

# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra**

“Explotación de Sepiolita y Planificación del Bloque Victoria III en el Yacimiento de Vicálvaro ( Madrid) y las perspectivas de las arcillas en Ecuador”

## **TESIS DE GRADO**

**Previo a la Obtención del Título de:**

**INGENIERO DE MINAS**

**Presentado por:**

**MIGUEL G. PERALTA SÁNCHEZ**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**Año**

**1999**

# DEDICATORIA

A MI MADRE

A MI PADRE

A MIS HERMANOS

## **AGRADECIMIENTO**

A la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL, por haberme dado la formación profesional.

Al Dr. Paúl Carrión Mero Director de Tesis y a los tutores en España Doctores Alfonso Maldonado y María González, por su orientación y ayuda prestada.

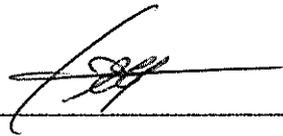
Al Director de Mina Doctor José Granda y al Ingeniero de Mina Antonio Hurtado, de TOLSA S.A., por el interés y acogida de sus respectivos departamentos.

A mis amigos Maribel, Edison, Emilio, Rodolfo y Juan Carlos, por su invaluable colaboración.

A la familia Estebaranz y Blanco Martín, por su preocupación y atención durante mi estadía en Madrid.

A mis profesores, amigos y compañeros, por ser parte esencial en mis años de estudios.

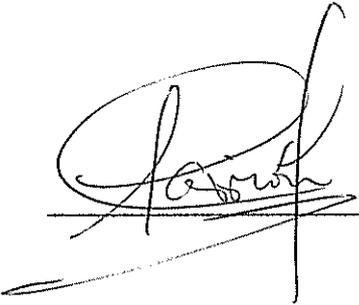
## TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



---

**Ing. Edison Navarrete**

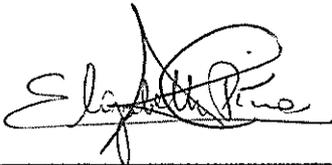
**Presidente del tribunal**



---

**Dr. Paúl Carrión Mero**

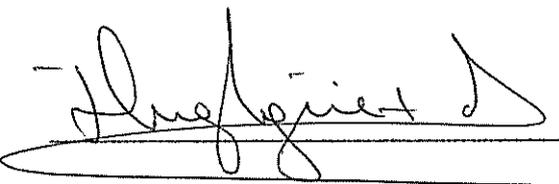
**Director de Tesis**



---

**Dra. Elizabeth Peña**

**Miembro del Tribunal**



---

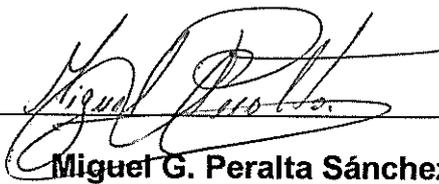
**Ing. Hugo Egüez A.**

**Miembro del Tribunal**

## DECLARACIÓN EXPRESA

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

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)



---

Miguel G. Peralta Sánchez

## **RESUMEN**

En el presente trabajo se realiza un análisis y diseño de la explotación de Arcillas Especiales (Sepiolitas) en el Yacimiento de Vicálvaro, cercano a la ciudad de Madrid (España), comprendiendo un método de evaluación y la programación correspondiente de la explotación atendiendo a las identidades que caracterizan el yacimiento : ubicación, características y génesis, mercado, tratamiento, medio ambiente, etc.

Todo este análisis, es realizado bajo las perspectivas de un trabajo profesional, en una mina que es la primera en producción de Sepiolitas en España y en el mundo.

Asi mismo se expone de forma general las posibilidades de las arcillas en el Ecuador y la importancia de los minerales y rocas industriales como fuente de ingreso .

## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	VI
INDICE GENERAL.....	VII
INDICE DE FIGURAS .....	XI
INDICE DE TABLAS.....	XII
INDICE DE GRÁFICOS .....	XIV
INDICE DE FOTOGRAFÍAS.....	XVI
ABREVIATURAS .....	XVII
INTRODUCCIÓN .....	19
I SEPIOLITA.....	20
1.1. Generalidades.....	20
1.2. Génesis y Geología.....	21
1.3. Propiedades.....	24
1.4. Aplicaciones.....	26
1.4.1. Propiedades reológicas .....	26
1.4.2. Propiedades sorcitivas .....	27
1.5. Yacimientos.....	29
1.6. Producción de arcillas especiales en España.....	30

II	DESCRIPCION DEL YACIMIENTO .....	34
	2.1. Ubicación y acceso.....	34
	2.2. Fisiografía.....	34
	2.3. Clima.....	35
	2.4. Datos históricos.....	35
	2.5. Marco Geológico.....	37
	2.5.1. Geología General : La depresión del Tajo.....	37
	2.5.2. Geología Regional : La cuenca de Madrid. ....	37
	2.5.3. Estratigrafía.....	39
	2.5.4. Geología del Yacimiento .....	42
	2.5.5. Geología Económica.....	44
	2.6. Tratamiento en Planta.....	46
	2.7. Producción en Planta.....	50
	2.7.1. Humedad .....	50
	2.7.2. Finos .....	52
	2.7.3. Productos .....	53
III	EXPLOTACION .....	58
	3.1. Descripción del método de explotación .....	58
	3.2. Maquinaria minera.....	59
	3.3. Labores de investigación.....	61
	3.3.1. Caracterización de materiales .....	61
	3.3.2. Cubicación .....	62

	3.3.3. Producción minera .....	63
IV	PLANIFICACION DE LA ZONA DE EXPLOTACION VICTORIA III...	65
	4.1. Antecedentes.....	65
	4.2. Labores de investigación.....	66
	4.3. Analisia tecnico – económico.....	67
	4.3.1. Cubicación .....	68
	4.3.2. Tiempo de vida de la explotación.....	69
	4.3.3. Inversiones.....	69
	4.3.4. Costos.....	71
	4.3.5. Amortizaciones.....	73
	4.3.6. Ingresos por venta .....	73
	4.3.7. Factor de Agotamiento.....	74
	4.3.8. Impuestos .....	74
	4.4. Análisis Económico .....	75
	4.5. Resumen de Impactos .....	76
V	PERSPECTIVAS PARA ECUADOR .....	78
	5.1. Cuenca sedimentaria Progreso .....	79
VI	CONCLUSIONES GENERALES .....	81
	BIBLIOGRAFÍA .....	83

ANEXO A: FOTOGRAFÍAS

ANEXO B: CUBICACIÓN DEL BLOQUE VICTORIA III

ANEXO C: EVALUACIÓN ECONÓMICA

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>N o.</b>	<b>Pág.</b>
1. ESTRUCTURA DE LA SEPIOLITA.....	22
2. CLASIFICACIÓN PETROLÓGICA DE LAS ARCILLAS.....	33
3. COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DEL YACIMIENTO DE VICÁLVARO .....	45
4. DIAGRAMA DE MOLIENDA Y SECADO.....	49
5. ESQUEMA DEL BANCO DE EXPLOTACIÓN .....	52
B1. UBICACIÓN DEL YACIMIENTO DE VICÁLVARO	
B2. BLOQUE DE EXPLOTACIÓN VICTORIA III	
B5. COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DEL BLOQUE VICTORIA III	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>N o.</b>	<b>Pág.</b>
1. SEPIOLITA – PROPIEDADES .....	26
2. PRODUCCIÓN MINERA DE ARCILLAS ESPECIALES EN ESPAÑA .....	31
3. VÉRTICES .....	35
4. VARIACIONES CLIMÁTICAS (1997) .....	36
5. GENERALIDADES DE LOS EQUIPOS EN PLANTA .....	48
6. PRODUCTOS SEGÚN SU GRANULOMETRÍA .....	55
7. ESCALA ATTERBERG .....	55
8. PRODUCCIÓN TOLSA (1991 – 1997) .....	62
9. ESQUEMA METODOLÓGICO GENERAL .....	62
10. PRODUCCIÓN MINERA EN VICÁLVARO .....	64
11. MÉTODOS MINEROS A CIELO ABIERTO .....	67
12. EXPLOTACIÓN ANUAL Y CONSTANTE .....	70
13. MOVIMIENTO BASE DE COSTOS E INGRESOS .....	76

B3. ANÁLISIS MINERALÓGICO-QUÍMICO DE ALGUNOS SONDEOS.

B4. CUBICACIÓN DEL BLOQUE VICTORIA III

C1. FLUJO DE CAJA BASE

C3. VARIACIÓN DE LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN

C4. VARIACIÓN DE LOS INGRESOS.

C5. VARIACIÓN EN EL FINANCIAMIENTO

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>N o.</b>	<b>Pág.</b>
1. COMPARACIÓN DE PRODUCCIÓN DE ARCILLAS ESPECIALES EN ESPAÑA .....	30
2. DISTRIBUCIÓN DE HUMEDAD .....	49
3. PORCENTAJES FINOS – GRUESOS .....	51
4. CURVA GRANULOMÉTRICA .....	52
5. DISTRIBUCIÓN DE PRODUCCIÓN .....	54
6. ESQUEMA DEL BANCO DE EXPLOTACIÓN .....	57
B6. RELACIÓN ENTRE EL PORCENTAJE DE SEPIOLITA Y EL CONTENIDO DE FLÚOR.	
B7. RELACIÓN ENTRE EL PRECIO / UNIDAD Y EL RATIO MÍNIMO EXPLOTABLE	
B8. RELACIÓN ENTRE EL PRECIO / UNIDAD Y LA PRODUCCIÓN MÍNIMA	
B9. COSTOS FIJOS Y VARIABLES Vs. PRODUCCIÓN.	
C2. GRAFICO DE MOVIMIENTO DE FONDOS	

## C6. VARIACIÓN DE PARÁMETROS.

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

N o.

A1. Sepiolita Expuesta en Vicálvaro

A2. Sepiolita Impura

A3. Rompimiento de una capa de Sílex

A4. Sílex

A5. Excavación

A6. Vertido de estériles (se observan calcretas)

A7. Banco en receso

A8. Banco en arranque de mineral y en relleno.

A9. Parque mineral

A10. Sepiolita llevada a molienda

A11. Terrenos restaurados en siembra

A12. Terreno restaurado con pasto.

## ABREVIATURAS

A.S.T.M.	:	American Societing Material
Al <sup>++</sup>	:	Ion aluminio
C	:	Carbonatos
°C	:	grado centígrado
cm	:	centímetro
cm <sup>3</sup>	:	centímetro cúbico
DINAMI	:	Dirección Nacional de Minería
F	:	flúor
Fs.	:	feldespato
Fig.	:	Figura
gr.	:	gramo
IL.	:	illita
ITGE	:	Instituto Tecnológico Geominero de España
Kg.	:	kilogramo
K <sup>+</sup>	:	ion potasio

m	:	metro
m <sup>3</sup>	:	metro cúbico
mm	:	milímetro
Mg <sup>++</sup>	:	ion magnesio
MPTA.	:	millones de pesetas
N	:	Norte
Ot	.	otros
Pta.	:	peseta
S	:	Sur
T	:	tonelada
V	:	volumen
µm	:	micra

## INTRODUCCIÓN

La Sepiolita es un mineral de arcilla poco frecuente, de forma terrosa o fibrosa y de varios colores, utilizado antiguamente por sus propiedades absorbentes y de clarificación (tierra de vino).

La Sepiolita no tuvo la importancia de una arcilla especial, pero a partir de su industrialización en los años sesenta trajo consigo el interés científico tanto en su geología, propiedades y aplicaciones.

Los mayores yacimientos se encuentran en España en la cuenca de Madrid, sobresaliendo el de Vicálvaro, donde la empresa TOLSA S.A. tiene la mayor explotación de Sepiolita. TOLSA mantiene 53 patentes, produce granulares para absorbentes y en menor número productos especiales para otras industrias.

La apariencia física es igual a de otras arcillas, teniendo que ser analizada en tecnológicamente para asegurarse de su presencia.

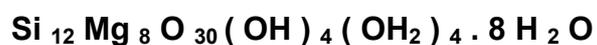
# CAPITULO I

## SEPIOLITA

### 1.1. GENERALIDADES

La sepiolita es un mineral de arcilla perteneciente al grupo de los filosilicatos conocidos como arcillas especiales, su nombre fue utilizado por primera vez por Glocker en 1847 y se deriva la palabra sepia, cuya concha o jibión es tan ligero y poroso como este material, razón por la cual se la denominaba espuma de mar o madera de montaña (1).

Este mineral tiene una importancia comercial por sus propiedades sorcitivas y reológicas. Se presenta en la naturaleza en forma compacta terrosa o fibrosa, son blancos, amarillo, verdes, grises o rosa (Fotografía 1 y 2). La sepiolita químicamente es un silicato de magnesio hidratado y su fórmula ideal según Brauner y Prisinger es:



Su génesis corresponde al tipo de arcillas neoformadas, siendo discutido si fue por precipitación directa, o por reacciones y transformaciones entre soluciones y los materiales primarios, en un

ambiente alcalino y salobre donde se acentúa la ausencia o inactividad del aluminio. En general los filosilicatos están formados por capas bidimensionales de tetraedros (Si y O) y octaedros (Al o Mg y O – OH), con la siguiente disposición:

T – O, (1: 1 ) compuesto por láminas formadas por una capa tetraédrica y otra octaédrica que comparten átomos de oxígeno.

T – O – T, (2: 1 ) sus partículas están formadas por una capa octaédrica central y dos capas tetraédricas con las que comparte átomos de oxígeno.

La sepiolita es un mineral tipo 2:1 pero con la particularidad, que la capa octaédrica de magnesio es discontinua. Esto produce canales orientados en la dirección del eje longitudinal de la partícula, llamados canales zeolíticos (Fig. 1).

## **1.2. GÉNESIS Y GEOLOGÍA.**

La sepiolita ha sido citada como un mineral asociado a cenizas volcánicas en el océano Pacífico, a dorsales activas y zonas de fracturas en el Atlántico. No obstante, el origen autógeno en medio marino profundo, o mar abierto, y el diagenético son pocos frecuentes.

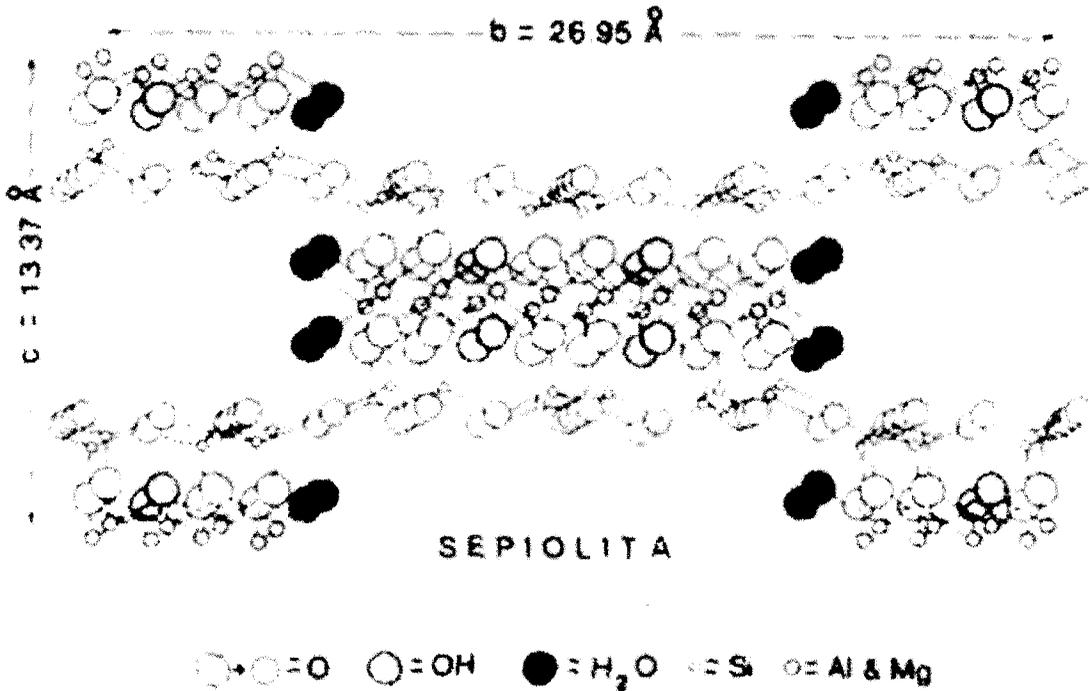


FIGURA 1. ESTRUCTURA DE LA SEPIOLITA.

Parece ser que son más abundantes en los continentes. Donde pueden ser producto de alteración de rocas ígneas básicas o ultrabásicas, de origen edáfico especialmente en calcretas o formados en medios lacustres por neoformación, o transformación de otras fases.

La hidrólisis es el mecanismo de alteración de los minerales primarios, dependiendo la formación de arcillas a dos factores:

- Al drenaje natural, donde se eliminan los constituyentes liberados a un ritmo variable ( $Mg^{++}$ ,  $Ca^{++}$ ,  $K^+$ ,  $Na^+$ ).
- A la solubilidad de los constituyentes, quienes afectan directamente al pH.

En terrenos drenados (pH., ácido), la absorción de Sílice por la Alúmina es pequeña, formándose arcillas pobres en Sílice (caolinita).

