiento es intenso y aparece en distintas direcciones, esto favorece la extracción del mineral con el buldocer. Los taludes son bastante estables y los existentes actualmente tienen aprox. 70°. El peso volumétrico del mineral útil es 1.70 t/m<sup>3</sup>.

- Las aguas tanto superficiales como subterráneas no influyen en la actual explotación de la cantera mientras se explote ésta entre las cotas + 100 a + 135 m.
- El yacimiento está conformado por un paquete productivo con acuñamiento lateral en la dirección (E – W) de las capas, presenta una estructura monoclinal con 20° de inclinación hacia el Sur.
- El relieve en la que se encuentra el yacimiento se puede catalogar de fuertemente montañoso con desniveles de hasta 50 m y más, en distancias extremadamente cortas, lo que hace que se observen cañones con grandes profundidades entre una elevación y otra. El yacimiento se ubica entre las cotas + 100 y + 135 m

### **3.2. – RESERVAS TECNICAS.**

**Reservas Abiertas:** Son aquellas reservas que han sido destapadas y tienen hecha la trinchera (camino) de acceso. El volumen de las Reservas Abiertas es de 80 000 toneladas. La normativa de Reservas Abiertas para 2 años de producción debe ser no menor de 32 000 toneladas.

**Reservas Listas:** Son aquellas que cuentan con la trinchera de acceso y el escalón de producción listo para proceder a las operaciones mineras productivas. El volumen de las

Reservas Listas es de 16 000 toneladas. La normativa de Reservas Listas para 1 año debe ser no menor de 15 000 toneladas.

El cálculo de las Reservas Técnicas se ha realizado a partir de las excavaciones de apertura y preparación con que cuenta el yacimiento y constituyen el 70% de las Reservas Geológicas. El grado de preparación del yacimiento permite la realización de la producción en condiciones normales.

### **3.3. – PÉRDIDAS Y DILUCION.**

#### **3.3.1. - PÉRDIDAS.**

Las pérdidas pueden ser: Constructivas y de Producción.

- **Constructivas:** Son aquellas que no se pueden extraer por quedar en bermas, pilares de protección, etc. Por datos bibliográficos (8,9) se calcula un 10%, o sea,  $80\ 000 \times 0.1 = 8\ 000$  toneladas.
- **De Producción:** Son aquellas no recuperables con la tecnología de producción aplicada. En las condiciones actuales de carga manual en la mina y alimentación manual de la Trituradora Primaria (Mandíbula) en la planta de procesamiento la recuperación del mineral arrancado alcanza un 40%, quedando el 60% almacenado en la mina y constituyendo esto pérdidas temporales (mezcla de las fracciones 80 a

10 cm con la menor de 10 cm). Esta situación se mantendrá durante 2000 y parte del 2001. Durante ese tiempo la planta deberá ser preparada para procesar todo el mineral y la mina debe pasar a la carga mecanizada. En la mina en esa fecha estarán depositadas las cantidades siguientes:

<b>AÑO</b>	<b>Pérdidas Temporales</b>
1999	4 000 toneladas
2000	6 000 ..
2001	4 000 ..
<b>TOTAL</b>	<b>14 000 toneladas.</b>

Estas 14 000 t serán aprovechadas a partir de la segunda mitad del año 2000.

Solucionado este problema, las pérdidas por transportación y operaciones mineras se estiman en un 6% según datos bibliográficos, o sea, **4 800** toneladas. El rajón es el producto cargado a mano. Las pérdidas temporales serán recuperadas a partir del año 2000 al pasarse a la aplicación de la carga mecanizada.

### **3.3.2. - DILUCIÓN.**

La Dilución no es mas que el material que se añade al mineral y que disminuye su calidad. Puede ser Inevitable y Productiva.

**Inevitable:** Se incluye dentro de las reservas Geológicas Técnicas y Extraíbles.

**Productiva:** Debida a la tecnología aplicada. En la tecnología aplicada en la explotación del yacimiento no se incurre en dilución ya que no se excavarán las rocas encajantes y todo queda en las pérdidas planificadas.

### 3.4. - RESERVAS EXTRAÍBLES (RE).

**RE = RESERVAS TÉCNICAS - PÉRDIDAS**

**RE = 80 000 t - 12 800 t**

**RE = 67 200 toneladas**

A continuación se dan las reservas por niveles; éstas son:

Primer Nivel: cotas + 130 m hasta + 125 m	1 418 toneladas.
Segundo Nivel: cotas + 125 m hasta + 120 m	12 534 "
Tercer Nivel: cotas + 120 m hasta + 115 m	17 513 "
Cuarto Nivel: cotas + 115 m hasta + 110 m	16 241 "
Quinto Nivel: cotas + 110 m hasta + 105 m	11 099 toneladas.
Sexto Nivel: cotas + 105 m hasta + 100 m	8 395 "

**T O T A L**

**67 200 toneladas.**

### 3.5. – TIEMPO DE VIDA UTIL DE LA MINA (TVUM).

$$\text{TVUM} = t_1 + ((\text{RE} - \text{P}(t_1))/\text{P}_A) + t_L$$

Donde: Tiempo de Liquidación ( $t_L$ ) = 0.5 años.

Tiempo de Arranque ( $t_1$ ) = 2 años.

$P_A$  = Producción Anual; 16 000 t, asumidas a partir de las posibilidades de Mercado y el Estudio de Factibilidad (1).

$$\text{TVUM} = 2 + 3.45 + 0.5 = 5.95 \text{ años}$$

**TVUM  $\cong$  6 años.**

### 3.6. – EXPLORACIÓN DE EXPLOTACIÓN.

La Exploración de Explotación se llevará a cabo por medio de la TOMA DE MUESTRA DE SURCOS, éstos serán realizados en la pared del frente (talud de producción) que se vaya a explotar y del techo (piso del nivel superior) después de eliminada la cubierta estéril. La extensión de estos surcos será a lo largo de todo el paquete productivo, tomándose muestras en cada una de las capas o grupos de capas con características semejantes (fundamentalmente el color, la granulometría y estado físico mecánico de las capas). De igual forma se tomarán muestras de los barrenos de cada voladura con el fin de complementar los resultados de las muestras de surcos.

Las muestras tomadas durante esta etapa serán analizadas en el laboratorio de la propia Cía. Zeolitas S. A: y se les realizará sólo el ensayo Calor de Inmersión; por correlación se obtendrán los valores de Capacidad de Intercambio Catiónico Total y contenido de Zeolita. Un volumen reducido de muestras será analizado integralmente en laboratorios especializados en Cuba.

Los volúmenes de muestras a tomar y trabajos a realizar son los siguientes:.

Detalle	A Ñ O S					
	1999	2000	2001	2002	2003	2004
- Document. y muestreo de surcos (m)	100	200	400	400	400	120
- Muestras tomadas de surcos (mtra)	50	100	200	200	200	70
- Muestras tomadas de barrenos (mtra)	3	15	21	21	21	3
- Determinación de C. De Inmersión (u)	53	115	221	221	221	73
- Análisis Integral en Cuba	2	2	2	2	2	2

Con los datos obtenidos se procederá a pronosticar la calidad del mineral planificado a extraer, ajustando así los planes de producción.

### **3.7. - FUNDAMENTACIÓN DE LOS PARÁMETROS CONSTRUCTIVOS DE LA MINA.**

Los parámetros constructivos de la mina son los siguientes (Ver Gráficos No. 7, 8, 9, 10, 11, 12):

- Área de la mina (m<sup>2</sup>): 6 650
- Largo de la mina (m): 95
- Ancho de la mina (m): 70
- Cota del nivel superior (m): 135
- Cota del nivel inferior (m): 100
- Angulo de los taludes en los escalones (°): 75
- Angulo general de la mina:
  - Dirección Norte (°): 20
  - Dirección Sur (°): 75
  - Dirección Este (°): 38
- Ancho de las plataformas de trabajo: Mínimo 20 m
- Ancho de las bermas de seguridad (m): 4
- Ancho de los caminos (m): 8
- Pendiente en los caminos (%): 15

En el caso del ángulo general (Dirección Norte) éste toma el ángulo de yacencia del cuerpo mineral (20°) ya que se conforma con el buldózer siguiendo su yacencia (Ver Gráfico No. 10).