En medios más ricos en bases y sílice, es decir en terrenos semiconfinados o mal drenados, la sílice absorbida es mayor, formándose arcillas ricas en sílice (montmorillonita).

En los climas áridos la alteración es muy lenta, donde las bases subsisten y por lo tanto el medio se alcaliniza ( $Mg^{++}$ ), produciéndose una neoformación de Palygorskita – Sepiolita.

Los precipitados a partir de sílice y magnesio, aportados al medio de diversas maneras se llevan a cabo con un pH. ~ 8.5.

La asociación más frecuente de este mineral son las esmectitas, pero pueden aparecer serpentina, zeolitas, caolinita, carbonatos, sulfatos, haluros y con sílice (chert). Las litologías más frecuentes que aparecen son con calizas, margas, fosfatos, sales y arcosas. De acuerdo con Callen (1984). La mayor abundancia de estos minerales se sitúa al final del Cretáceo y en el Terciario, la ausencia casi absoluta de la arcilla en sedimentos más antiguos, hace pensar en la inestabilidad geológica anterior.

### **1.3. PROPIEDADES**

Las propiedades de la sepiolita sean estas sorcitivas o reológicas, se basan o están directamente relacionados con las siguientes características:

- Centros activos: a) los oxígenos de la capa Tetraédrica, b) las moléculas de agua, coordinadas a los iones magnesio en los bordes de la estructura ( $2 \text{ H}_2\text{O} / \text{Mg}^{2+}$ ) y, c) los grupos silanoles (Si – OH) originados por la rotura de enlaces Si – O – Si en la superficie de la capa tetraédrica. Centros que pueden interactuar con las moléculas absorbidas.

- La morfología acicular de las partículas, hace efectiva la absorción de fluidos orgánicos e inorgánicos.
- Los canales internos recorren toda la estructura. Estos canales abren su superficie, creando poros de diferentes dimensiones, por esta razón la sepiolita tiene una superficie específica (320 m<sup>2</sup> / g).
- La sepiolita tiene baja carga residual, producto de los defectos en los cristales y de la estructura discontinua en los ejes. Esto reduce la capacidad de cambio de cationes, produciendo una baja interacción con los electrolitos del medio en que se encuentre sumergido.
- La estructura de la sepiolita es rígida, debido a sus enlaces covalentes, esto previene el hinchamiento ante la presencia de agua o de otro solvente.

Las principales propiedades de la sepiolita se resumen en la tabla 1.

## TABLA I

### SEPIOLITA – PROPIEDADES

LONGITUD	0,2 – 2,0	$\mu\text{m}$
ANCHURA	100 -300	$\text{A}^0$
ESPESOR	50 – 100	$\text{A}^0$
SECCIÓN DE LOS CANALES	3,6 X 10,6	$\text{A}^0$
SUPERFICIE ESPECÍFICA TOTAL	900	$\text{m}^2 / \text{g}$
SUPERFICIE ESPECÍFICA EFECTIVA	320	$\text{m}^2 / \text{g}$
PESO ESPECÍFICO	2,0 – 2,3	$\text{g} / \text{cm}^3$
PUNTO DE FUSIÓN	1.550	$^0\text{C}$
DUREZA	2,0 – 2,5	mosh
ÍNDICE DE REFRACCIÓN	1,50	
CAPACIDAD DE CAMBIO	10 - 15	meq / 100 g
VISCOSIDAD (6%, 5 R.P.M.)	30.000	cP

## 1.4. APLICACIONES.

### 1.4.1. PROPIEDADES REOLÓGICAS

Las partículas de sepiolita se dan en la naturaleza en forma de haces o agregados de partículas, y no se disgregan espontáneamente cuando se la dispersa en agua o en otros líquidos. Sin embargo, la sepiolita puede someterse a procesos de micronizado, que desaglomeran los haces permitiendo que se dispersen fácilmente.

- Pinturas : De base acuosa orgánica, confiriéndole consistencia durante su almacenamiento, facilidad para su extensión y protección a la degradación.
- Plastisoles : Mejora el manejo del plastisol, sea por inmersión, aerosol o recubrimiento.
- Recubrimiento asfáltico: Impide la sedimentación de sus componentes insolubles.
- Lodos de sondeos: Por sus propiedades de tixotropía y por no ser afectada con la presencia de electrolitos, es adecuada para perforar formaciones salinas.
- Fibrocementos : La sustitución de asbestos por otras fibras, plantea problemas de compatibilidad, las cuales son mejoradas con el uso adicional de sepiolita.

#### **1.4.2. PROPIEDADES SORCITIVAS**

- Granular absorbente: En aplicaciones domésticas o industriales, como litera de gatos, control de derrames y vertidos.

- Producto desodorante: Es capaz de adsorber moléculas responsables del mal olor como la putrescina, cadaverina, indol, butanal o amoníaco.
- Filtro de cigarrillos: El humo de tabaco consta de partículas con un diámetro de 0,1 a 1,0  $\mu\text{m}$ , suspendidas en una fase gaseosa, que son absorbidas, además de compuestos polares como los nitrilos y acetonas, y en menor grado las sustancias aromáticas.
- Soportes de catalizadores: Por su elevada superficie específica, resistencia mecánica y térmica, se utiliza como soporte de catalizadores metálicos en procesos de demetalización, hidrosulfuración e hidrocraqueo, producción de butadieno a partir de etanol y obtención de hidrocarburos a partir de metanol.
- Soporte de fitosanitarios: Puede diluirse en un activo, mejorando las propiedades de manejo del producto, y sin afectar la fluidez.
- Carga en caucho: Refuerza y mejora las propiedades mecánicas.

## **1.5. YACIMIENTOS**

La Sepiolita como mineral industrial cumple con las siguientes características (5):

- Poco tonelaje y gran calidad
- Mercados exigentes y limitados
- Especificaciones rígidas
- Necesidad de control de calidad
- Peligro de sustitución que por agotamiento de reservas

Los yacimientos encontrados de sepiolita en el mundo son en:

- China : En depósitos del Pérmico inferior, asociados con facies de carbón (hulla y antracita). En la paragénesis aparecen estevensita y talco.
- Turquía : Se explota una variedad sódica de la sepiolita. Se usa para absorbentes, suspensiones coloidales, lodos de sondeos y fabricación de pipas.
- USA : Entre Nevada y California se explota pequeñas cantidades de sepiolita.

- España : Es el mayor productor y con importantes yacimientos de arcillas especiales en general.

## **1.6. PRODUCCIÓN DE ARCILLAS ESPECIALES EN ESPAÑA**

La Sepiolita junto a la Bentonita y la Attapulgita, dentro del grupo de los minerales industriales y químicos conforman el subgrupo de las arcillas especiales (Figura 2). No se ha realizado una evaluación total de estos recursos en España, pero se estiman las reservas en el caso de la sepiolita en 20 MT, de los cuales 16 MT se localizan en la provincia de Madrid (Figura 3).

En la Tabla 2 y Gráfico 1 se especifica la producción de los tres minerales en España.

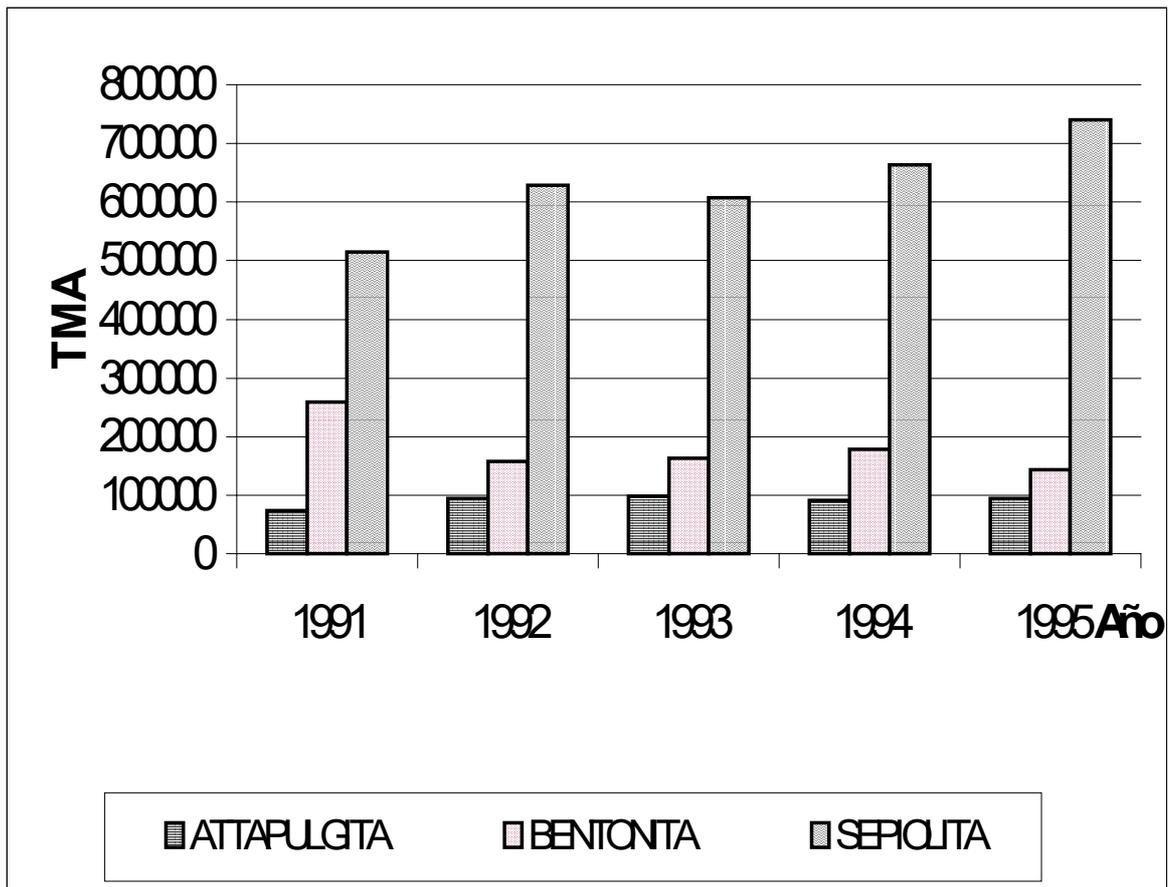
## TABLA II

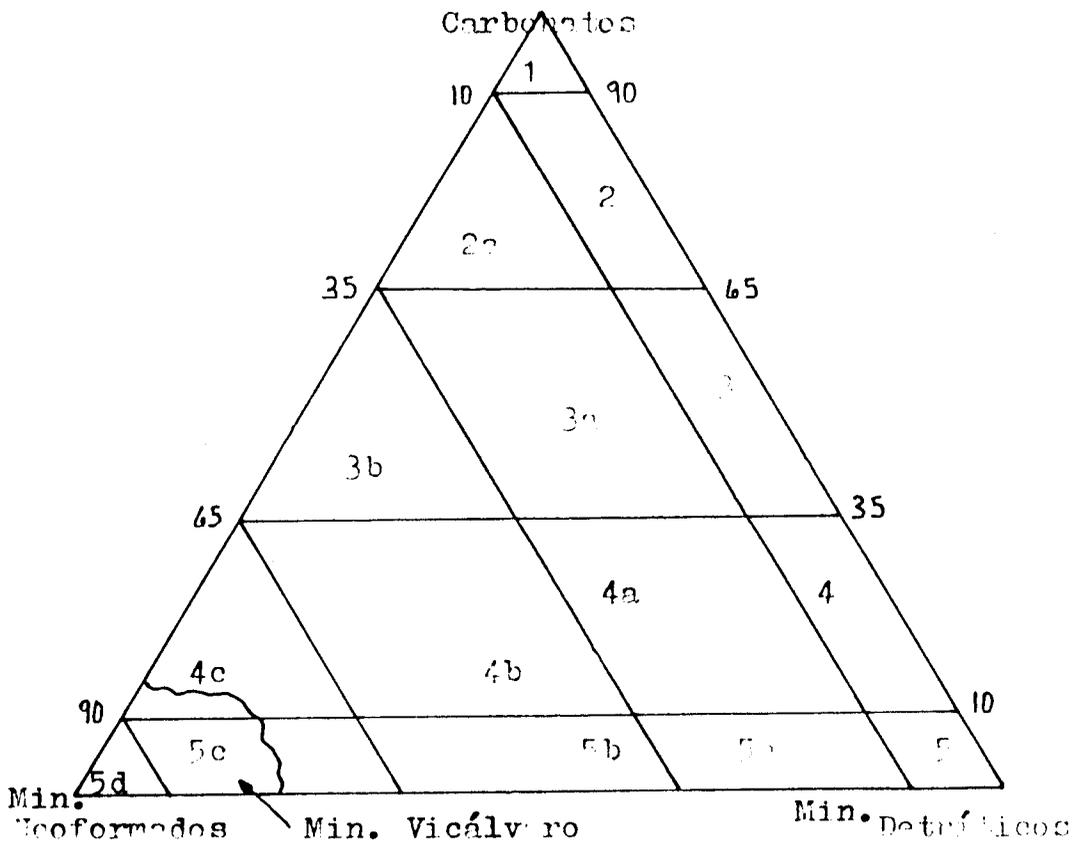
### PRODUCCIÓN MINERA DE ARCILLAS ESPECIALES EN ESPAÑA (1991 – 1995)

	1991	1992	1993	1994	1995
CÁDIZ	47655	78023	81643	57741	60000
SEVILLA	22895	6952	6936	22909	23000
SEGOVIA	1362	7219	7337	9265	9629
CÁCERES	2433	2352	2420	1209	1200
ATTAPULGITA	74345	94546	98336	91124	93829
ALMERÍA	229687	129197	120354	114200	82344
TOLEDO	28864	28104	42051	34433	40000
MADRID	-	-	-	30600	21450
ENTONITA	258551	157301	162405	179233	143794
MADRID	424692	532009	520736	566678	646450
ZARAGOZA	76331	79452	81645	74019	72169
JADALAJARA	-	-	-	12500	12500
TOLEDO	13926	17342	5477	10086	10000
SEPIOLITA	514949	628803	607858	663283	741119

Fuente: Estadísticas Minera de España. ( 3 )

**GRÁFICO 1: COMPARACIÓN DE PRODUCCIÓN DE ARCILLAS ESPECIALES EN ESPAÑA.**





- |     |                                                                                                                            |     |                                                                                           |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.  | Caliza o dolomía                                                                                                           | 4 c | Sepiolita margo – calcárea<br>Paligorskita margo – calcárea<br>Bentonita margo – calcárea |
| 2.  | Caliza margosa<br>Caliza margosa algo sepiolítica<br>Caliza margosa algo paligorskítica<br>Caliza margosa algo bentonítica | 5   | Lutita                                                                                    |
| 3.  | Marga                                                                                                                      | 5 a | Lutita algo sepiolítica<br>Lutita algo paligorskítica<br>Lutita algo bentonítica          |
| 3 a | Marga algo sepiolítica<br>Marga algo paligorskítica<br>Marga algo bentonítica                                              | 5 b | Lutita sepiolítica<br>Lutita paligoerskítica<br>Lutita bentonítica                        |
| 3 b | Marga sepiolítica<br>Marga paligorskítica<br>Marga bentonítica                                                             | 5 c | Sepiolita lutítica<br>Paligorskita lutítica<br>Bentonita lutítica                         |
| 4.  | Marga Calcárea                                                                                                             | 5 d | <b>Sepiolita</b><br><b>Bentonita</b><br><b>Paligorskita</b>                               |
| 4 a | Marga Calcárea algo sepiolítica<br>Marga calcárea algo paligorskítica<br>Marga calcárea algo bentonítica                   |     |                                                                                           |
| 4 b | Marga calcárea sepiolítica<br>Marga calcárea paligorskítica<br>Marga calcárea bentonítica                                  |     |                                                                                           |

FIGURA 2. Clasificación Petrográfica de las Arcillas Especiales (2).

## **CAPITULO II**

### **DESCRIPCIÓN DEL YACIMIENTO**

#### **2.1. UBICACIÓN Y ACCESO.**

La explotación de sepiolita en Vicálvaro, discurre a lo largo de la vía M-40, desde el Km 10 al Km 13, en la zona Noreste de Madrid, entre las localidades de Vicálvaro, Coslada, el barrio de San Blas y el aeropuerto de Barajas.

El yacimiento comprende un área aproximada de 7 Km<sup>2</sup>, bordeada por importantes vías como la M-40 (Cinturón externo de Madrid), C-602 (Circunvalación a Madrid), N-II (Madrid-Barcelona), y la vía Vicálvaro – Coslada que da acceso a la zona, se cuenta además con la proximidad del servicio de cercanías, de la red de ferrocarriles, con las estaciones Santa Eugenia, Vicálvaro y Coslada.

#### **2.2. FISIOGRAFÍA.**

El relieve de la zona es poco movido, se desarrolla entre los 700 y 620 m. Los vértices topográficos más relevantes y cercanos al yacimiento,

se apuntan en la tabla 3, correspondiente a la Hoja topográfica N<sup>o</sup> 19 - 22, "Madrid", escala 1:50.000.

### **TABLA III**

#### **VÉRTICES**

NOMBRE	X	Y	Z (msnm)
ALMODÓVAR	449.339	4.471.006	726
COSLADA	451.970	4.475.464	621
VALLECAS	447.426	4.470.380	628
VICÁLVARO	448.762	4.472.698	675

### **2.3. CLIMA**

La zona se caracteriza por un clima que oscila entre continental cálido, y templado cálido que queda definidos por los valores de la tabla 4.

### **2.4. DATOS HISTÓRICOS**

La explotación y uso de las arcillas de la cuenca de Madrid, se remontan a finales del siglo XVI, utilizados para la fabricación de pipas o para fabricar tabiques de casas de campo, que eran ligeros y aislantes. Entre 1735 y 1808 se popularizo la famosa pasta de "porcelana" del Buen Retiro.

## TABLA IV

### VARIACIONES CLIMÁTICAS ( 1997 )

	Max. °C	Min. °C		
ENERO	13	-3	Invierno	21 Diciembre - 21 Marzo
FEBRERO	14	-4	Primavera	21 Marzo - 21 Junio
MARZO	21	2	Verano	21 Junio - 21 Septiembre
ABRIL	24	5	Otoño	21 Septiembre - 21 Diciembre
MAYO	31	9		
JUNIO	34	10	Temperatura Media Anual	14,75 °C
JULIO	33	14	Precipitación anual	550 mm
AGOSTO	38	12	Duración del periodo seco	5 meses
SEPTIEMBRE	29	10	Precipitación de invierno	200 mm
OCTUBRE	22	8	Precipitación de primavera	150 mm
NOVIEMBRE	18	2	Precipitación de otoño	170 mm
DICIEMBRE	14	-2		

Fuente : Mapa Edafológico de Madrid.

## **2.5. MARCO GEOLÓGICO**

### **2.5.1. GEOLOGÍA GENERAL: LA DEPRESIÓN DEL TAJO.**

La cuenca del Tajo es una depresión terciaria localizada en la parte central de la península Ibérica, limitada por tres cordilleras: La Cordillera Ibérica, el Sistema Central y los Montes de Toledo. En el centro de la cuenca se encuentra la subcuenca de Madrid, donde aparecen importantes yacimientos.

La cuenca del Tajo tiene una estructura muy compleja. Al N es una fosa tectónica que alcanza los 3000 metros de desnivel entre el fondo de esta y los bloques limítrofes del Sistema Central. Por el S el zócalo asciende paulatinamente hacia la Mancha, donde aflora la cobertera mesozoica y finalmente el zócalo.

### **2.5.2. GEOLOGÍA REGIONAL: LA CUENCA DE MADRID.**

La Cuenca de Madrid es una amplia depresión, de forma triangular y de origen tectónico, que ocupa una superficie

aproximada a los 10.000 Km<sup>2</sup>, rellena de materiales que van desde la base del Paleógeno hasta el Terciario Superior.

Se encuentra limitada al Norte y al Oeste por la Sistema Central, al Sur por los Montes de Toledo y al Este por la Cordillera Ibérica la Sierra de Altomira.

Su formación comenzaría en el Paleógeno Temprano debido a la orogenia Alpina, que produciría un levantamiento del macizo Cristalino (sistema Central y Montes de Toledo) en el Norte y Sur de la Cuenca y el plegamiento de los depósitos de la serie Mesozoica (fundamentalmente carbonatados).

Durante el Paleógeno tardío y comienzos del Mioceno, los depósitos paleógenos sufrirían una fuerte deformación, momento en el que se situaría la fase de plegamiento correspondiente a la Sierra de Altomira, que aísla a la cuenca de Madrid de la Depresión Intermedia.

De esta forma se configura una Cuenca intramontañosa, que se va rellenando de depósitos con una tasa de sedimentación moderadamente alta y de carácter fundamentalmente lacustre

que pasaría lateralmente a terrígenos hacia los márgenes de la Cuenca.

### **2.5.3. ESTRATIGRAFÍA**

La litoestratigrafía Miocena de la cuenca comprende la sucesión de tres unidades, separadas entre sí por disconformidades regionales del tipo superficies de Paleokarst (en sales y carbonatos) y superficies relacionadas con la progradación de los complejos terrígenos marginales.

Unidad Inferior, También llamada Unidad Salina, formada fundamentalmente por depósitos evaporíticos (yeso y anhidrita), sales solubles (halita, glauberita y thenardita) y esporádicamente niveles de magnesita y dolomita, que se intercalan con niveles arcillosos. En la composición de las arcillas, predomina la illita - esmectita, caolinita, cuarzo y feldespatos.

Las secuencias evaporíticas pasan lateralmente a materiales arcillosos de aspecto masivo y tonos rojizos, con intercalaciones de arenas donde abundan los minerales micáceos. La

geometría de la distribución de facies indica el funcionamiento de una cuenca de tipo endorreico

La interpretación de los depósitos evaporíticos ha sido objeto de controversia entre un modelo de deposición en lago evaporítico somero (“playa lake”) y un modelo alternativo de depósito de evaporitas en lago permanente.

La potencia de esta unidad se estima entre 500 a 600 m., y cronológicamente se la sitúa entre el Oligoceno y el Mioceno Inferior.

Unidad Intermedia, se caracteriza por la presencia de materiales diversos asociados a ambientes fluviales, lacustres, y zonas de transición. En los ambientes fluviales predominan arcosas, litarenitas y ocasionalmente yeso, mientras en los ambientes lacustres están principalmente carbonatos calco – dolomíticos.

En la zona de transición aparecen arenas limosas de tonos marrones y arenas biotíticas de colores verdosos, con intercalaciones de niveles arcillosos. Asociado a los niveles arcillosos aparecen los depósitos de bentonita y sepiolita, las

bentonitas con colores marrones y verdosas y las sepiolitas con tonos blanco – grisáceos. La composición de las arcillas es de esmectitas acompañadas de sepiolita, Palygorskita, illita, caolinita e indicios de clorita. En la zona inferior de esta unidad, aparecen unas arcillas de color rosas, intercaladas entre esmectitas aluminicas y otras magnésicas.

El tramo inferior de esta unidad intermedia esta constituido por yesos detríticos y encostramientos calco – dolomíticos, continuando por una sucesión monótona de lutitas y carbonatos. En el tramo medio de la unidad en el Suroeste de la cuenca, se sitúan los depósitos de bentonitas, y en el tramo superior los niveles de sepiolita. La potencia media de esta unidad es de 60 a 80 m., y esta datada como Mioceno Medio.

Unidad Superior, en la composición de esta unidad predominan materiales detríticos, que alcanzan su mejor desarrollo al Norte y Noreste de la cuenca. Su potencia no es bien conocida, dada su similitud con las unidades inferiores.

En conjunto, el espesor de los materiales detríticos, superan los 1000 m., determinadas por una unidad inferior plegada de carácter litarenítico, y por otra superior subhorizontal de

carácter arcósico. Estos materiales están datados como Mioceno medio – superior.

Al Este de Madrid, en la zona del río Jarama, se sitúa una transición de arcillas verdes a niveles arcósicos, diferenciándose dos conjuntos, uno inferior, constituido por dos unidades, una de arcillas verdes y carbonatos, y una unidad de arcillas pardas, arcosas y carbonatos; y un conjunto superior constituido por arcosas gruesas. Los conjuntos se encuentran limitados por una discontinuidad erosiva.

Asociadas a las arcillas pardas y arcosas del conjunto inferior aparecen intercalados generalmente dos niveles de sepiolita con una potencia media superior al metro, a lo largo de más de 50 Km. desde el NE de Madrid hasta la Zona de la Sagra (Toledo).

#### **2.5.4. GEOLOGÍA DEL YACIMIENTO**

De las tres grandes unidades a escala regional que conforman la denominada Cuenca de Madrid, y en la que se sitúa este yacimiento, es la Unidad Intermedia, donde se localiza la sepiolita.

La citada Unidad Intermedia es muy completa en cuanto a su litología y presenta un predominio de esmectitas con sepiolita, Palygorskita, illita y caolinita, que son alumínicas en los niveles más detríticos correspondientes a abanicos fluviales, y magnésicas (tipo saponita) en las zonas palustres

La edad de la unidad se situará en el Mioceno medio, entre dos pulsaciones tectónicas de carácter compresivo, con etapas de estabilidad donde se desarrollan paleosuperficies con suelos de evolución variables (Portero y Aznar, 1984).

De la relación de resultados procedentes de la testificación de los sondeos y de ensayos tecnológicos (ITGE y TOLSA) se desprenden algunas conclusiones:

- Todos los sondeos efectuados cortan capas mineralizadas de potencias variables, por lo cual se puede considerar un yacimiento bastante homogéneo, tanto desde el punto de vista mineralógico como geométrico.
- Es un yacimiento superficial, con recubrimientos de materiales blandos, no mayores a 50 m.

- Es un yacimiento simple, con una definida estructura homogénea, donde se identifican los siguientes materiales:
- Materiales de interés: Esmectita bentonítica o sepiolítica, Esmectita sepiolítica y bentonítica, Bentonita o Sepiolita, Bentonita y sepiolita (Byssa).
- Materiales estériles: Esmectitas, Arcilla verdes, marrón y negra, Margas y Carbonatos, Sílex, Arenas.

#### **2.5.5. GEOLOGÍA ECONÓMICA.**

La actividad minera en la zona de Madrid esta centrada en la extracción de rocas y minerales industriales, existiendo alrededor de una docena de explotaciones, de sepiolita, arenas, arcillas para cemento y cerámicas, áridos y yesos.

El peso de la actividad minera lo lleva la explotación de sepiolita, tanto por su volumen como por su valor de producción. La explotación es a cielo abierto en la zona de Vicálvaro - Coslada, transportándose luego el mineral a una planta de tratamiento situada en la base sur del cerro de Almodóvar.

FIGURA 3. COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DEL YACIMIENTO  
EN VICÁLVARO.

## **2.6. TRATAMIENTO EN PLANTA.**

La planta de TOLSA S.A., se ubica en el kilómetro 1.5 de la carretera Vallecas - Mejorada del Campo, en las faldas del cerro de Almodóvar.

El complejo industrial procesa regularmente 1 500 T / día - turno, teniendo capacidad de procesar 2 000 T / día - turno. El complejo alberga una importante infraestructura, destacándose una planta de cogeneración, donde una turbina de propulsión estacionaria consume 3 500 m<sup>3</sup> / hora de gas natural para generar 14 Mw. , utilizándose además el calor generado para los secaderos, y la energía excedente (9.9 Mw.) se transporta a la red domiciliaria.

El proceso gira alrededor de los circuitos de molienda, secado, clasificado y envasado del producto, los mismos que trabajan de manera discontinua, debido a la incidencia directa del programa de ventas.

La molienda cumple con tres funciones: triturar, homogeneizar y distribuir la humedad, funciones llevadas a cabo en tres fases y con los equipos siguientes:

1. Desmenuzador : Máquina especialmente diseñada para reducir el tamaño de los terrones procedentes del yacimiento. Consisten en tres ejes provistos de cuchillas, dos de ellos acoplados y girando a distinta velocidad, y un tercero superior que cumple la función de partir los terrones que hagan puente.
2. Desintegrador : Máquina diseñada para el desmenuzamiento intenso de arcillas. Consiste básicamente en un cilindro liso de material duro antidesgaste y mayor diámetro, girando a velocidad lenta y otro de menor diámetro girando a mayor velocidad y que lleva insertadas unas cuchillas salientes y resistentes al desgaste.
3. Laminador : Es una máquina de precisión, compuesta por dos cilindros y con la capacidad de reducir la fracción de arcilla por debajo de 6 mm.

## TABLA V

### GENERALIDADES DE LOS EQUIPOS DE PLANTA

<b>DESMENUZADOR</b>		
DIMENSIÓN DE LA BOCA DE ENTRADA	1 120 X 1 160	mm
NÚMERO DE EJES	3	
POTENCIA	40	Kw.
PRODUCCIÓN	60	m <sup>3</sup> / h
DIÁMETRO	340	mm
LARGO	1 200	mm
PESO	4 700	Kg
REDUCCIÓN	< 120	mm
<b>DESINTEGRADOR</b>		
BOCA DE ALIMENTACIÓN	920 X 595	mm
Ø CILINDRO RÁPIDO (1 500 R.P.M.)	510	mm
Ø CILINDRO LENTO ( 1 000 R.P.M.)	800	mm
ANCHO DE CILINDROS	600	mm
PRODUCCIÓN	40	m <sup>3</sup> / h
POTENCIA	25	Kw.
PESO	3 150	Kg
REDUCCIÓN	< 40.0	mm
<b>LAMINADOR</b>		
CILINDROS (Ø X LONGITUD)	800 X 800	mm
TENSIÓN DE CIERRE	36	Kg/mm
POTENCIA	30 Y 40	Kw.
PRODUCCIÓN	25	m <sup>3</sup> / h
REDUCCIÓN	< 6.0	mm
<b>SECADERO</b>		
DIÁMETRO	4.5	m
LARGO	34	m
TEMPERATURA		
ENTRADA	550 – 400	o C
TRAMO	300 – 200	o C
SALIDA ( CHIMENEA)	100 - 90	o C
TIEMPO DE PERMANENCIA	≈ 20	Mi.
PERÍODO	25	S
INCLINACIÓN	5	o

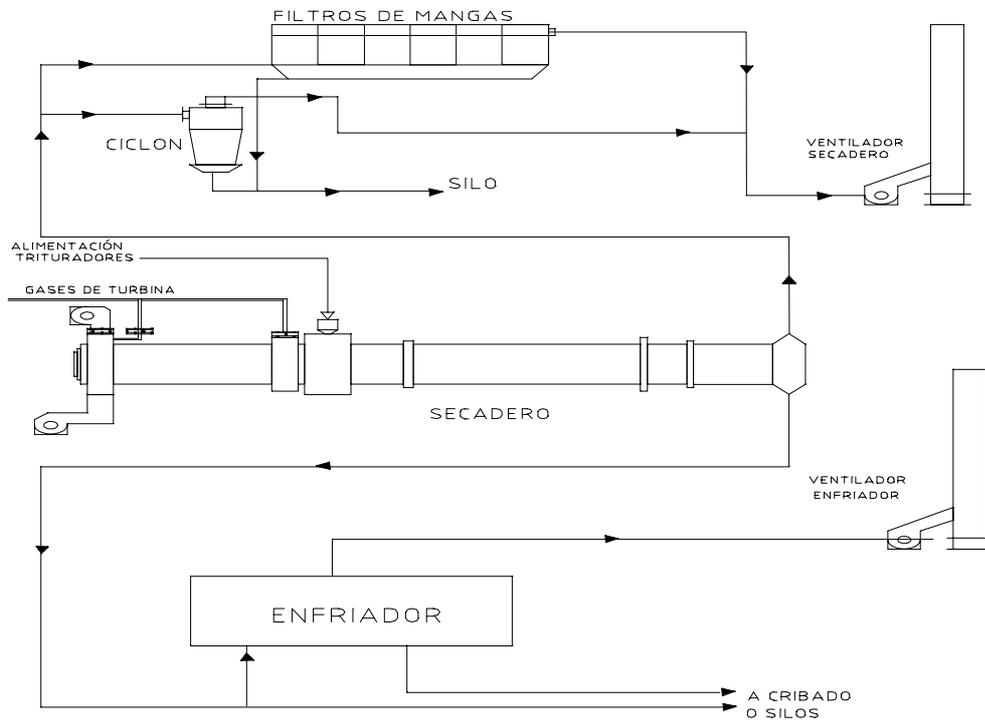
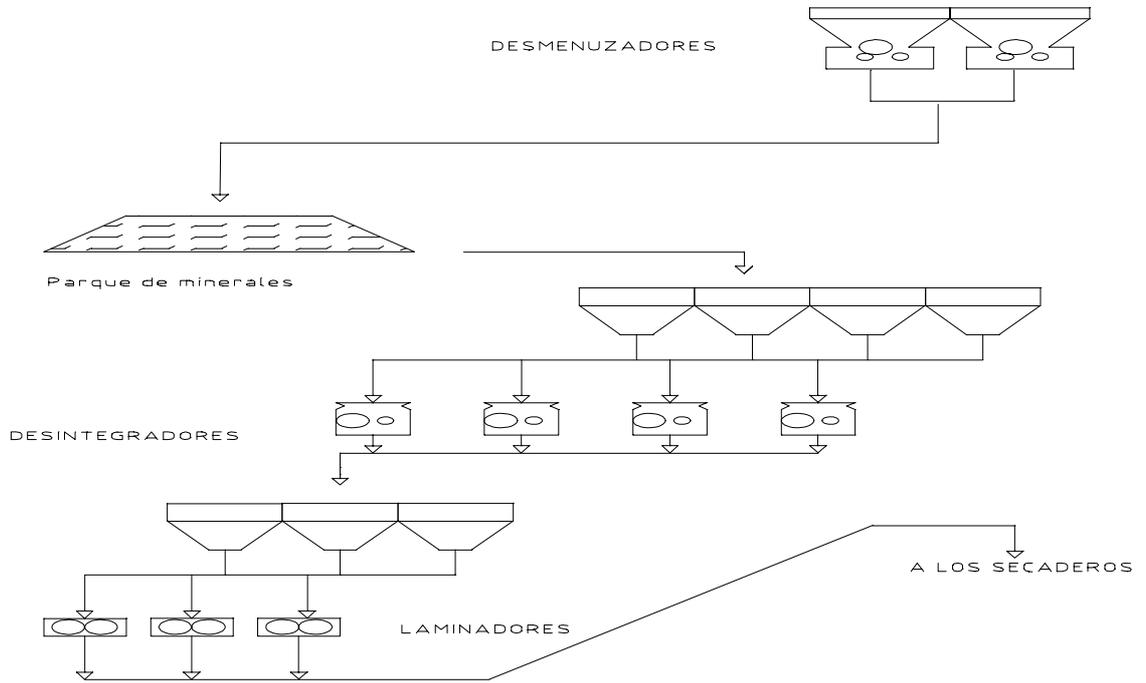


DIAGRAMA DE MOLIENDA Y SECADO

## **2.7. PRODUCCIÓN DE PLANTA**

El tonelaje explotado en mina, sufre una reducción debido a factores como la humedad y la producción de finos. El primero se lo controla con el oreo y el secado en planta, pero reduce el peso inicial estimado. El segundo no se puede controlar, aunque se ha tratado de extrucionarlo para llevarlo a tamaños comerciables, pero el proceso no es eficiente, al fin muchas toneladas de sepiolita es llevada a los vertederos.