Los escalones están proyectados con 10 m de altura, sin embargo, debido a la forma de carga (manual) estos se trabajan primeramente con 5 m y después se unen dos, conformando el escalón de 10 m, con una inclinación en el talud de 75° debido a la estabilidad demostrada en la práctica por el macizo rocoso (Ver Gráfico No. 11).

Las bermas de trabajo (20 m mínimo) deben de garantizar la maniobra de las volquetas y las bermas de seguridad del ancho del buldózer, para su limpieza y mantenimiento (Ver Gráfico No. 12).

La pendiente en los caminos (15%) está dada por las volquetas utilizadas, que en la práctica han trabajado hasta con 20%. No obstante se recomiendan pendientes no mayores de 15% para evitar posibles accidentes o desperfectos en el equipamiento (Ver Gráfico No. 12).

### **3.8. - DESTAPE.**

El destape del yacimiento debe ser de 4 317 m<sup>3</sup>, el cual se irá realizando según el cronograma de explotación.

El coeficiente de destape es:  $K_D = VE / VM$

$$K_D = 4\ 317 / 67\ 200$$

$$K_D = \underline{0.064\ m^3/t.}$$

Donde: VE = Volumen del estéril en m<sup>3</sup>.

VM = Volumen del mineral en t.

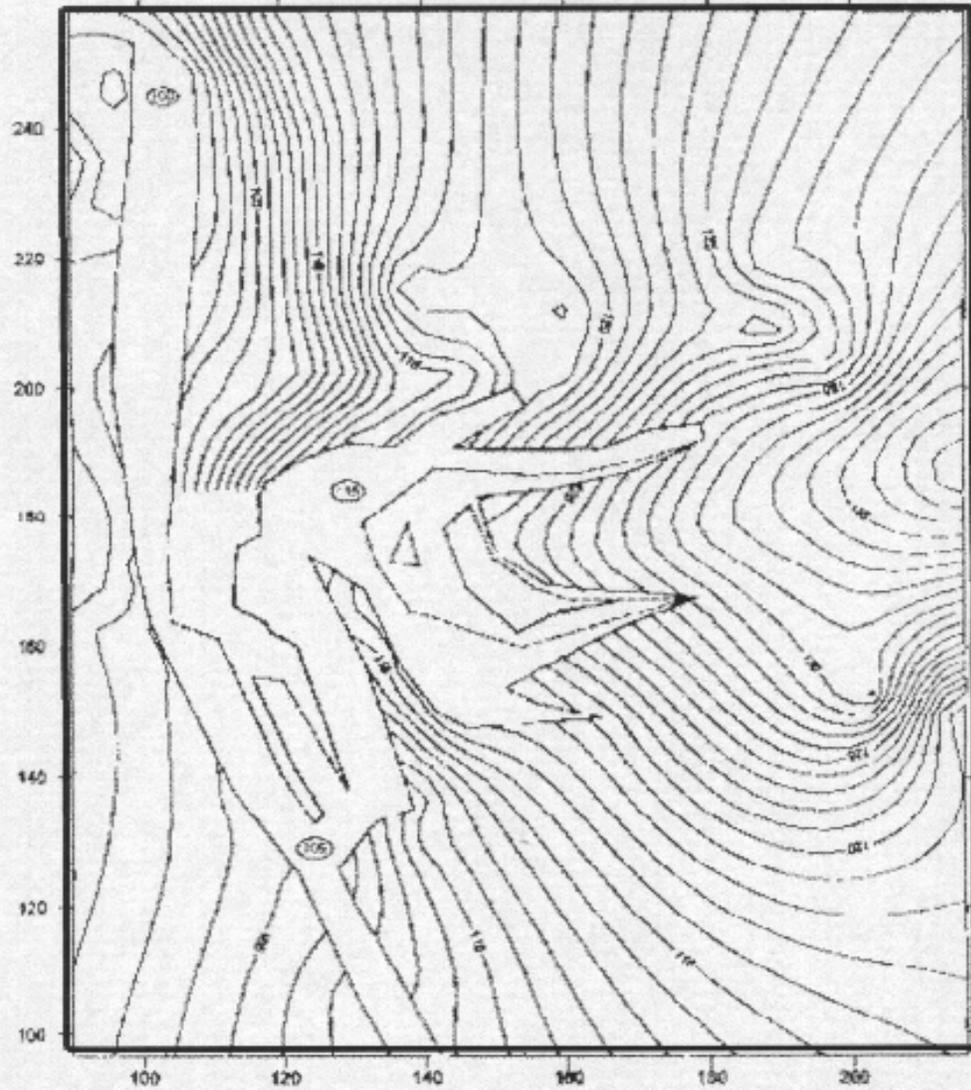
Durante el primer año en explotación (año en curso) se extraerá el mineral del nivel 110 - 120, el cual debido a los trabajos realizados en años anteriores presenta poco volumen de roca estéril, sin embargo con vista a preparar las condiciones para el próximo año se comenzará con el destape de los niveles superiores 130 - 135, para lo cual debe construirse el camino de acceso y plataformas de trabajo. Este trabajo se realizará con el buldózer trasladando el estéril de los niveles superiores hacia la escombrera ubicada en la zona norte del yacimiento (Ver Gráfico No. 12).

El camino de acceso se realizará en forma de zig - zag, debido a la pendiente brusca del lugar y para lograr el largo necesario que permita la construcción de los accesos con no más de 15% de inclinación (Ver Gráfico No. 12, Primer año de explotación).

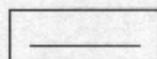
El yacimiento por encontrarse en estos momentos en explotación posee su apertura hasta el nivel 115 y acceso hasta el nivel 125. La apertura de los niveles superiores se construirá con accesos en zigzag por la falda de la elevación donde se encuentra el yacimiento. Este acceso debe cumplir con los requerimientos técnicos anteriormente señalados en el proyecto (Ver Gráfico No. 12).

GRAFICO No 7

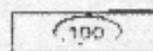
Plano topográfico del yacimiento LEÓN.