### **2.7.1. HUMEDAD.**

La humedad contenida en la sepiolita (35 %) es tratada en dos fases. La primera se realiza en los terrenos de la mina, luego del arranque del mineral, se transporta al molino de desmenuzado donde una cinta transportadora la distribuye en montículos mas o menos uniformes, para más tarde y aprovechando los días calurosos de verano, una cargadora frontal remueve las parvas durante por 5 a 6 días, logrando reducir el contenido en humedad a un 22.6 % (16 % menos del agua inicial).

Con ese contenido puede ser molida con mayor facilidad en fábrica, donde dos secaderos rotatorios tipo tromel, reducen finalmente el contenido de humedad a un 6 %. Es decir que un 31 % de su peso inicial en mina fue evaporado. Este valor se toma en cuenta para la estimación de producción. En el gráfico 2 se observa, la distribución de agua en el mineral.

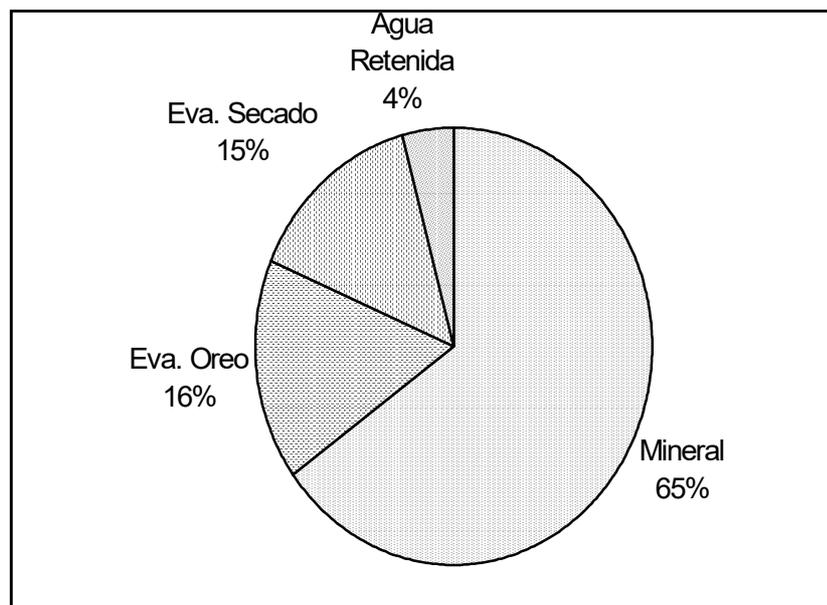


GRAFICO 2: DISTRIBUCIÓN DE HUMEDAD

### **2.7.2. FINOS.**

El clasificado es esencial para la determinación del producto comercial, sea para su venta directa, o para la elaboración de otros productos (Tabla 6). Luego del secado, la sepiolita presenta una granulometría característica (Gráfico 3), claro que esta puede variar según la pureza que le da más cohesión o del manejo acumulado. El dato aportado por la curva granulométrica puede anticipar la cantidad de finos a producir, y determinar la cantidad de productos más comerciales, como son los productos absorbentes.

Las granulometrías más comerciáveis están entre 3/8 y 100 mallas, las pasantes a este rango reducen sus propiedades absorbentes, siendo utilizadas solo en alimentación animal y para la fabricación de productos micronizado (con adición de otra tecnología). Pero estos solo son una parte del total de "finos", un alto porcentaje van a los vertederos.

En el gráfico 4, se aprecia el porcentaje de finos producidos en el tratamiento del mineral

### **2.7.3. PRODUCTOS**

La producción llega a los 300 000 Tm. / año (1 000 Tm. / día – turno), de este total corresponde el 70 % a los productos de limpieza, un 20 % a los productos para alimentación animal y un 10 % a los aditivos y especiales.

La granulometría para el clasificado, empieza con el pasante a la malla 3/8 A.S.T.M. (9.50 mm) con los productos para catalizadores y además permitir un mayor rango de gruesos, que son los productos de mayor venta.

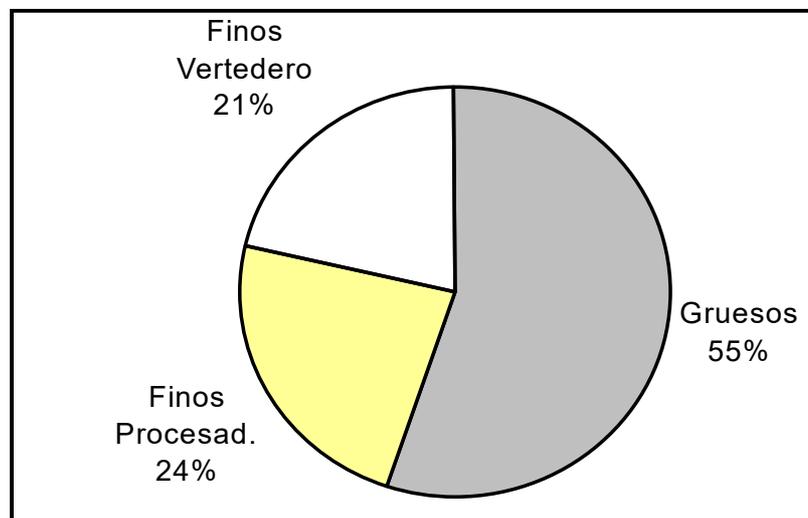
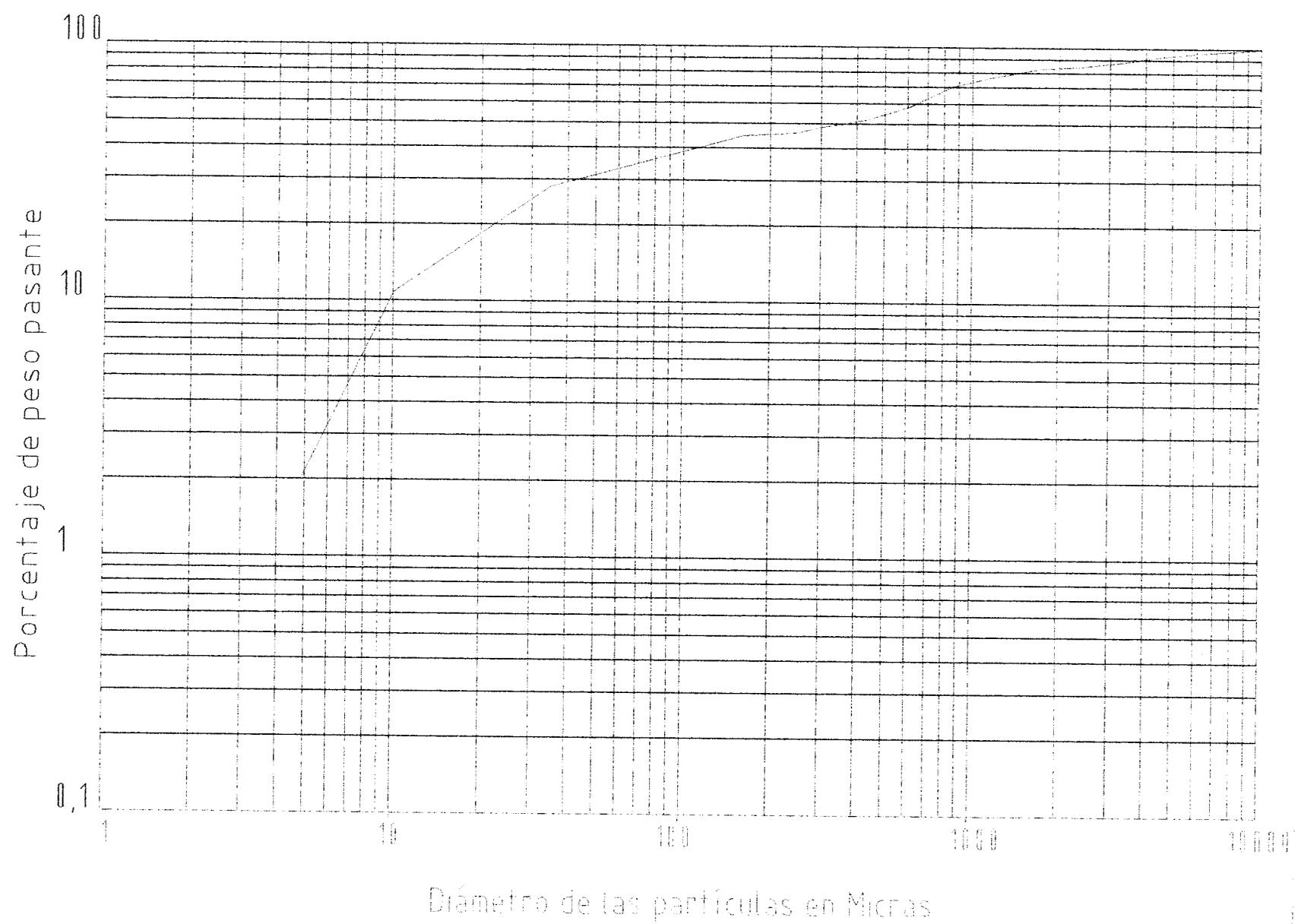


GRÁFICO 3. PORCENTAJES FINOS - GRUESOS

GRÁFICO 4 . CURVA GRANULOMÉTRICA.



**TABLA VI****PRODUCTOS SEGÚN SU GRANULOMETRÍA**

<b>PRODUCTOS</b>		<b>APLICACIONES</b>
A.S.T.M.	$\mu\text{m}$	
4 / 7	4.75 – 3.00 mm	SOPORTE DE CATALIZADORES FILTROS DE HUMOS
6 / 30	3.35 – 600 $\mu\text{m}$	LITERAS DE GATO ABSORBENTE DE PISOS ESTABILIZADOR RESIDUOS
6 / 15	3.35 – 1.18 mm	PRECIPITADOR CARGA EN PESTICIDAS
15 / 30	1.18 – 600 $\mu\text{m}$	ABSORBENTE DE ACEITES REGENERACIÓN DE ACEITES
30/ 60	600 – 250 $\mu\text{m}$	FILTRO DE CIGARRILLOS SOPORTE DE INSECTICIDAS
60 / 120	250 – 125 $\mu\text{m}$	AGLOMERANTE ALIMENTICIO FILTROS DE ACEITE
60 / 100		TIERRAS ABSORBENTES AGLOMERANTE ALIMENTICIO
< 120	< 125 $\mu\text{m}$	DECOLORANTE
< 100	< 150 $\mu\text{m}$	ALIMENTACIÓN ANIMAL
< 200 Y < 400	< 38 $\mu\text{m}$	LODOS DE SONDEOS FILTROS DE ACEITES TIERRAS DECOLORANTES PRODUCTOS ESPECIALES

**TABLA VII****ESCALA ATTERBERG**

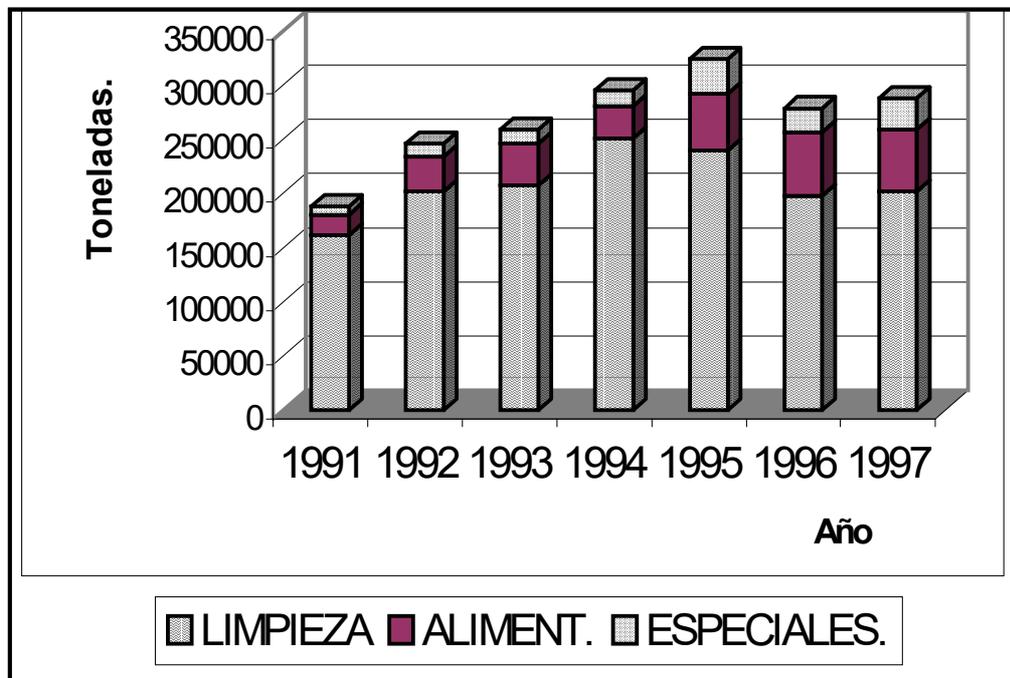
2 - 0.63 mm	ARENA GRUESA
0.63 - 0.2 mm	ARENA MEDIA
0.2 - 0.063 mm	ARENA FINA
0.063 - 0.02 mm	LIMO GRUESO
0.02 – 0.0063 mm	LIMO MEDIO
0.0063 - 0.002 mm	LIMO FINO
< 0.002 mm	ARCILLA

**TABLA VIII**

**PRODUCCIÓN TOLSA ( 1991 -1997)**

AÑO	TOTAL (TM.)	PRODUCTOS		
		LIMPIEZA (TM.)	ALIMENTAC. (TM.)	ESPECIALES. (TM.)
1991	188118.7	161782.1	18811.9	7524.7
1992	246239.9	201916.7	32011.2	12312.0
1993	259064.0	207251.2	38859.6	12953.2
1994	295506.4	251180.4	29550.6	14775.3
1995	324292.8	239976.7	51886.9	32429.3
1996	278775.5	197930.6	58542.9	22302.0
1997	288219.9	201753.9	57644.0	28822.0

**GRAFICO 5: DISTRIBUCIÓN DE PRODUCTOS**



## CAPITULO III

### EXPLOTACIÓN

El método de explotación utilizado es el de transferencias o descubiertas, método sistemático que consiste en ir retirando la cubierta estéril y a la vez que se rellena con este material el hueco de excavaciones anteriores. Las características del yacimiento que permiten desarrollar la minería por transferencias son:

Forma : Estratificado y poco potente.

Relieve original: Horizontal (Topografía poco movida)

Profundidad :Superficial (Recubrimientos menores a los 35 metros)

Inclinación : Horizontal (buzamientos menores a  $5^{\circ}$ )

Complejidad : Simple (Solo dos niveles, estéril y mineral)

Distribución : Uniforme

Tipos de rocas: Recubrimiento y mineral son blandos de origen sedimentario (6 - 20 MN/m<sup>2</sup>).

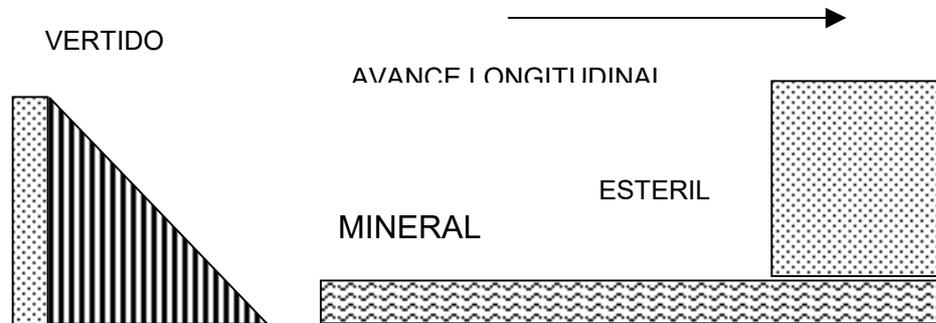
### **3.1. DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN**

Se selecciona la superficie perteneciente a un determinado sondeo de malla 200 x 200, se divide en cuatro sectores llamados cuarteles de 100 x 100, asignándose un número determinado de cuarteles a un grupo de trabajo, dependiendo de la planificación anual.

El arranque, carga y transporte son concesionados, debido a la diversidad de funciones que debe realizar la maquinaria minera:

1. Desmonte de estériles y vertido.
2. Arranque y carga de mineral
3. Trituración (desmenuzador)
4. Oreo y homogeneización
5. Transporte a fábrica

Todo este movimiento es realizado con equipos convencionales tales como excavadora, retroexcavadora, volquetes, camiones y cargadoras frontales.