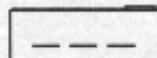
LEYENDA



Borde de la cantera



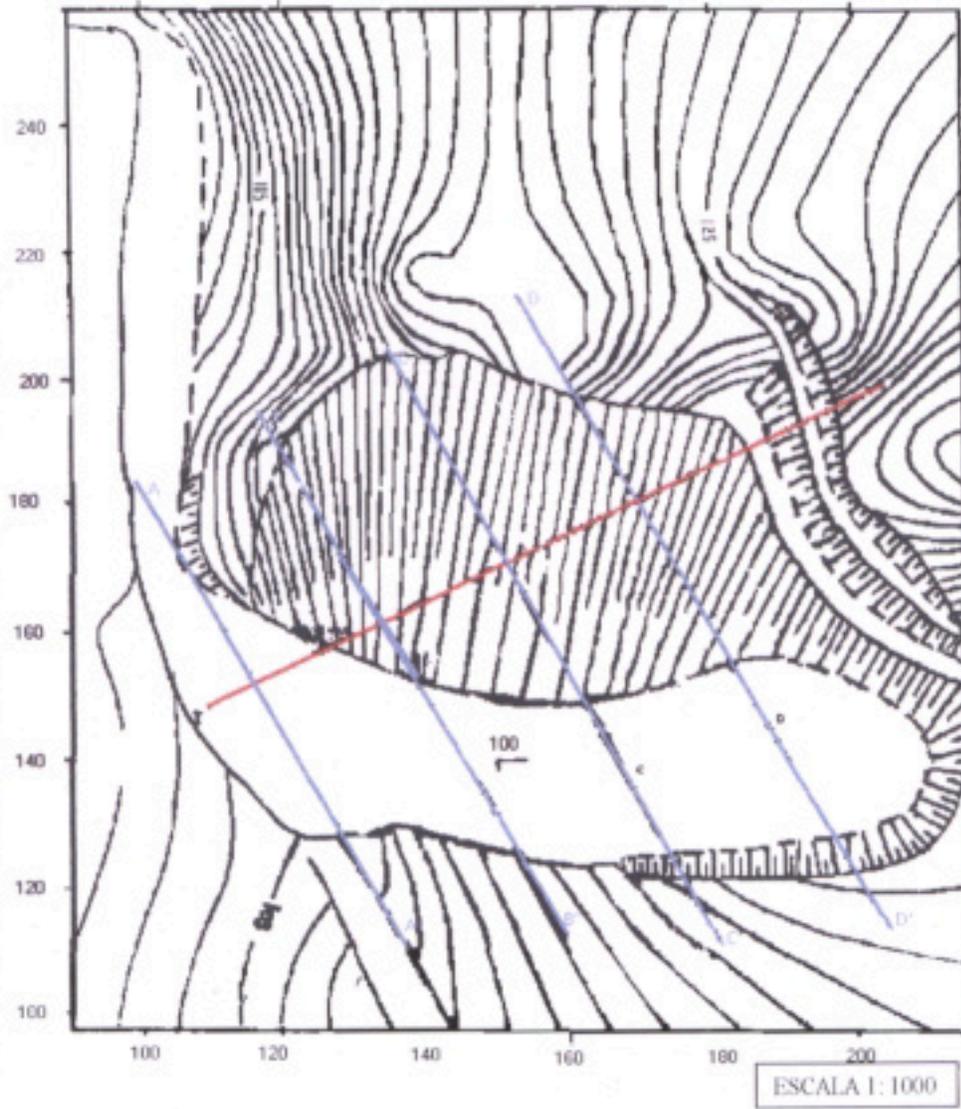
Cota



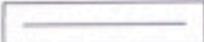
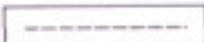
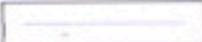
Borde interno del banco

# GRAFICO No 8

## ESTADO FINAL DE LA MINA

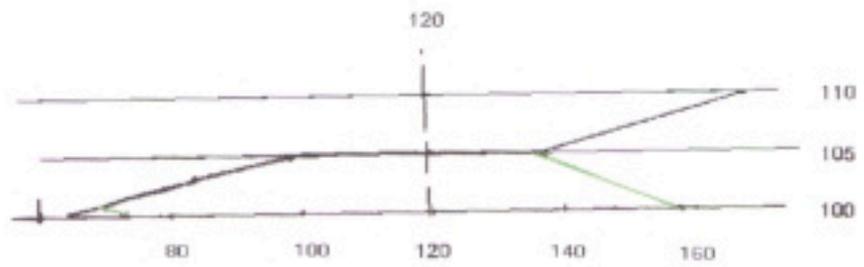


### LEYENDA

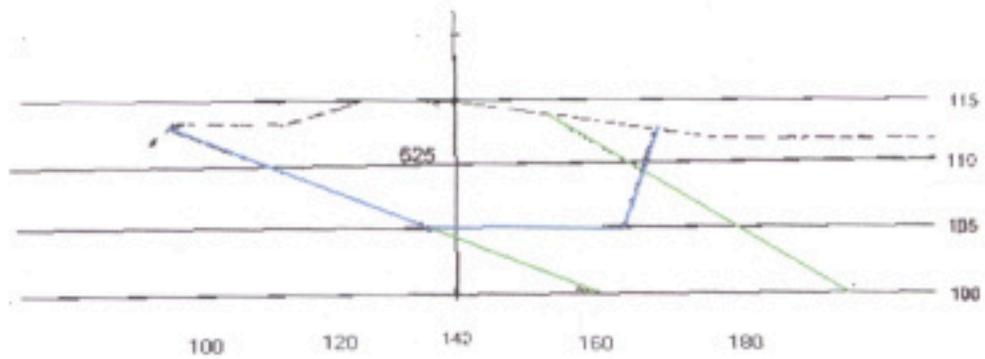
	Lineas de nivel		Cotas
	Borde interno del banco		Lineas de perfiles

### GRAFICO No 9

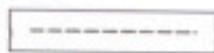
#### PERFIL TRANSVERSAL A - A'



#### PERFIL TRANSVERSAL B - B'



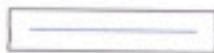
#### LEYENDA



Superficie de la mina

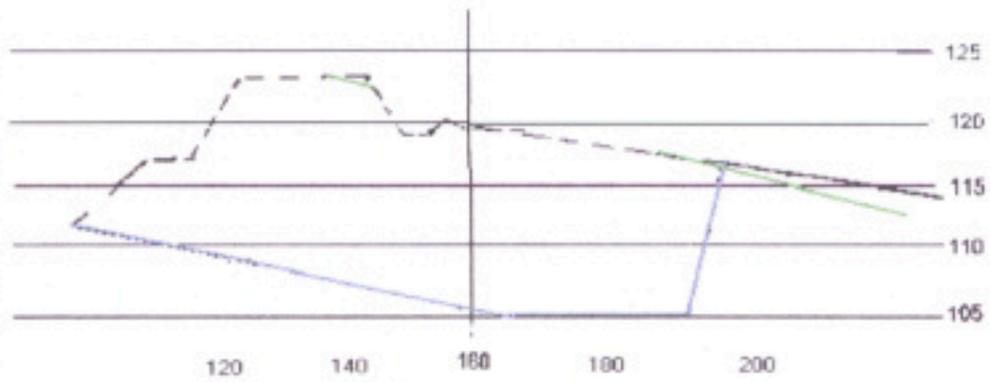


Capa de mineral

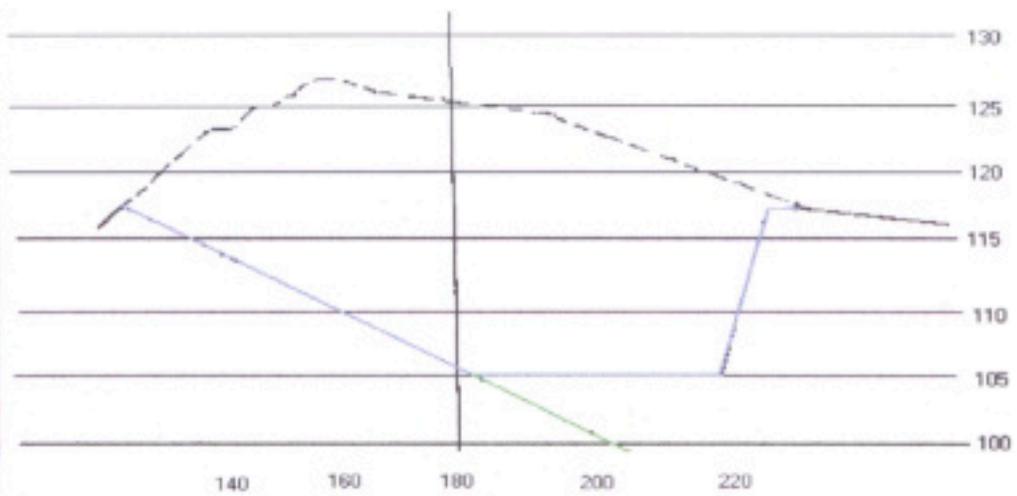


Superficie final de la mina

**GRAFICO No 10**  
**PERFIL TRANSVERSAL C - C'**



**PERFIL TRANSVERSAL D - D'**



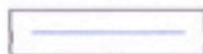
**LEYENDA**



Superficie de la mina



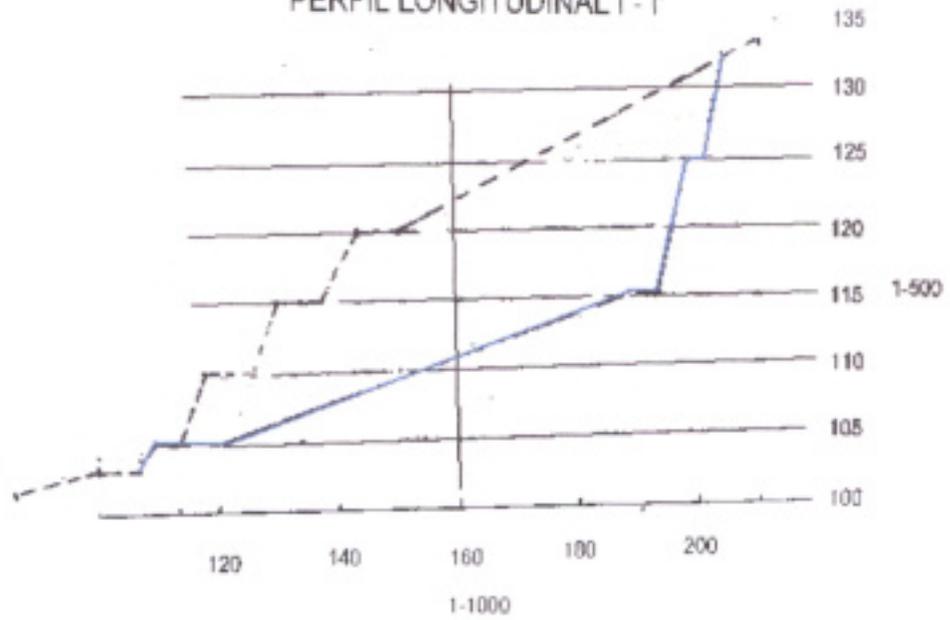
Capa de mineral



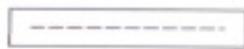
Superficie final de la mina

# GRAFICO No 11

## PERFIL LONGITUDINAL I - I'



### LEYENDA



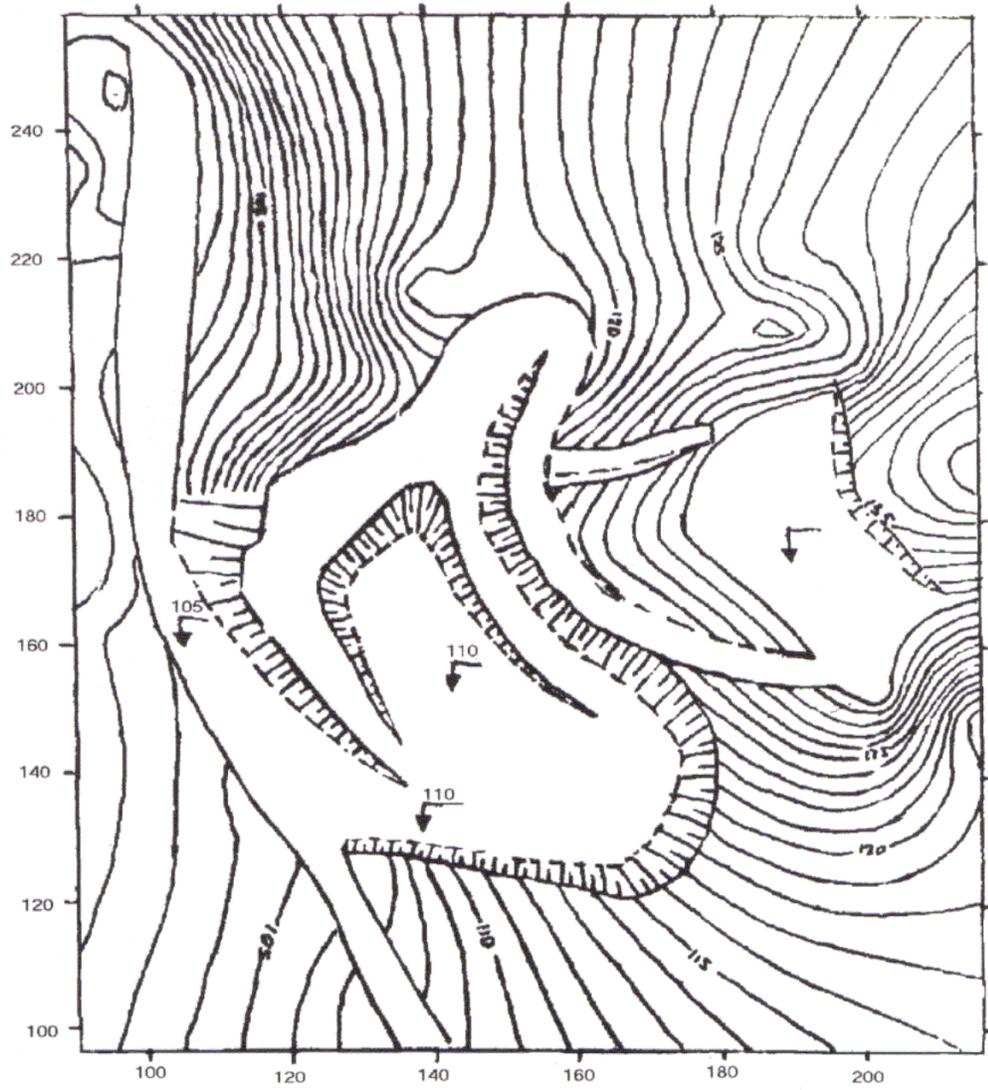
Superficie de la mina



Superficie final de la mina

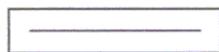
GRAFICO No 12

PRIMER AÑO DE EXPLOTACIÓN

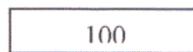


LEYENDA

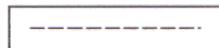
ESCALA 1 : 1000



Curvas de nivel



Cotas



Borde interno del banco

Los volúmenes destape se ejecutarán según el programa de explotación (Ver Tabla No. 1). Para el destape se utilizará un bulldózer D8K. Según las características del macizo rocoso y la experiencia práctica obtenida durante el período de explotación, este equipo con el ruter puede realizar el arranque y acarreo del estéril sin la utilización de explosivos.

La experiencia práctica ha demostrado que el bulldózer D8K durante el proceso de arranque y acarreo en el estéril trabaja con una productividad de 180 m<sup>3</sup> por hora. Teniendo en cuenta que el estéril será acarreado hacia las escombreras (depósitos de estéril), las cuales estarán ubicadas en los flancos norte y sur respectivamente de la zona minara y teniendo en cuenta la productividad promedio que podría alcanzar el bulldózer D8K se puede calcular el tiempo que se utilizaría el equipo durante la explotación del yacimiento en el destape (Ver Gráfico No. 13 y 14). La distancia promedio de acarreo es 40 m más el trabajo de conformación del depósito podemos calcular que la productividad del bulldózer sería 90 m<sup>3</sup> por hora promedio.

Período	Volumen Estéril (m <sup>3</sup> )	Producción por horas (m <sup>3</sup> )	Horas Efectivas
1 Año	1 147	90	12.7
2 "	1 000	90	11.1
3 "	910	90	10.1
4 "	960	90	10.6
5 "	300	90	3.3
<b>T O T A L</b>	<b>4 317</b>		<b>47.8</b>

En la escombrera del flanco Norte (No. 1) se depositará la roca estéril de los dos primeros años, es decir, la cubierta de los niveles 125 – 135. En la escombrera del flanco Sur (No. 2) se depositará la roca estéril extraída a partir del tercer año y que corresponderá a los niveles 110 - 120 (Ver Gráfico No. 13 y 14).