**GRÁFICO 6. ESQUEMA DEL BANCO DE EXPLOTACIÓN**

### **3.2. MAQUINARIA MINERA**

Aunque el empleo de maquinaria convencional difiera de las clásicas como dragalinas o rotopalas, son necesarias por la discontinuidad del minado.

Como norma habitual en el dimensionamiento de los equipos, se establece que debe haber una excavadora por cada tipo de material, cuatro volquetes por cada excavadora en una relación de 10 toneladas de carguío por cada metro cúbico de la cuba (4), y utilización de retroexcavadora para la limpieza del techo y muro. Las características de los equipos convencionales son:

- Fácil contratación
- Control en el arranque estéril - mineral
- Flexibilidad ante los imprevistos
- Disponibilidad mecánica y
- Rango de distancias económicas muy elevadas

Uno de los equipos usados en uno de los bloques en explotación, es la excavadora de carriles Caterpillar Modelo 375, 319 Kw. , con capacidad de 2.2 m<sup>3</sup> y el Camión articulado Caterpillar Modelo D400E, 287 Kw., con capacidad de 16 m<sup>3</sup> al ras. El tiempo estimado en completar un ciclo de carga y vertido en un tramo de 2 a 2.5 Km es de 6 a 7 minutos, lo que aproxima a 8 viajes / hora por Unidad de transporte.

Producción de Unidad = 1024 m<sup>3</sup> /turno

Producción de Grupo = 4000 m<sup>3</sup> /turno

### **3.3. LABORES DE INVESTIGACIÓN**

El departamento de geología realiza labores de investigación con dos objetivos: Conocimiento general del yacimiento y planificación minera.

La malla de perforación para los sondeos es de 200 x 200 metros, la que sirve para planificar la explotación a largo plazo, luego de retirar la cubierta estéril se realiza un análisis de la calidad y cantidad real de sepiolita con una malla de 50 x 50 metros, esto permite valorar el material que va a fábrica.

En fábrica, se realizan ensayos de carácter físicos al stock mineral y al lote de producción.

#### **3.3.1. CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES**

Los laboratorios de TOLSA realizan ensayos de caracterización a los materiales de mina y de fábrica (Tabla VIII), para cumplir con las normas internas y de control de calidad.

**TABLA VIII**

**ESQUEMA METODOLÓGICO GENERAL**

<b>SONDEO</b>	<b>Banco</b>	<b>Parva</b>	<b>Lote</b>
TRABAJO DE CAMPO			MUESTREO
			ETIQUETA
			DENSIDAD APARENTE
HOMOGENEIZADO POR LAMINACIÓN			
SECADO EN ESTUFA			
HOMOGENEIZADO POR MOLIENDA			
ENSAYOS TECNOLÓGICOS			DENSIDAD
			ABSORCIÓN DE AGUA
			ABSORCIÓN DE ACEITE
			RESISTENCIA MECÁNICA ( NORMAS TOLSA S.A.)
FRACCIÓN > 2 $\mu$ m			GRANULOMETRÍA
			ANÁLISIS MINERALÓGICO
			ANÁLISIS QUÍMICO
			ADSORCIÓN
FRACCIÓN < 2 $\mu$ m			ANÁLISIS MINERALÓGICO
			ANÁLISIS QUÍMICO
			ADSORCIÓN
			FÓRMULA ESTRUCTURAL

**3.3.2. CUBICACIÓN**

El método usado para cubicar el yacimiento, es de los Polígonos. Con los datos de sondeo, topografía y estratigrafía, se levantan las columnas Estratigráfica de cada sondeo. De

estas columnas se calcula la potencia de la capa de sepiolita y del recubrimiento estéril.

Los criterios para sopesar una zona de explotación son el Ratio < 15, y el % Sepiolita > 60.

### **3.3.3. PRODUCCIÓN MINERA**

En la Tabla IX, se observa la producción minera en Vicálvaro (1991 -1998).

**TABLA X**  
**PRODUCCIÓN MINERA EN VICÁLVARO**  
**(1991 - 1998)**

AÑO	ESTERIL (Tm)	MNERAL (Tm)	RATIO (Est. / Mner.)
1991	3367808.0	426304.8	7.9
1992	4309700.0	532061.7	8.1
1993	4150500.0	546118.4	7.6
1994	4500745.0	661874.3	6.8
1995	5122052.0	632352.1	8.1
1996	4485400.0	521558.1	8.6
1997	4168000.0	531632.7	7.8
1998*	3883103.0	562768.6	6.9
Media	4248414	551834	7.7
* 1998, por confirmar.			

## **CAPITULO IV**

### **PLANIFICACIÓN DE LA ZONA DE EXPLOTACIÓN**

#### **VICTORIA III**

##### **4.1. ANTECEDENTES**

En septiembre de 1998, la oficina de minas de TOLSA S.A., inició la planificación a largo plazo de la zona Victoria III, ubicado en el yacimiento de Vicálvaro que está siendo explotado desde 1963. Con la autorización del Dr. José Ramón Granda (director de minas) y bajo la supervisión del Ing. Antonio Hurtado, participé en la recopilación y determinación de datos para el mencionado proyecto.

El yacimiento de Vicálvaro esta conformado por los bloques Victoria I, Victoria II, Victoria III, Tolsadeco y Castellana.

La zona de explotación Victoria III, se ubica al oeste del yacimiento en Vicálvaro, junto a la autovía M-40, y colindante con los bloques Victoria I (explotada) y Tolsadeco (en explotación).

A la oficina de minas llegan los datos de caracterización mineralógica y química de los sondeos llevados a cabo en el bloque de explotación.

## **4.2. LABORES DE INVESTIGACIÓN**

El análisis de los materiales del sondeo, se los realiza a intervalos regulares debido a la similitud física entre la sepiolita y otras arcillas.

La mineralogía del material se realizó mediante la Difracción de rayos X (DRX), utilizando un difractómetro Philips Pw 1730.

Una de las variables consideradas es la relación molar, ( $R = \text{Si} / (\text{Mg} + \text{Al} - \text{K})$ ), para definir la tendencia cristaloquímica de los filosilicatos ( $R = 1.5$  "Sepiolita ",  $R > 1.5$  "dioctaédricas,  $R < 1.5$  "trioctaédricas").

La determinación química de los elementos mayores o trazas, se los realizó mediante procedimientos estandarizados de laboratorio.

En el anexo B, se presentan algunos de los resultados entregados al departamento, donde se especifica el sondeo, la cota inicial, la cota a la cual se tomó la muestra para el ensayo, el porcentaje en contenido de mineral y contenido químico. De estos datos podemos hacer las siguientes determinación :

- Los materiales tienen una distribución asimétrica encontrándose la sepiolita asociada a esmectitas posiblemente de tipo magnésicas

(Saponitas, Hectoritas, Montmorillonita), carbonatos y sílice, y tramos en que se presenta en forma masiva.

- La variabilidad de materiales detríticos se representa en las variaciones mineralógicas tanto en los elementos mayoritarios como los minoritarios.
- De los elementos químicos, el F alcanza concentraciones mayores al 1% en la red de sepiolita cuando esta presente mayoritariamente (> 80%), esto es debido a las sustituciones de grupos OH por F, que originan enlaces tipo Mg – F.

### 4.3. ANÁLISIS TÉCNICO - ECONÓMICO

En la tabla VIII, se representa las características de los diferentes métodos de explotación a cielo abierto.

**TABLA XI**

### **MÉTODOS MINEROS A CIELO ABIERTO**

CARACTERÍSTICAS	GEOMET.	SUSTANCI A.	TAMAÑO	RATIO	INVERSIÓN	TECNOLG.	COSTE
<b>MÉTODO</b>							
CANTERAS	Superficial	Rocas	Pequeño	Nulo	Baja	Poca	Bajo
CORTAS	Profunda	Metales	Grande	Creciente	Grande	Alta	Alto
<b>DESCUBTA</b>	<b>Poco Prof.</b>	<b>Sediments.</b>	<b>Gigante</b>	<b>Grande</b>	<b>Grande</b>	<b>Media</b>	<b>Bajo</b>
CONTORN.	Longitudinal	Sedimentars	Pequeño	Mediana	Mediana	Media	Medio
HIDRAULIC.	Bajo Agua	Pesados	Mediano	Grande	Variable	Alta	Medio
LIXIVIACIO.	Variable	Solubles	Mediano	Pequeño	Pequeña	Alta	Bajo
ESPECIAL	Aceptable	Variables	Mediano	Combinado	Grande	Media	Variable

### **4.3.1. CUBICACIÓN**

Con los datos entregados por laboratorio, es posible determinar la potencia de la capa mineral, según las cotas donde el porcentaje de sepiolita este sobre el 60 %, de igual manera se calcula la profundidad a la que se encuentre.

Adicionalmente se conoce el área de incidencia del sondeo. Para el cálculo de las Toneladas de mineral se utiliza la densidad aparente de 1.2 T / m<sup>3</sup>.

$$(V) = (h) * (A)$$

$$(W) = (p) * (A) * 1.2 \text{ Tm./ m}^3$$

$$(R) = (V) / (W)$$

V : Volumen de estéril

h : Profundidad

W : Peso de mineral

p : Potencia del mineral

A : Superficie ( m<sup>2</sup>)

Ra : Ratio

En el Anexo B, se presenta la tabla de datos con la cubicación de la zona Victoria III.

#### **4.3.2. TIEMPO DE VIDA DE LA EXPLOTACIÓN**

La explotación de este bloque, asumiendo una constante, se tiene 10 años de vida del bloque, explotando 555.000 T de mineral y removiendo un promedio de 3'000.000 m<sup>3</sup> de estériles por año.

La estimación de producción está dentro de los parámetros aceptables, considerando que la explotación del año 1997 fue de 532.000 T, y que el tratamiento máximo de la planta es de 600.000 T.

#### **4.3.3. INVERSIONES (INVC)**

Las inversiones se reparten entre la investigación (Sondeos y análisis), Equipos e Infraestructura (5).

- Investigación : 40 MPTA
- Molienda : 50 MPTA

- Secado : 180 MPTA
- Clasificado : 120 MPTA
- Empaque : 150 MPTA
- Infraestructura : 420 MPTA

## TABLA XII

### EXPLOTACIÓN ANUAL CONSTANTE Y VARIADA

AÑO	INCREMENTOS		HOMOGÉNEO	
	#	ANUAL (T)	ACUM.	ANUAL (T)
1	537780	537780	554590.6	554590.6
2	539779	1077559	554590.6	1109181.2
3	548700	1626259	554590.6	1663771.8
4	549600	2175859	554590.6	2218362.4
5	554400	2730259	554590.6	2772953.0
6	555900	3286159	554590.6	3327543.6
7	557700	3843859	554590.6	3882134.2
8	562320	4406179	554590.6	4436724.8
9	566400	4972579	554590.6	4991315.4
10	573327	5545906	554590.6	5545906.0

#### **4.3.4. COSTOS**

Se estimó los costos de producción de una manera general, sobre la base de los costos del año 1997 y llevados a Pta. / T.

**Labores mineras:** El arranque, carguío y transporte son concesionados, es decir que TOLSA no tiene equipos propios. Se paga 125 Pta./ metro cúbico de estéril y 210 Pta./ T de mineral, considerando que la sepiolita tiene un doble transporte una hacia el oreo y la otra hacia la fábrica. Para generalizar el costo (C<sub>1</sub>), se utiliza el Ratio (R) con el fin de incluir los dos materiales.

$$C_1 = ( 125* R + 210) \text{ Pta./ Tm.}$$

**Tratamiento :** Incluye el coste consumo de energía en la molienda, secado, clasificado y embolsado. Considerando que la fábrica consume 4.1 Mw. Para tratar los 2000 Tm. / día – turno.

$$C_2 = ( 500) \text{ Pta. / T.}$$

**Empaque :** El empaque típico para este tipo de producto consiste en una bolsa plástica que contiene la sepiolita, dentro de una bolsa de papel impermeabilizada y con doble cosido.

$$C_3 = ( 0.69 * 0.55 * 40 * 250) \text{ Pta. / T.} = ( 3795) \text{ Pta. / T.}$$

0.69 : Factor por humedad

0.55 : Factor por finos

40 y 250: Ptas. / Unidad y # Unidades/ T.

**Personal :** Todos los sueldos del personal tanto de Planta, Mina y Oficinas ( España – Francia - Inglaterra.

$$C_4 = 250 \text{ MPTA / Año} = 470.0 \text{ Ptas. / T}$$

**Fábrica :** Los requerimientos de fábrica son para reparaciones, obras menores y mantenimiento.

$$C_5 = 65 \text{ MPTA / Año} = 112 \text{ Pta. / T}$$

**Investigación + Desarrollo** Para los análisis de los sondeos, bancos, parvas de secado, parque mineral y lotes.

$$C_6 = 70 \text{ MPTA/ Año} = 132 \text{ Pta. / T}$$

#### **4.3.5. AMORTIZACIONES (AM)**

De las inversiones iniciales, los equipos e infraestructura son factibles a amortizar, es decir que se asume que con el tiempo los equipos tienden a ser cambiados sea por inutilidad o tecnología. Se toma un valor de salvamento del 10% para equipos e infraestructura, lo que nos da un valor de 82.8 MPTA/año.

$$\text{Amortización} = (I - (u) * I) / n$$

$$\text{Equipos} = 45.0 \text{ MPTA/año}$$

$$\text{Infraestructura} = 37.8 \text{ MPTA / año}$$

I : Inversión

u : porcentaje de salvamento

n : Años

#### **4.3.6. INGRESOS POR VENTA (IV)**

Para los ingresos por ventas, se considera el producto estrella (cama de gatos), lo que representa la pérdida de los materiales

más finos y además, el precio de venta oscila entre las 70 y 120 Ptas./ Unidad.  $\equiv$  17500 y 30000 Ptas./T.

$$(IV) = (0,69) * (0,55) * (250) * (PAP) = 94,875*(Pvp) / T.$$

#### **4.3.7. FACTOR DE AGOTAMIENTO (FA)**

Este es un factor contable que establece un porcentaje del beneficio (30%) sobre la base imponible, para dedicarlo a las investigaciones o exploraciones mineras en otras áreas, a partir de los próximos 10 años.

$$(FA) = 0.30 * ( IV - C_T)$$

#### **4.3.8. IMPUESTOS (IMP.)**

Los impuestos para la minería se encuentran en el 35% de los beneficios anuales.

$$IMP. = 0.35 * ( IV - C_T - FA)$$

#### **4.4. ANÁLISIS ECONÓMICO**

Para realizar el análisis económico es preciso definir el criterio de la tasa de rentabilidad interna y del valor actual neto, ambos criterios son sencillos y son empleados para evaluar un proyecto o varios, sobre la base de los flujos de caja generados por los mismos(7).

- Se define como la **Tasa de Rentabilidad Interna** o TIR de un proyecto, como aquella a la que éste remunera los fondos invertidos en él, de modo que al final de la vida del proyecto, se hayan recuperado dichos fondos del proyecto y los intereses devengados cada año por el saldo acumulado pendiente de recuperación.
- Un proyecto es aceptable desde el punto de vista económico si, al actualizar sus flujos de fondos aplicando la rentabilidad mínima aceptable (RMA), la suma algebraica (VAN) de los valores así obtenidos es positiva.

En la tabla 11, se consideran la variación del dinero en el tiempo. En el Anexo C, se presentan los flujos de caja.

**TABLA XIII**

**MOVIMIENTO BASE DE COSTOS E INGRESO**

Año	MPTA				Ptas. / T				
	INV	AM	C4	C5	C1	C2	C3	C6	IV
0	690								
1		82.8	250	65	960	500	3795	132	7590
2		82.8	255	66	979	505	3814	132	7742
3		82.8	260	68	998	510	3833	133	7897
4		82.8	265	69	1018	515	3852	134	8055
5		82.8	271	70	1038	520	3871	135	8216
6		82.8	276	72	1059	525	3890	135	8380
7		82.8	281	73	1080	531	3910	136	8548
8		82.8	287	75	1101	536	3930	137	8719
9		82.8	293	76	1123	541	3950	137	8893
10		82.8	299	78	1146	547	3970	138	9071
%.	Incrementos		2%	1%	2%	1%	0.5%	1%	2%

**4.5. RESUMEN DE IMPACTOS**

La minería por descubiertas desde el punto de vista ambiental es considerada como sencilla en la recuperación de suelos, revalorizándolos para un futuro uso sea de tipo forestal, industrial, urbanístico o de recreación.

- Afección al paisaje: Por la presencia de excavaciones.

- Afección a la atmósfera: Emisiones de gases y polvo, por trabajo de vehículos diesel.
- Afección hidrográfica: Aunque no se utilizan explosivos, se puede afectar a los niveles freáticos en la zona.
- Afección a la Flora y Fauna: No se detecta presencia permanente o de estación de vida silvestre, ni flora próxima.
- Afección social: La mina como tal se asocia con contaminación y problemas a la naturaleza.

# CAPÍTULO V

## PERSPECTIVAS PARA ECUADOR

Ecuador por las industrias que posee, puede utilizar sepiolitas en gran cantidad, como en pinturas, petróleos, cauchos, textiles y otras. El problema es la ausencia de yacimientos de este tipo y la ventaja que tienen en su costo otros materiales sustitutos, como son las bentonitas.