### **3.9. - EXTRACCIÓN DEL MINERAL. DESCRIPCIÓN DE OPERACIONES (ARRANQUE, CARGUE Y TRANSPORTE).**

El método de explotación del yacimiento será a cielo abierto con bancos descendentes y caminos en zigzag formados por trincheras abiertas en los ataludes de la elevación donde se encuentra el yacimiento. No obstante, durante el primer año debido al poco desarrollo (destape) de los niveles superiores la extracción del mineral se garantizará del

GRAFICO No 13

ESTADO FINAL DE LA CANTERA  
UBICACIÓN DE LOS DEPOSITOS DE ESTERIL  
SUR Y NORTE

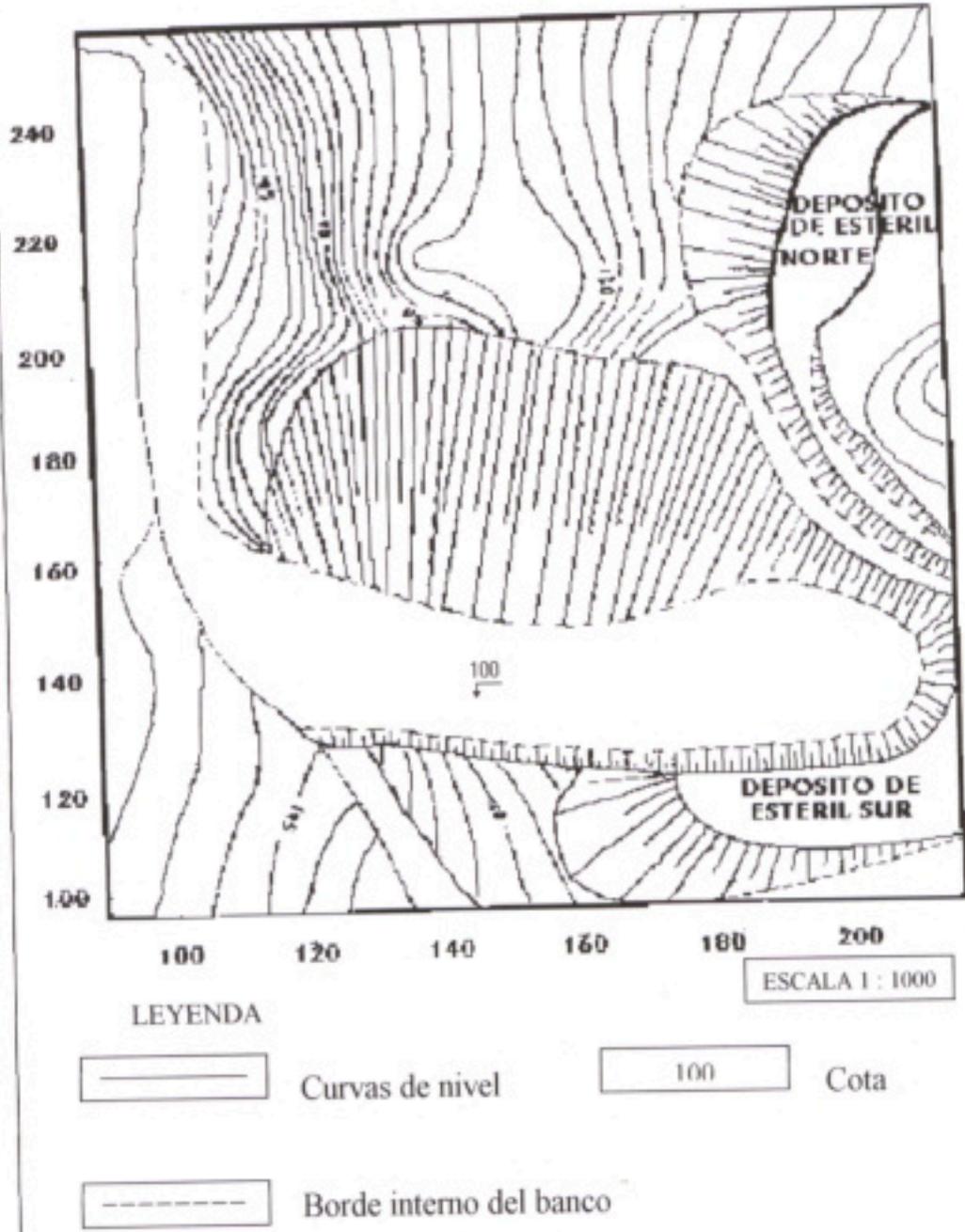
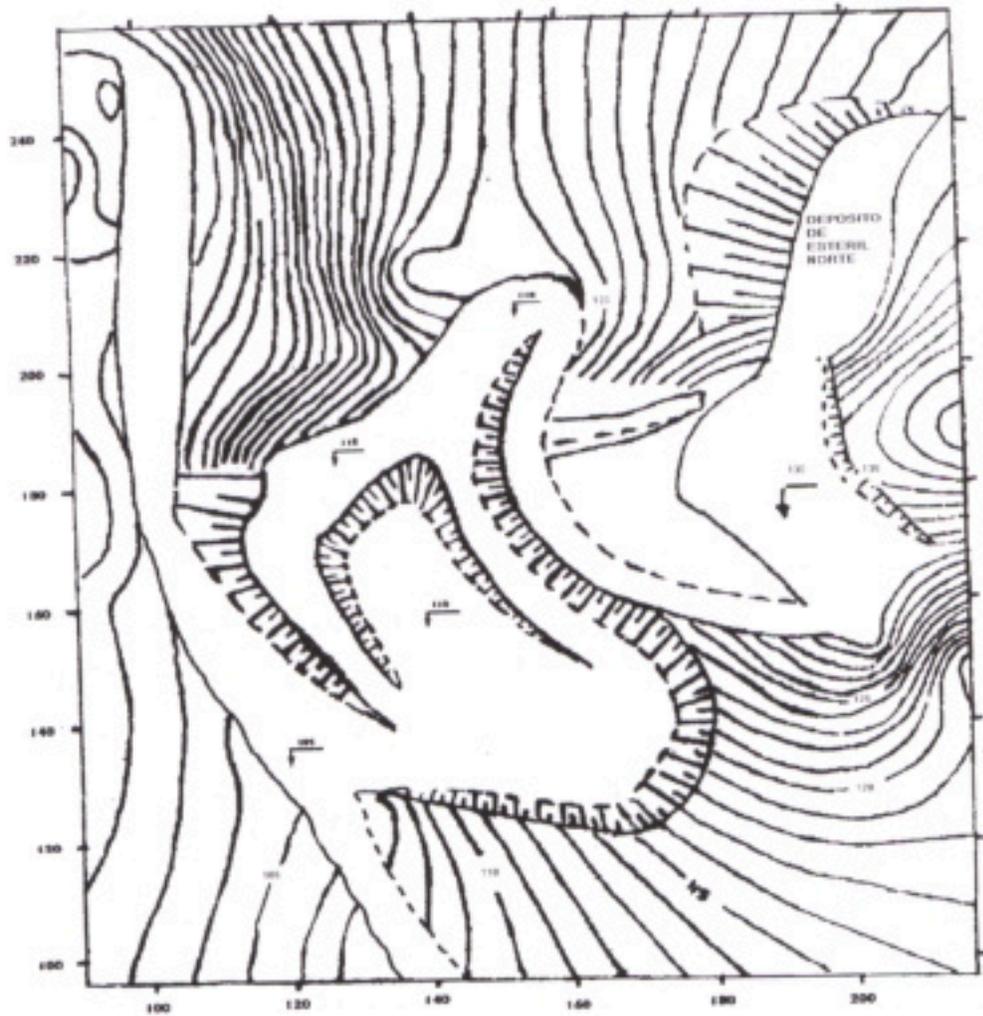


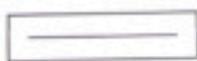
GRAFICO No 14

DEPOSITO DE ESTERIL NORTE  
PRIMERO Y SEGUNDO AÑO

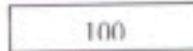


LEYENDA

ESCALA 1 : 1000



Curvas de nivel



Cotas



Borde interno del banco

TABLA No 1

C R O N O G R A M A D E E X P L O T A C I Ó N														
Nivel (m)	A N O S													
	1 9 9 9		2 0 0 0		2 0 0 1		2 0 0 2		2 0 0 3		2 0 0 4		Volúmenes del Mineral (toneladas)	Volúmenes del Estéril ( m3)
	Util	Estéril												
135 - 130	4000	1147	1418										1418	1 147
130 - 125			6582	1000									12534	1 000
125 - 120					5952								17513	910
120 - 115					10048	910	7465						16241	960
115 - 110	4000						8535	860	3706				11099	300
110 - 105								11099	1195	300	7200		11099	300
105 - 100													8395	
TOTAL	4000	1 147	8000	1 000	16000	910	16000	860	16000	300	7200	-	67 200	4 317

nivel 110- 115 (Ver Gráfico No. 12).

### **3.9.1. - ARRANQUE.**

Para el arranque del mineral se utilizará el método de la barrenación y voladura, lográndose con ello más productividad del buldózer y la carga.

Teniendo en cuenta que la actividad de la barrenación y la voladura será contratada por temporada y que el tamaño de la mina y volumen de los escalones es pequeño se proyectan bloques para garantizar volúmenes de 2 295 t (1 350 m<sup>3</sup>), sin embargo el tamaño de los bloques y los pasaportes de barrenación y voladura deberán ser ajustados teniéndose en cuenta la situación real del macizo rocoso y el frente de trabajo (Ver Gráfico No. 15).

### **3.9.2. - PASAPORTE DE BARRENACIÓN Y VOLADURA.**

(Ver Gráfico No. 15).

- Altura del banco (m): 5
- Largo del banco (m): 30
- Ancho del banco (m): 9
- Diámetro de barrenación (mm): 85
- Distancia entre filas (m): 2

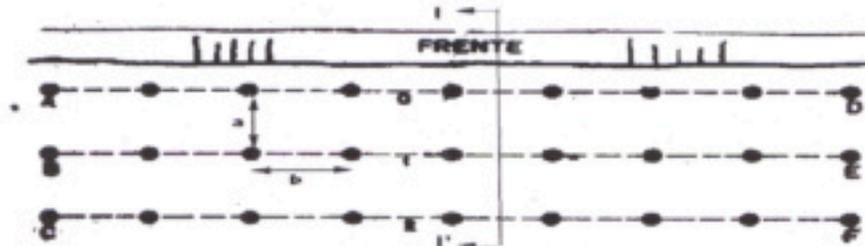
- Cantidad de filas: 4
- Cantidad de barrenos por bloque: 60
- Inclinación del barreno (°): 15
- Longitud del barreno (m): 5.5
- Longitud de sobreperforación (m): 0.3
- Longitud de la carga en el barreno (m): 3.85
- Longitud del atranque (m): 1.65
- Explosivo de la mina (secundario): ANFO
- Explosivo iniciador (Kg): 1
- Total de explosivo por barreno (Kg): 13
- Total de explosivo por bloque (Kg): 780
- Consumo de explosivo por m<sup>3</sup> (kg.): 0.57
- Consumo de explosivo por tonelada (kg): 0.34

Para lograr una fracturación y mayor aprovechamiento de la carga explosiva con disminución de la onda sísmica y expansiva se recomienda la utilización del sistema NO-ELECTRICO, con los siguientes índices de consumo:

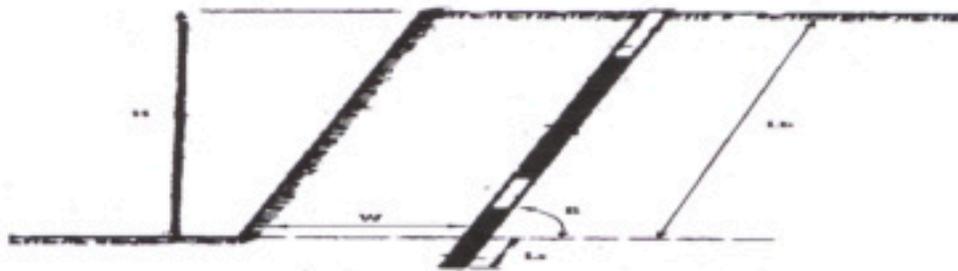
- Detonadores No Eléctricos: 0.026 u/t
- Cordón detonante: 0.052 m/t
- Mecha lenta: 0.004 m/t
- Cápsula detonante: 0.002 u/t.

GRAFICO No 15

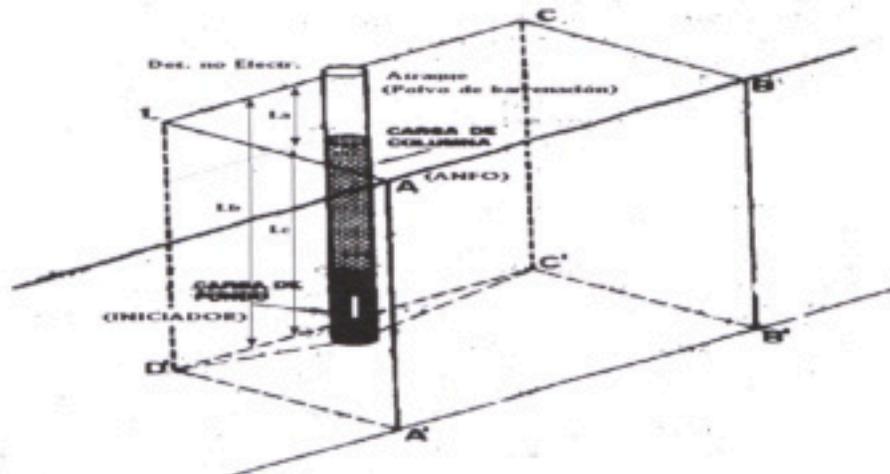
PASAPORTE DE BARRENACION Y VOLADURA



- a.- Distancia entre filas      a = 2 m
- b.- Distancia entre barrenos      b = 2 m
- H.- Altura del escalón      H = 5 m



- Ls.- Longitud de sobre perforación      Ls = 0,3 m
- Lb.- Longitud del barreno      Lb = 5,5 m
- B.- Inclinación del barreno      B = 75
- W.- Línea de menor resistencia      W = 2 m



- La.- Longitud de atraque      La = 1,65 m
- Lc.- Longitud de carga      Lc = 3,85 m

### 3.9.3. - CARGA.

La carga del mineral en estos momentos se realiza de forma manual por lo que resulta una actividad poco productiva y que incrementa las pérdidas debido a que sólo se carga la roca con granulometría mayor de 10 cm. Durante el año 2000 (primer año de explotación) se trabajó de esa forma, sin embargo, para el año 2001 se cargó mecanizadamente. Realizando una actividad productiva, ya que se disminuye las pérdidas por causa de carga.

### 3.9.4. - TRANSPORTE DEL MINERAL HASTA LA PLANTA DE BENEFICIO.

El transporte del mineral se realiza con una volqueta de 7 m<sup>3</sup> a una distancia de 8 Km.

El ciclo de la transportación es el siguiente:

$$T_C = ( t_C + t_{LL} + t_D + t_{MD} + t_V + t_{MC} ) K_{apr}. \quad (1)$$

Donde:  $T_C$  = Tiempo del ciclo completo (min).

$t_C$  = Tiempo de carga (30 in).

$t_{LL}$  = Tiempo de traslado lleno (19.2 in).

$$Y \quad t_{LL} = ( L / t_V ) = ( 8 / 25 ) = 19.2 \text{ in}$$

$L$  = Distancia de transportación (km.)