En el Ecuador existen otros minerales industriales como son los fosfatos, baritinas, bentonitas, caolines, arenas silíceas, feldespato, diatomeas, etc.

Es posible que la ausencia de sepiolitas, sea debido a que las cuencas de sedimentación fueron bien drenadas, con ambientes donde predominaron el Aluminio y la Sílice, y tuvieron periodos de inestabilidad. Lo que impidió la formación de sepiolitas o bien se degradaron a esmectitas.

Los posibles lugares a estudiar son las cuencas del río Guayas, Manabí, Esmeraldas, Cuenca, y Península del Guayas, donde se han encontrado y se explotan arcillas.

No existe un registro de ingreso específico de sepiolitas al país, puesto que estas se ubican como tierras de batan o como "otras arcillas".

Es posible que se pueda introducir el producto “cama de gatos”, pero la falta de interés en general por las mascotas es mucho menor que en España.

### **5.1. CUENCA SEDIMENTARIA PROGRESO**

La cuenca Progreso esta localizada al Nor – Oeste en la Provincia del Guayas – Ecuador, esta limitada en el norte por los cerros de Chongón y por el sur oeste por los cerros de la Estancia. En el sur- este, el Estero Salado cubre una importante área con agua salobre. La edad de esta formación es del Mioceno Medio (8).

La cuenca Progreso suprayace en la cobertura volcánica y esta compuesta por la formación Tosagua, que a su vez esta dividida por tres miembros:

- ZAPOTAL: Con litologías de conglomerados de areniscas y grawacas, arcillas grises y azuladas.
- DOS BOCAS: Conformada por lutitas y arcillas, areniscas y limonitas. La profundidad de esta formación es de 2400 m.

- VILLINGOTA: Consiste en una serie de lutitas laminadas diatomáceas de color blanco. Se la estima entre 250 y 650 metros.

A consecuencia de una transgresión marina que inundó una cuenca ya formada, se depositaron los conglomerados, areniscas, limonitas y arcillas grises azuladas (F. Zapotal). Luego sobrevino un periodo de tranquilidad dentro de un ambiente de cuenca interior y aislada del mar, desarrollándose una fase evaporítica, depositándose detritos que luego formaron las arcillas de la Formación Dos Bocas, además de depósitos calcáreos (marinos).

Posteriormente ante un hundimiento de la cuenca, se produce una depositación de arcillas y limos, mezclados con organismos silíceos, propios de aguas semiprofundas, originando las lutitas diatomáceas de la F. Villingota.

Recopilando información obtenida en la DINAMI respecto al miembro Dos Bocas, se estima un interés por las arcillas contenidas en esta formación (9).

## CAPÍTULO VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El bloque de explotación Victoria III es homogéneo, con una recubierta promedio de 28 metros de estériles, constituidos de materiales diversos y con una capa de Sepiolita masiva de 4 metros de potencia, con un contenido acumulado superior al 70 %.
- El volumen de arcilla contenida en el bloque, asegura una vida de 10 años, explotando aproximadamente 554 000 Toneladas de mineral por año. El tonelaje que se explota con las condiciones establecidas en ratio y costos, permite manejar precios bajos.
- El proyecto puede resistir hasta una disminución del 5% de sus ingresos, o un aumento del 10 % en sus costos de operación.
- El financiamiento ajeno, permite una mayor rentabilidad que el establecido con financiamiento propio, esto se debe al efecto palanca, que proporciona valores exentos de impuestos.

- Las consideraciones económicas, giran en torno al producto de mayor comercialización, como es las camas de gatos, excluyendo a los productos especiales. Esto da una idea, de que los ingresos puedan ser mayores que los estimados en el trabajo.
- La restauración de los terrenos y su cercanía a los centros urbanos de Madrid y Vicálvaro, los alista para una mediata utilización por la comunidad.
- Aunque las posibilidades de ubicar un yacimiento de sepiolitas en las cuencas sedimentarias en Ecuador sea remotas, los esquemas de trabajo, procesamiento y venta de la sepiolita pueden ser tomadas en cuenta para otros tipos de arcillas, principalmente para la Bentonita que es otro mineral de neoformación.
- No se cuenta con un registro de ingreso de Sepiolita al país, por cuanto esta se clasifica como Tierras de Batán e ingresa junto con otros tipos de arcillas.

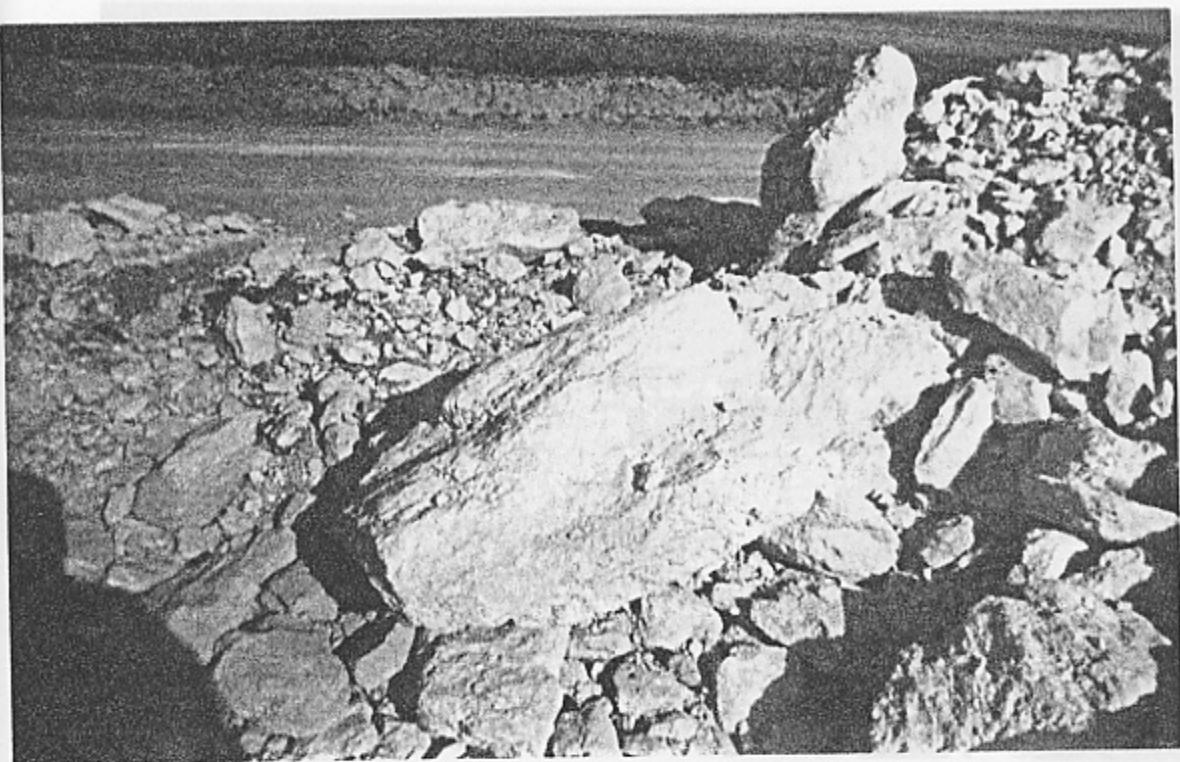
## BIBLIOGRAFÍA

1. **E. GALÁN HUERTOS.** Palygorskita y Sepiolita, Dpto. de Cristalografía y Q. Agrícola, Universidad de Sevilla 1989.
2. **REGUEIRO Y LOMBARDEO.** Innovaciones y Avances en el Sector de las Rocas y Minerales Industriales, Ilustre Colegio Oficial de Geólogos, Madrid 1997, pp. 63,64,65.
3. **ITGE.** Manual de arranque carga y transporte en Minería a Cielo Abierto.
4. **PLÁ ORTIZ DE URBINA.** Fundamentos de Laboreo de Minas, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas, Madrid, 1994, pp. 43, 112, 151.
5. **ITGE.** Manual de Evaluación Técnico – Económica de Proyectos Mineros de Inversión, Madrid, 1997, pp. 46.
6. **ÁLVAREZ Y SANTAREN.** Sepiolita: Propiedades y Aplicaciones – 1985, Publicación Tolsa, Madrid 1985.
7. **SEPÚLVEDA JOSÉ.** Ingeniería Económica, McGraw – Hill, México 1992.
8. **ALLEN GRAFFHAM.** Reporte Paleontológico de la Cuenca Progreso en Ecuador con Notas Estratigráficas, International Petroleum Company Samples in Ecuador, Boletín Informativo Año 1955.

9. **DINAMI.** Estudio de Exploración del Área Minera Villingota, Guayaquil, Agosto de 1991.

**ANEXO A**

**FOTOGRAFÍAS**



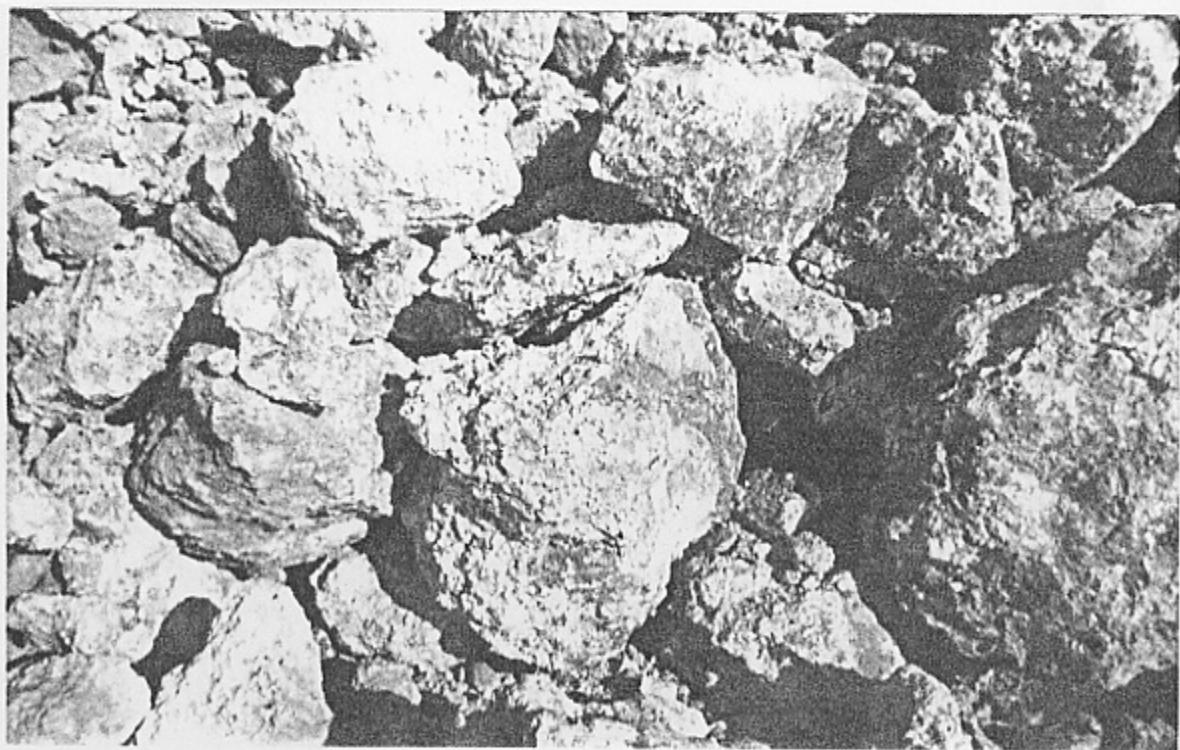
FOTOGRAFÍA A1. SEPIOLITA EXPUESTA EN VICÁLVARO SILEX



FOTOGRAFÍA A2. SEPIOLITA IMPURA

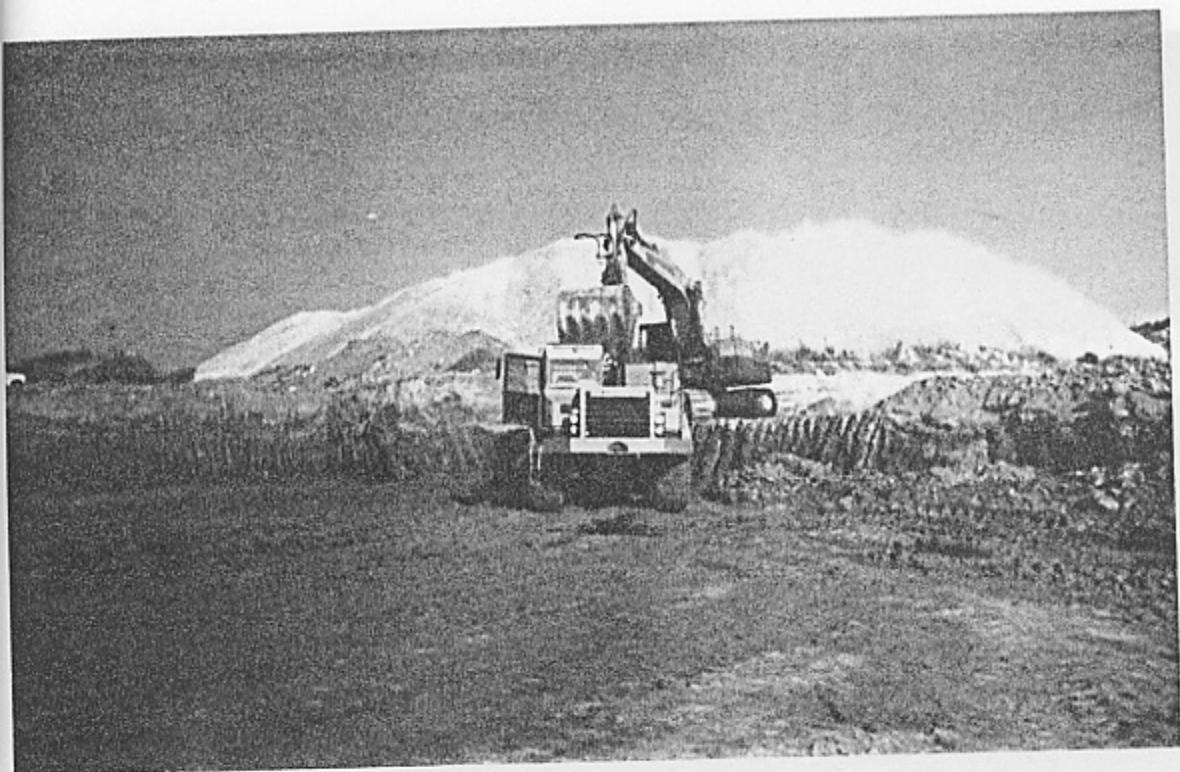


FOTOGRAFÍA A3. ROMPIMIENTO DE UNA CAPA DE SÍLEX



FOTOGRAFÍA A4. SÍLEX (VAN CALCRETAS)