$V_V =$  Velocidad de transportación vacío (km/ h)

$t_V =$  Tiempo de traslado vacío (in)

$$Y \quad t_V = ( L / V_V ) = ( 8 / 40 ) = 12 \text{ in}$$

$t_D =$  Tiempo de descarga (1.5 in)

$t_{MC} =$  Tiempo de maniobra para cargar ( 1 in)

$t_{MD} =$  Tiempo de maniobra para descargar ( 1 in)

$K_{apr.} =$  Coeficiente de pérdida de tiempo ( 1.05)

Sustituyendo en la fórmula (1) tenemos:

$$T_C = ( 30 + 19.2 + 1.5 + 1 + 12 + 1 ) * 1.05$$

$$T_C = ( 64.7 ) * 1.05$$

$$T_C = \underline{67.9 \text{ in} = 1.05 \text{ horas.}}$$

Productividad Efectiva del Transporte (PET).

$$PET = ( ( T_C * V * \phi ) / ( K_e * 60 ) ) * K_{LL}$$

$$PET = ( ( 67.9 * 7 * 1.7 ) / ( 1.2 * 60 ) ) * 0.85$$

$$PET = \underline{9.5 \text{ t/h}}$$

Donde:  $V =$  Volumen de la volqueta (7 m<sup>3</sup>)

$K_e$  = Coeficiente de esponjamiento (1.2)

$\phi$  = Peso volumétrico ( 1.7 t/ m<sup>3</sup>)

$K_{LL}$  = Coeficiente de llenado de la volqueta (0.85)

### **3.10. - TRABAJOS DE IMPACTO AMBIENTAL.**

#### **3.10.1. - PROGRAMA DE SEGUIMIENTO DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL.**

El programa de seguimiento del plan de Manejo Ambiental se ha dividido en dos etapas:

##### **Primera Etapa:**

- a) Colocación de rótulos en las vías de acceso a la cantera en los puntos donde se considere necesarios (bifurcación de carreteros, desvíos, entronques, etc.).
- b) Humedecimiento de las vías cercanas a la cantera, siempre y cuando esto no influya negativamente en la transportación del mineral, ya que las pendientes son fuertes y pueden producir deslizamientos del vehículo en algunos lugares, por ello sólo se hará en las partes que se compruebe que la generación polvo por el movimiento de los vehículos sea alta.

- c) Se exigirá la colocación de lonas en los volquetes.
- d) Construcción y modelación de taludes.
- e) Construcción de cunetas y su mantenimiento.
- f) Consultoría Ambiental Minera.
- g) Impartición de seminarios y conferencia.

**Segunda Etapa:**

- a) Controlar que se ejecute por parte de la **ESPOL** los trabajos de medición del viento, polvo y ruido y la confección del informe correspondiente.
- b) Construcción de las bermas de estabilización.
- c) Financiamiento para los equipos que se necesitan por la Cía Zeolitas S. A. y que garanticen que no serán causantes de impactos, o sea, que tengan las tecnologías de punta del momento de adquisición.

Al concluir el período de vida útil de la mina se efectuará la reforestación en caso de ser necesaria, ya que la experiencia práctica ha demostrado que para áreas tan pequeñas, rodeada de elevaciones que aportan material a este lugar, se efectúa una reforestación natural total en un período que no sobrepasa al año.

En la tabla No. 2 se puede ver el Cronograma de Ejecución del Plan Ambiental y el Presupuesto Total del Plan Ambiental.

**TABLA No. 2**

<b>CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN PLAN AMBIENTAL</b>													
<b>ACTIVIDADES</b>	<b>TIEMPO</b>	<b>M E S E S</b>											
		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
1.- Trabajos de la ESPOL(medición de polvo (conc. Y direc.), viento, ruido).		00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
2.- Riego de agua.		00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
3.- Const. De Bermas de Estabilidad.		00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
4.- Asesoría Ambiental.		00					00				00		
5.- Limpieza de cunetas.		00				00			00			00	
6.- Colocación de rótulos.		00											
7.- Cursos de cap. Ambient.-seguridad		00					00				00		
8.- Financiamiento de nuevos equipos											00	00	00
Al adquirir los equipos necesarios para la extracción, cargue y movimiento del mineral hacia la planta se debe velar por que la tecnología sea la más moderna y que no afecte al medio ambiente.													

<b>PRESUPUESTO TOTAL DEL PLAN AMBIENTAL</b>	
1.- Preparación y mantenimiento de Cunetas	\$ 5,400.00
2.- Riego de Agua.	2,400.00
3.- Capacitación Ambiental, Seguridad Minera y Bibliografía.	1,200.00
4.- Mantenimiento de vías de acceso.	4,000.00
5.- Confección de rótulos y señalización.	450.00
6.- Asesoría Ambiental Minera.	8,400.00
7.- Trabajos contratados a la ESPOL.	6,000.00
8.- IMPREVISTOS	2,785.00
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>\$ 30,635.00</b>
<b>Son: TREINTA MIL SEISCIENTOS TREINTA Y CINCO DOLARES.</b>	

## **IV.- ECONOMÍA.**

### **4.1. – GASTOS CAPITALES.**

**Desarrollo Minero:** El Yacimiento León se encuentra abierto por un carretero en la cota + 105 y una semi – trinchera que entra a la cota + 110 m, atravesando el escalón productivo hasta unirse con una trinchera que llega hasta la cota + 135 m. Para el destape total de la trinchera es necesario mover 4 317 m<sup>3</sup>. (Ver Tabla No. 3).

### **4.2. - PRESUPUESTO DE GASTOS POR ACTIVIDADES.**

A continuación se ofrecen los valores de cada una de las actividades para todo el proyecto; éstos son (Ver Tabla No. 4):

<b>Actividad</b>	<b>Total del Proyecto</b>
Destape	\$ 2 400.00
Arranque	70 560.00
Extracción	22 250.00
Cargue	44 800.00
Transporte	1644266.67
Exploración de Explotación	9 204.00
Impacto Ambiental	30 635.00

TABLA No 3

**TOTAL DE GASTOS CAPITALES**

Concepto	A Ñ O S					TOTAL Proyecto	
	1999	2000	2001	2002	2003		2004
Completamiento Apertura	666.66						666.66
Destape	635.00	555.00	510.00	530.00	170.00		2400.00
Contingencia (5%)	65.08	27.75	25.50	26.50	8.50		153.33
<b>TOTAL</b>	<b>1366.74</b>	<b>682.75</b>	<b>535.50</b>	<b>556.50</b>	<b>178.50</b>	<b>-</b>	<b>3219.99</b>

TABLA No 4

PRESUPUESTO DE GASTOS POR ACTIVIDADES

Concepto	A Ñ O S										TOTAL Proyecto
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
<b>1.- DESTAPE</b>	<b>635.00</b>	<b>555.00</b>	<b>510.00</b>	<b>530.00</b>	<b>170.00</b>						<b>2400.00</b>
Nivel de Producción (m3)	1147	1000	910	960	300						4317
Uso del buldozer (horas)	12.7	11.1	10.2	10.8	3.4						48.0
Precio Servicio x Hora	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00						50.00
<b>2.- ARRANQUE</b>	<b>4200.00</b>	<b>8400.00</b>	<b>16800.00</b>	<b>16800.00</b>	<b>16800.00</b>	<b>7560.00</b>					<b>70560.00</b>
Mineral (t)	4000	6000	16000	16000	16000	7200					67200
Nivel de barrenación (m)	576	1151	2302	2302	2302	1035					9669
Cantidad de Voladuras (u)	1.7	3.5	7.0	7.0	7.0	3.14					29.3
Costo de Voladura (\$/t)	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05					1.05
<b>3.- EXTRACCIÓN</b>	<b>1250.00</b>	<b>2500.00</b>	<b>5000.00</b>	<b>5000.00</b>	<b>5000.00</b>	<b>2250.00</b>					<b>22250.00</b>
Volumen a extraer (t)	4000	6000	16000	16000	16000	7200					67200
Uso buldozer (horas)	25	50	100	100	100	45					420
<b>4.- CARGUE</b>	<b>2666.67</b>	<b>5333.33</b>	<b>10666.67</b>	<b>10666.67</b>	<b>10666.67</b>	<b>4800.00</b>					<b>44800.00</b>
Volumen a cargar (t)	4000	8000	16000	16000	16000	7200					67200
Volquetas a cargar (9t/v)	444	889	1778	1778	1778	800					7467
Costo cargue (\$/volqueta)	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00					6.00
<b>5.- TRANSPORTE</b>	<b>9777.78</b>	<b>19555.56</b>	<b>39111.11</b>	<b>39111.11</b>	<b>39111.11</b>	<b>17600.00</b>					<b>164266.67</b>
Volumen a Transportar (t)	4000	8000	16000	16000	16000	7200					67200
Volquetas a transp. (9t/v)	444	889	1778	1778	1778	800					7467
Costo Transporte (\$/volq.)	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00					22.00
<b>6.- EXP. EXPLOTACIÓN</b>	<b>818.00</b>	<b>1290.00</b>	<b>2126.00</b>	<b>2126.00</b>	<b>2126.00</b>	<b>958.00</b>					<b>9204.00</b>
Doc. Y muestreo surcos	100.00	200.00	400.00	400.00	400.00	120.00					1620.00
Det. De Calor de Inmers.	318.00	690.00	1326.00	1326.00	1326.00	438.00					5184.00
Análisis Integral en Cuba	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00					2400.00
<b>7.- IMPACTO AMBIENTAL</b>	<b>8800.00</b>	<b>4367.00</b>	<b>4367.00</b>	<b>4367.00</b>	<b>4367.00</b>	<b>4367.00</b>					<b>30635.00</b>
Prep. Y mtto. Cunetas	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00	900.00					5400.00
Riego de agua	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00					2400.00
Capacitación Ambiental	600.00	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00					1200.00
Mtto. Vías de Acceso	2000.00	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00					4000.00
Confec. Rótulos, Señales	300.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00					450.00
Asesoría Amb. Minera	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00					8400.00
Trabajos contrat. ESPOL	2400.00	720.00	720.00	720.00	720.00	720.00					6000.00
Otros Gastos	800.00	397.00	397.00	397.00	397.00	397.00					2785.00

#### **4.3. - GASTOS DE OPERACIÓN.**

El Total de Gastos de Operación asciende a \$ 485420.79 obteniéndose un Costo Directo (\$/t) de \$7.22 (Ver Tabla No. 5).

#### **4.4. - TOTAL DE GASTOS .**

El Total de Gastos contemplados durante la Vida Útil de la Mina es de \$ 523371.80 con un Costo Total por tonelada extraída de \$ 7.80 (Ver Tabla No. 6).

TABLA No 5

**GASTOS DE OPERACIÓN**

Concepto	A Ñ O S							TOTAL Proyecto
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	
Nivel Producción (t/año)	4000	8000	16000	16000	16000	7200	67200	
Barrenac. y voladura (\$)	4200.00	8400.00	16800.00	16800.00	16800.00	7560.00	70560.00	
Extracción (\$)	1250.00	2500.00	5000.00	5000.00	5000.00	2250.00	21000.00	
Cargue del mineral (\$)	2666.67	5333.33	10666.67	10666.67	10666.67	4800.00	44800.01	
Transporte (\$)	9777.78	19555.56	39111.11	39111.11	39111.11	17600.00	164266.67	
Explorac. Explotac.(\$)	818.00	1290.00	2126.00	2126.00	2126.00	958.00	9444.00	
Dirección Técnica (\$)	12000.00	12000.00	12000.00	12000.00	12000.00	12000.00	72000.00	
Trabajos de Mtto. (10%)	3071.24	4907.89	8570.38	8570.38	8570.38	4516.80	38207.07	
Otros Gastos	1689.18	2699.34	4713.71	4713.71	4713.71	2484.24	21013.89	
<b>SUB - TOTAL</b>	<b>35472.88</b>	<b>56686.11</b>	<b>98987.87</b>	<b>98987.87</b>	<b>98987.87</b>	<b>52169.04</b>	<b>441291.63</b>	
Contingencia (10%)	3547.29	5668.61	9898.79	9898.79	9898.79	5216.90	44129.16	
<b>TOTAL GASTOS</b>	<b>39020.16</b>	<b>62354.72</b>	<b>108886.65</b>	<b>108886.65</b>	<b>108886.65</b>	<b>57385.94</b>	<b>485420.79</b>	
<b>COSTO DIRECTO (\$/t)</b>	<b>9.76</b>	<b>7.79</b>	<b>6.81</b>	<b>6.81</b>	<b>6.81</b>	<b>7.97</b>	<b>7.22</b>	

TABLA No 6

TOTAL DE GASTOS

Concepto	A Ñ O S					TOTAL Proyecto	
	1999	2000	2001	2002	2003		2004
Gastos Capitales (\$)	1364.74	582.75	535.50	556.50	178.50	0.00	3219.99
Gastos de Operación (\$)	39020.16	62364.72	108886.65	108886.65	108886.65	57385.94	485420.79
Gastos Indirectos (\$)	10120.00	5022.05	5022.05	5022.05	5022.05	5022.05	35230.25
TOTAL DE GASTOS (\$)	50504.90	67959.52	114444.20	114465.20	114087.20	62407.99	523871.03
COSTO TOTAL (\$/t)	12.63	8.49	7.15	7.15	7.13	8.67	7.80

## **V.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

- Las zeolitas naturales del “yacimiento León” cumple satisfactoriamente los límites permisibles para considerarlas material útil para su explotación y comercialización.
- Las reservas extraíbles son de 67200 toneladas y el tiempo de vida útil de la mina es de seis años.
- La mina será monitoreada durante su explotación para verificar la calidad del mineral planificado.
- El método de explotación del yacimiento será a cielo abierto con bancos descendentes y caminos en zigzag formados por trincheras abiertas en los taludes de la elevación donde se encuentra el yacimiento.
- La carga y el transporte actualmente es mecanizada por lo cual se incrementa la productividad de la mina.
- Se recomienda realizar los trabajos de impacto ambiental planificados para la vida útil de la mina y la regeneración del sector al final de esta según las normas de minería con relación al medio ambiente.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- 1.- Estudio de Factibilidad Económica. Zeolitas S. A. Marzo 1998.
  
- 2.- Plan de Minería. Zeolitas S. A. Noviembre 1998.
  
- 3.- M. Martínez. Evaluación de Impacto Ambiental Concesión Minera de Explotación Cantera "El Refugio".
  
- 4.- Javier Calderón Panchi. Tesis de Grado: Optimización de la operación de explotación de caliza.
  
- 5.- Eugenio Nuñez del Arco (ESPOL) y Dr. Francois Dugas (ORSTOM). Guía Geológica del SW de la Costa Ecuatoriana. Año 1982.
  
- 6.- Dr. J. W. Baldock (IGS). Geología del Ecuador. DIREMIG. Año 1982. Escala del Mapa que acompaña este boletín explicativo es 1:1 000 000.
  
- 7.- M. Martínez. Informe sobre la Exploración Detallada de Zeolitas en el Yacimiento "El Refugio", Guayaquil.
  
- 8.- A. Anachkov, C. Trendafilov, C. Hristov. Laboreo a cielo abierto – Técnica. Sofía 1974.

9.- D. Stoyanov, A. Atanasov. Manual de modelos de ejercicios resueltos en la minería a cielo abierto.

10.- Hojas topográficas a escala 1:100 000, 1:50 000 y 1:25 000 de la Costa Ecuatoriana.