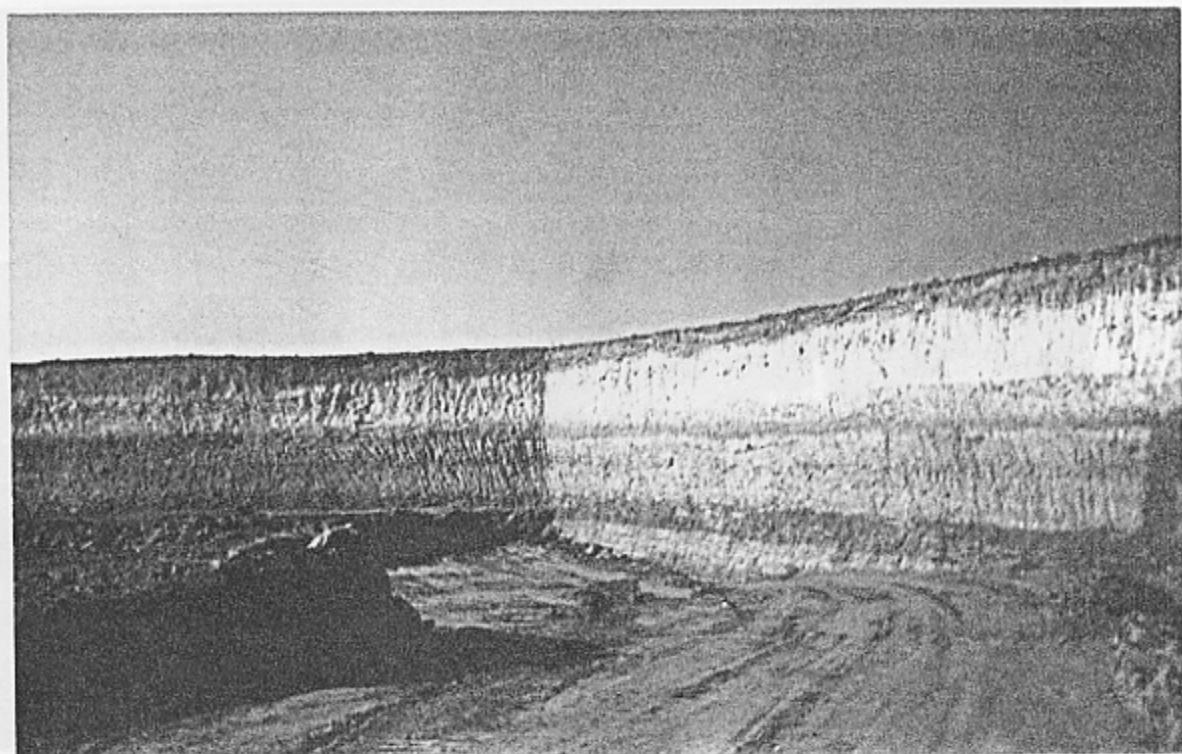
FOTOGRAFÍA A5. VERTIDO



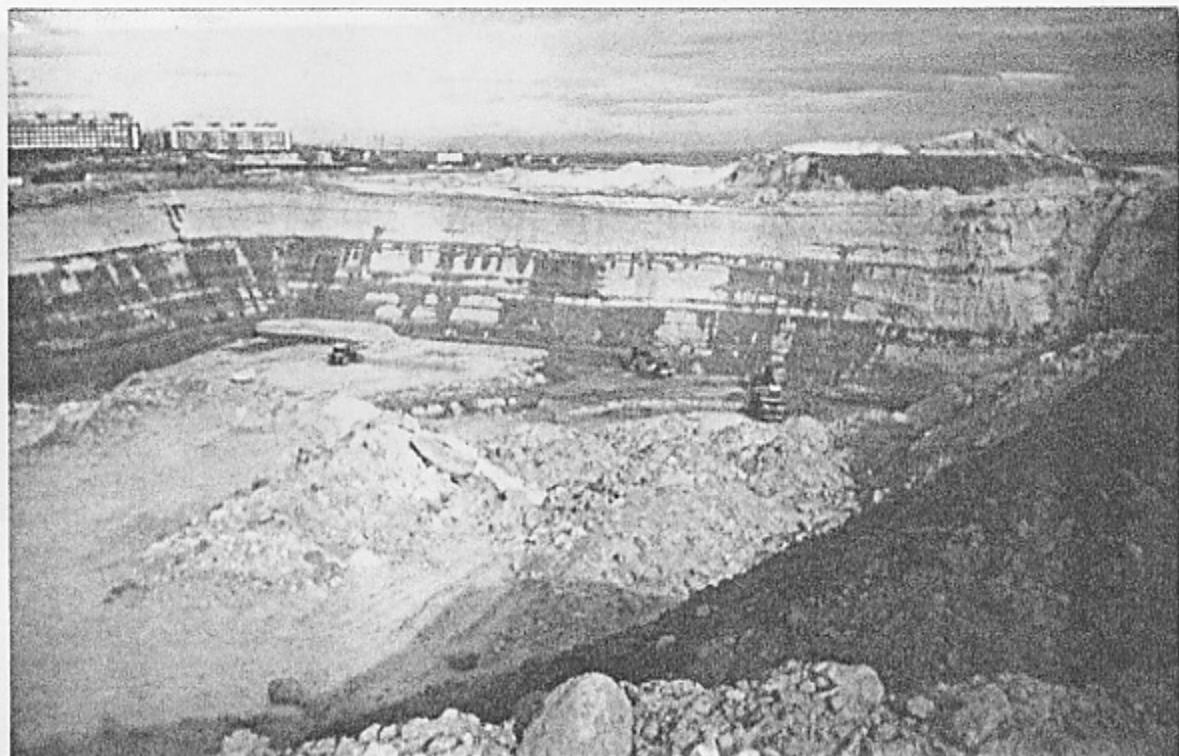
FOTOGRAFÍA A5. EXCAVACIÓN



FOTOGRAFÍA A6. VERTIDO DE ESTÉRILES ( SE OBSERVAN CALCRETAS )



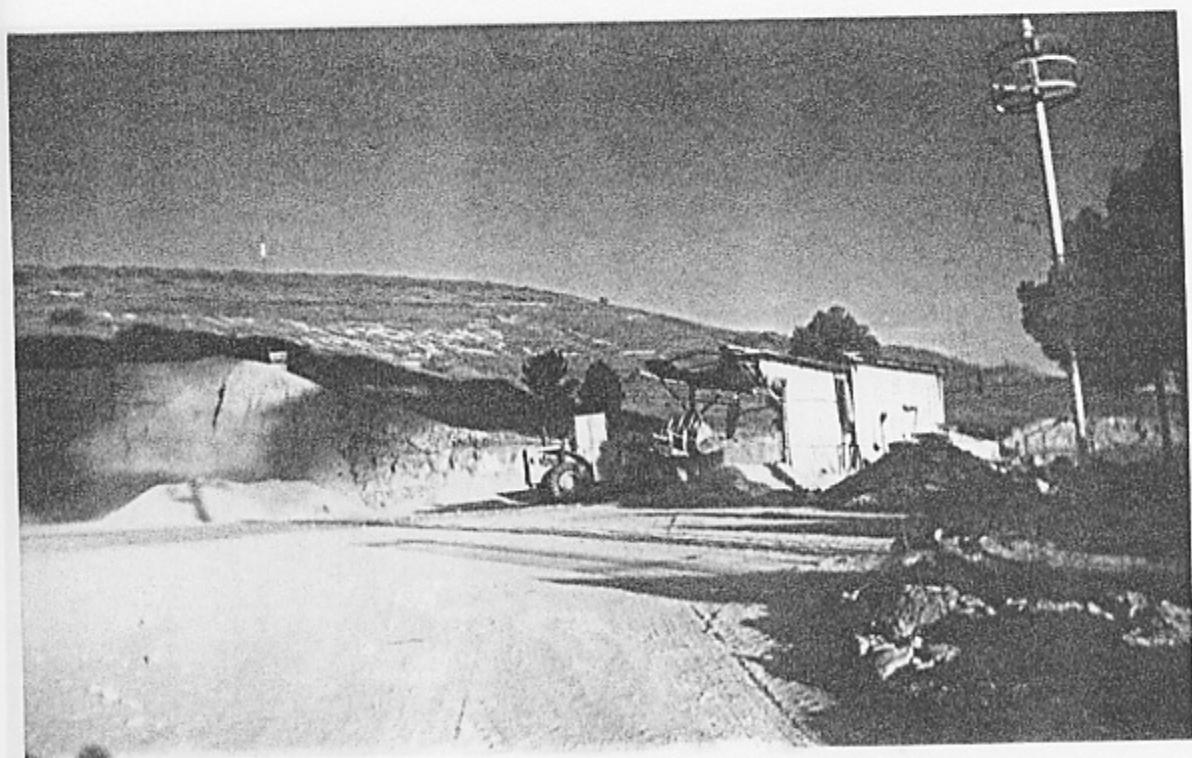
FOTOGRAFÍA A7. BANCO EN RECESO



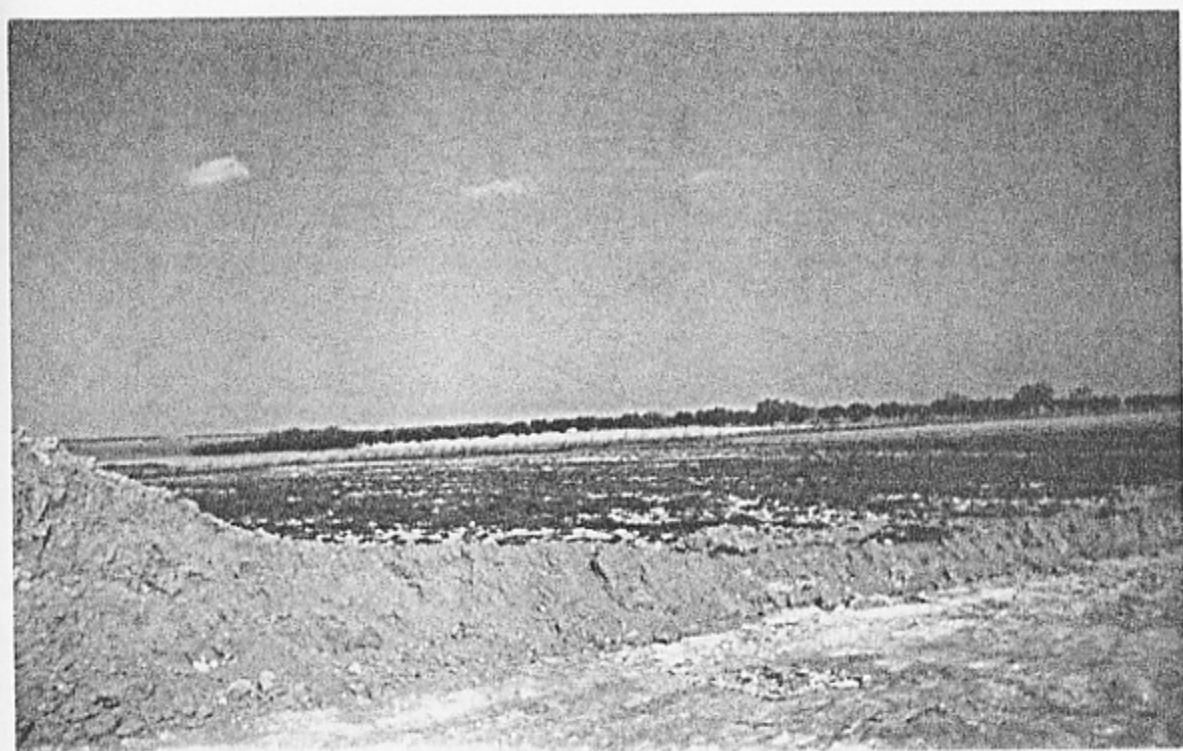
FOTOGRAFÍA A8. BANCO EN ARRANQUE DE MINERAL Y EN RELLENO.



FOTOGRAFÍA A9. PARQUE MINERAL EN SIEMBRA



FOTOGRAFÍA A10. SEPIOLITA LLEVADA A MOLIENDA



FOTOGRAFÍA A11. TERRENOS RESTAURADOS EN SIEMBRA



FOTOGRAFÍA A12. TERRENO RESTAURADO CON PASTO.

## **ANEXO B**

### **CUBICACIÓN DEL BLOQUE VICTORIA III**

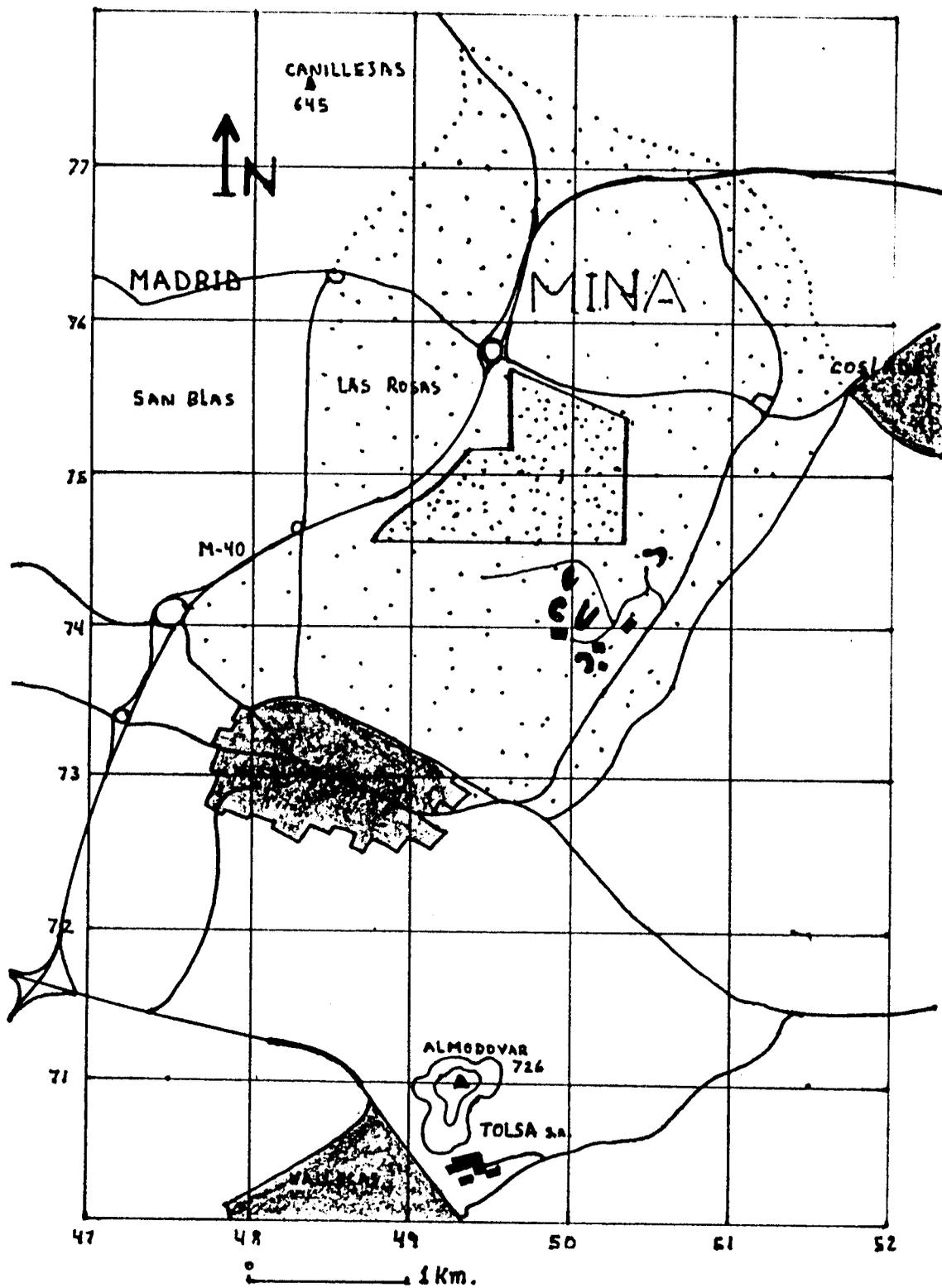
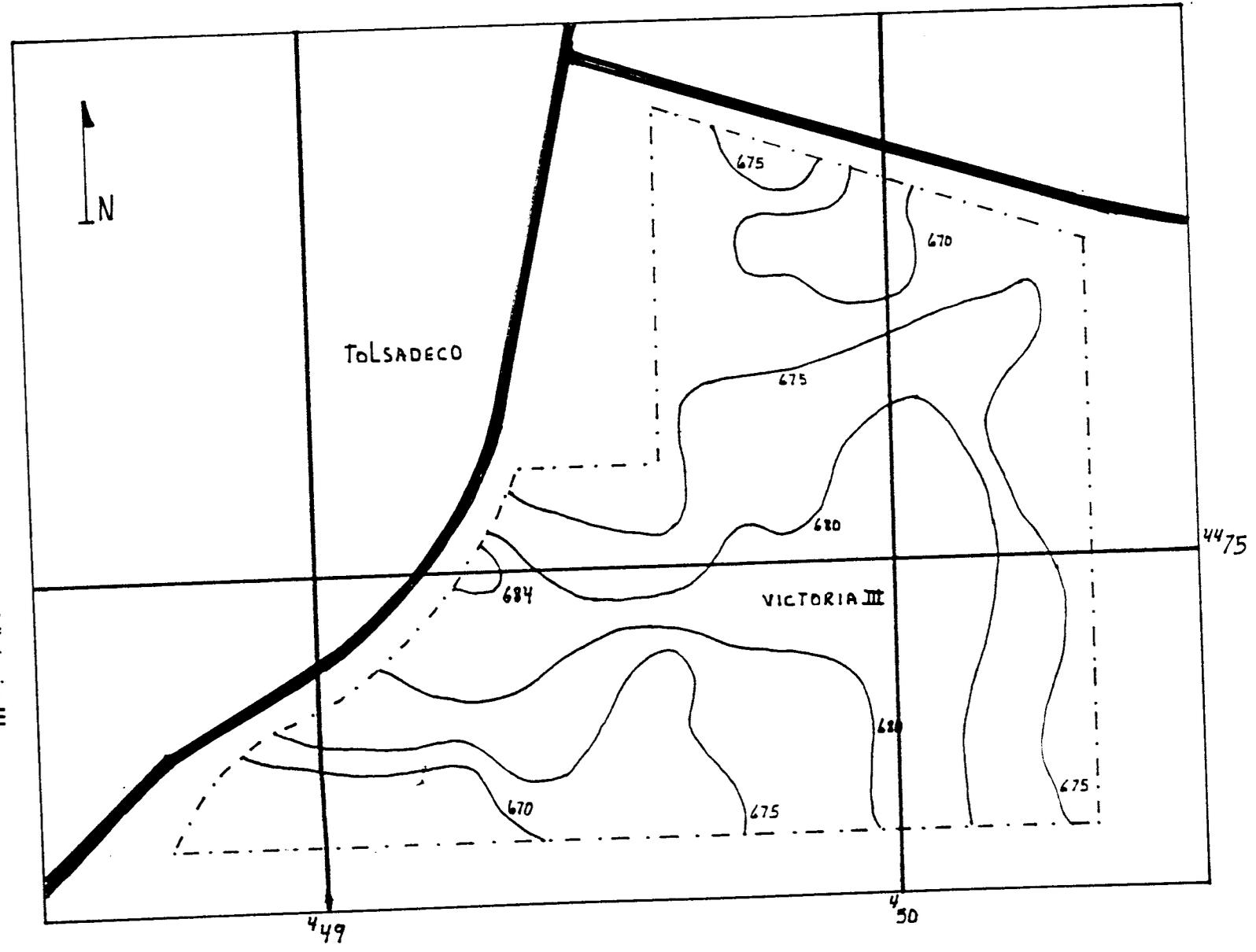


Figura B1. Ubicación del Yacimiento de Vicálvaro

Figura B2. Bloque de Explotación Victoria III.



### ANEXO B3. ANÁLISIS MINERALÓGICO – QUÍMICO DE ALGUNOS SONDEOS.

SONDEO																
95 -35		MINERALOGIA (%)							COMPOSICION QUIMICA (%)							
Muestra	Se	Sm	IL	Q	F	C	Ot	Si O2	Mg O	Al2O3	Fe2O3	TiO2	K2O	CaO	F	
(m)																
680.2																
674.2		38	25	4	20	10	3	48.65	3.68	12.03	5.74	0.63	0.08	1.20	0.31	
668.0		60	30	7	1	2		52.31	21.71	17.21	4.98	0.61	2.15	1.32	0.29	
662.2	8	54	4	15	5	6	8	48.54	3.87	5.34	0.65	0.44	2.18	0.56	0.05	
660.1	17	34	15	5	1	22	6	74.36	21.62	19.41	0.89	0.27	1.64	3.50	0.30	
649.8	2	68	8		12	6	4	60.57	34.95	14.32	1.51	4.51	1.47	1.02	0.61	
646.1	71	15		5	6	1	2	59.11	15.23	12.89	3.21	0.27	1.34	1.37	1.02	
645.5	69	8	5	1	1		16	40.99	12.18	5.98	2.05	0.06	0.67	3.65	0.96	
645.0	64	13	20	2	1			47.39	18.89	10.42	2.07	1.55	1.95	6.12	0.88	
644.0	65	20	4	1			10	57.31	12.78	18.98	2.63	0.15	2.10	0.65	0.84	
643.0	83		4	5	8			68.20	21.35	7.57	1.21	0.50	0.19	0.35	1.27	
642.8	70	10	2	8	10			50.38	21.72	8.32	1.31	0.08	0.72	0.16	1.01	

SONDEO																
95 - 105		MINERALOGIA (%)							COMPOSICION QUIMICA (%)							
Muestra	Se	Sm	IL	Q	F	C	Ot	Si O2	Mg O	Al2O3	Fe2O3	TiO2	K2O	CaO	F	
(m)																
675.2																
673.8		35	20		22	23		45.00	10.00	12.00	4.00	0.35	2.10	15.6	0.12	
668.7		60	25	8	5	2		35.40	6.20	10.40	2.91	0.45	2.16	9.20	0.41	
663.5	8	60	15	14	3			65.30	8.91	9.60	1.32	0.28	2.39	1.25	0.39	
658.0	86	8	2	1	2	1		56.00	16.20	5.34	1.95	1.72	0.34	1.18	1.20	
657.5	82	1	2	2	1	2	10	52.41	18.62	6.90	1.82	0.43	1.67	0.41	1.31	
657.0	87	5	1		1		6	56.94	21.90	2.74	0.89	0.32	0.61	0.19	1.23	
656.0	84	7	3		2		4	58.30	17.26	2.52	0.86	0.13	0.51	0.20	1.15	
655.0	90	2	2	3	1		2	60.50	6.37	1.27	0.39	1.67	0.23	0.32	1.40	
653.5	75	10	8	2	3	1	1	52.60	21.22	3.48	1.22	0.20	0.70	0.80	0.75	
653.0	1	63	1	5	10	20		68.02	1.64	12.03	1.95	0.19	4.14	0.64	0.05	
650.0	1	60	10	8	2	10	9	48.50	19.50	10.80	0.75	5.62	0.81	2.30	0.56	

SONDEO																
95 - 77		MINERALOGIA (%)							COMPOSICION QUIMICA (%)							
Muestra	Se	Sm	IL	Q	F	C	Ot	Si O2	Mg O	Al2O3	Fe2O3	TiO2	K2O	CaO	F	
(m)																
674.5																
670.0	1	40	32	20	5	1		53.80	10.01	10.30	0.89	0.12	0.78	1.89	0.38	
665.0		58	15	15	3	3	6	55.30	18.20	2.16	1.75	0.14	1.67	6.31	0.19	
660.0	5	50	8	10	8	10	9	52.80	19.71	1.58	2.31	0.09	0.29	9.25	0.35	
655.5	88	5	5			2		58.15	22.56	2.19	1.32	0.89	1.10	2.04	1.34	
655.0	87	5			3	5		56.18	17.30	6.84	3.80	0.10	1.05	6.02	1.07	
654.0	92		1		2	5		58.00	18.50	2.25	3.05	0.12	1.22	1.55	1.44	
653.0	95		1		2	2		58.11	23.18	2.24	1.50	0.01	1.10	0.42	1.58	
652.0	86	5	1	2	4	2		58.80	22.14	5.32	0.87	0.08	0.70	0.19	1.15	
651.0	10	60	15	10	3	2		56.20	23.14	4.27	0.65	0.01	0.19	0.08	0.45	
650.0	2	50	20	15	3	10		60.10	12.04	2.78	0.36	0.01	4.84	8.16	0.65	
645.0	5	42	10	40	1	2		57.21	11.02	3.64	5.80	0.31	2.50	0.64	0.28	

SONDEO																
95-01		MINERALOGIA (%)							COMPOSICION QUIMICA (%)							
Muestra	Se	Sm	IL	Q	F	C	Ot	Si O2	Mg O	Al2O3	Fe2O3	TiO2	K2O	CaO	F	
(m)																
668.5																
663.0	2	50	20	15	10	2	1	55.42	9.49	12.65	5.10	2.50	0.30	0.50	0.48	
658.0	6	54	24	10	5	1		53.29	3.67	18.23	5.68	0.65	3.40	0.20	0.62	
653.0	27	68	4				1	57.10	6.58	13.20	3.90	0.50	3.20	0.10	0.25	
648.0	50	25	10	8	7			49.88	7.98	8.70	6.90	0.36	1.24	0.05	0.66	
645.0	41	35		10	8	6		15.80	18.10	7.80	5.61	0.21	1.50	0.02	0.40	
644.0	75	15	6		2			60.32	10.32	8.71	2.14	0.32	1.65	0.20	1.01	
642.0	80	13	5	1	1			56.37	15.26	8.30	2.12	0.37	1.91	0.10	1.00	
641.0	70	10	15	1			4	60.50	12.80	9.20	2.65	0.41	2.01	0.05	1.41	
640.9	75	15	4	1			5	48.91	16.20	4.20	0.98	0.14	2.13	0.09	1.00	
636.0	6	40	4	5	8	1	36	51.23	20.78	3.21	0.08	0.32	0.63	0.08	0.72	
635.0	8	60	5	7	12	1	7	51.47	23.03	4.21	0.95	0.15	0.35	0.09	0.40	

SONDEO																
90-22		MINERALOGIA (%)							COMPOSICION QUIMICA (%)							
Muestra	Se	Sm	IL	Q	F	C	Ot	Si O2	Mg O	Al2O3	Fe2O3	TiO2	K2O	CaO	F	
(m)																
675.0																
670.0		80	6	4	3	3	4	50.40	21.20	4.30	1.20	0.20	0.72	1.30	0.02	
660.0		34	40	22	2	1	1	54.20	2.89	5.30	5.30	0.62	1.60	1.25	0.04	
650.5	8	35	25	17	5		10	45.05	12.40	10.59	4.21	0.50	1.15	0.70	0.23	
640.2	2	77	5	4	5		7	48.20	21.05	6.50	1.75	0.18	0.50	2.30	0.05	
642.0	74	15	1	4	1	5		52.36	20.94	3.50	1.09	0.18	0.66	0.69	1.07	
640.8	80	17	3					55.85	15.01	8.02	3.20	0.29	1.91	0.59	1.24	
640.5	89	4		2	2		3	56.80	22.60	2.52	0.86	0.13	0.51	0.20	1.15	
639.5	88	3	1	3	2	2	1	60.50	12.80	9.20	2.65	0.41	2.01	0.05	1.05	
639.0	76	20	1	2	1			48.91	16.20	4.20	0.98	0.14	2.13	0.09	1.11	
638.3	5	81	8	3		2	1	65.30	2.50	13.80	2.70	0.38	4.14	0.80	0.10	
637.0		60	11	9	12	1	7	48.50	19.50	10.80	0.75	0.20	1.00	0.31	0.08	

SONDEO																
95-49		MINERALOGIA (%)							COMPOSICION QUIMICA (%)							
Muestra	Se	Sm	IL	Q	F	C	Ot	Si O2	Mg O	Al2O3	Fe2O3	TiO2	K2O	CaO	F	
(m)																
674.2																
669.0		60	2	30	8			54.85	7.04	19.00	3.18	1.16	1.80	0.01	0.35	
664.0	3	43	6	18	20	10		55.01	20.12	17.25	3.50	0.06	2.54	0.50	0.51	
659.0	18	35	8	5	20	12	2	57.60	15.25	15.24	3.40	0.51	1.57	0.52	0.62	
654.0	12	10	10	1	10	11	46	54.60	21.21	7.32	4.80	0.21	1.28	0.01	0.72	
650.0	25	40	2	1	20	3	9	48.80	21.03	8.56	7.91	0.67	0.75	0.02	0.24	
649.0	80	15	3	1	10	1		60.01	20.04	8.81	7.81	0.57	0.89	0.04	1.07	
647.0	70	15	7	1	8	1	2	69.52	20.11	8.32	0.98	0.44	0.91	0.01	1.19	
646.0	70	20	10	1	5	2		70.02	15.09	7.14	6.54	0.06	1.23	0.02	1.09	
645.0	80	20	3	1	2	1	7	78.20	20.18	4.02	3.54	0.06	0.13	0.01	1.10	
644.7	85	1	3	3		1	7	52.34	22.37	4.40	3.81	0.18	0.85	0.01	1.10	
643.0	10	55	9	4	12	5	5	60.01	21.64	3.15	1.58	0.20	1.29	0.01	0.20	

## SONDEO

Muestra (m)	MINERALOGIA (%)							COMPOSICION QUIMICA (%)							
	Se	Sm	IL	Q	Fs	C	Ot	Si O2	Mg O	Al2O3	Fe2O3	TiO2	K2O	CaO	F
95-59															
677.4															
672.0	30	16	20	13	20		1	32.12	10.04	9.41	4.02	0.25	3.24	0.01	0.21
667.0	20	4	12	15	12	4	33	33.25	8.69	8.03	2.34	0.42	3.10	28.30	0.17
662.0	12	40	12	9	5	10	12	28.32	7.35	2.56	1.56	0.65	3.40	1.40	0.65
657.0	61	25	2	7	5			47.25	18.63	2.46	0.98	0.12	1.25	3.90	0.98
652.0	28	30	5	12	3	1	21	51.41	19.34	1.29	1.07	1.54	0.05	1.51	0.42
648.2	88		1	6	2	3		56.28	22.35	3.12	0.15	0.24	0.60	0.01	1.00
647.0	92	1	2	3	1		1	58.3	12.08	3.14	0.13	0.84	1.20	2.10	1.38
646.0	92	2	1	5				58.1	11.64	2.20	0.12	1.30	1.10	0.10	1.46
645.0	95	1		4				57.7	20.08	3.01	0.09	1.02	0.08	0.12	1.50
644.4	86	4	3		5	1	1	57.6	20.80	3.02	0.17	1.02	1.01	0.20	1.40
640.0	6	45	12	15	10	12		56.09	21.65	0.62	0.12	0.60	1.03	0.10	0.20

## SONDEO

Muestra (m)	MINERALOGIA (%)							COMPOSICION QUIMICA (%)							
	Se	Sm	IL	Q	F	C	Ot	Si O2	Mg O	Al2O3	Fe2O3	TiO2	K2O	CaO	F
95-80															
670.0															
672.0		47	15	30	5	3		75.90	8.20	10.80	5.06	0.31	2.40	0.32	0.09
667.0		50	20	20	5	4	1	65.24	12.80	8.03	6.20	0.29	3.50	0.42	0.22
662.0	21	30	15	22	10	2		56.32	15.28	2.56	1.08	0.20	1.02	0.01	0.26
657.0	8	45	25	8	7	3	4	57.28	21.60	2.46	2.80	0.04	1.22	0.02	0.38
653.7	78	5	4	3	10			58.91	21.90	1.29	2.00	0.12	0.08	0.02	1.15
653.0	85	1		2	12			55.46	22.00	3.12	2.10	0.11	0.08	0.01	1.09
652.0	75		3	1		1	20	55.38	23.24	3.14	3.20	0.09	1.24	0.01	1.00
651.0	85		5	5	2	1	2	56.23	23.58	2.20	3.10	0.17	1.00	0.01	1.13
648.4	76	5	2	1	8		8	58.90	21.80	3.01	3.30	0.15	0.14	0.01	1.00
648.0	15	50	18	3	1	2	11	56.70	20.16	3.02	3.00	0.29	1.05	0.02	0.29
643.0	15	40	10	7		2	26	55.51	22.70	0.62	2.10	0.31	1.20	0.11	0.75

## SONDEO

Muestra (m)	MINERALOGIA (%)							COMPOSICION QUIMICA (%)							
	Se	Sm	IL	Q	F	C	Ot	Si O2	Mg O	Al2O3	Fe2O3	TiO2	K2O	CaO	F
95-30															
680.0															
670.0	25	30	5	35	5			52.36	10.56	18.02	1.23	0.01	1.22	1.02	0.35
660.0	13	25	2	25	25	6	4	53.64	15.18	4.16	2.12	0.08	0.78	1.55	0.17
655.0	25	30	1	10	18	1	15	58.34	21.14	10.02	0.97	0.09	0.22	0.01	0.32
650.0		40	10	27	14		9	70.16	20.11	1.08	0.98	0.07	0.97	0.01	0.14
647.0	10	38	4		25	2	21	58.36	6.50	3.01	2.06	0.02	1.21	0.4	0.12
646.1	72	5	1		2		20	60.54	25.14	3.02	1.10	0.22	1.04	2.50	1.20
645.0	85		1	2	3		9	61.25	22.36	3.34	0.98	0.01	1.00	0.99	1.25
644.1	65	20	5		2	2	6	65.37	22.15	4.15	0.90	0.03	1.34	0.90	0.93
643.0	60	14	2	2	1		21	60.01	21.36	3.18	2.05	0.05	0.12	1.01	0.98
642.7	80	3		5	1		11	50.37	21.87	2.29	1.01	0.09	0.09	0.28	1.30
638.0	10	50	2	15	20		3	52.18	20.28	2.94	0.09	1.18	0.58	0.35	0.12

SONDEO									COMPOSICION QUIMICA (%)							
95-04 MINERALOGIA (%)																
Muestra	Se	Sm	IL	Q	F	C	Ot		Si O2	Mg O	Al2O3	Fe2O3	TiO2	K2O	CaO	F
(m)																
679.5																
674.5	5	35	20	8	15	16	1		53.40	8.16	13.40	1.16	0.09	0.88	2.10	0.36
641.2	60	11	4	8	5	10	2		48.60	13.16						
640.0	65	10	5	3		5	12		56.72	7.03	11.25	4.34	0.41	4.01	0.09	0.92
639.5	72	12		2	7	3	4		50.75		7.92	7.02	0.38	1.30	2.06	0.95
638.0	68	10		1	8		13		58.31	17.01	7.32				0.07	1.05
636.2	65	15	1	5	2	2	10		59.80	10.61	9.61	2.03	0.01	1.05	1.20	0.84
637.0	1	40	20	3	10	8	18		60.21	14.35		3.14	0.02		1.50	0.51

SONDEO									COMPOSICION QUIMICA (%)							
95-47 MINERALOGIA (%)																
Muestra	Se	Sm	IL	Q	Fs	C	Ot		Si O2	Mg O	Al2O3	Fe2O <sup>3</sup>	TiO2	K2O	CaO	F
(m)																
675.0																
647.3	75	10	1	7	1	6			50.40	14.73						
646.5	80	5	2		1	2	10		60.00	15.25	7.16	4.27	0.60	1.10	2.01	1.02
645.0	70	8	5	2	2	1	12		57.00	12.17	10.03					
643.5	72	6	4	1	4	3	10		60.30	20.03						
642.0	76	12	8	1		2	1		52.36	18.60						
642.5	80	5	11	1	2	1			59.80	17.31						
637.0		42	25	1	7	25			54.31	20.19						

SONDEO									COMPOSICION QUIMICA (%)							
95-61 MINERALOGIA (%)																
Muestra	Se	Sm	IL	Q	Fs	C	Ot		Si O2	Mg O	Al2O3	Fe2O <sup>3</sup>	TiO2	K2O	CaO	F
(m)																
674.7																
660.0		70	6	5	5	12	2									
652.2	86	12		2					53.81	17.26	5.32	0.94	0.02	2.25	0.32	1.03
651.3	83	10	3	1	2		1		6.02	16.34	9.72	1.95	0.24	0.61	0.51	1.02
649.8	90	5	3	1	1				60.21	15.32	2.57	1.78	0.04	2.12	0.67	1.50
649.0	85	5	7	1	2				59.34	18.25	10.21	0.78	0.51	0.65	0.09	1.51
648.0	80	10	4		4	1	1		58.50	10.26	7.06	0.24	0.05	0.71	1.25	1.49
645.0	2	52	22	6	15	2	1		54.60							

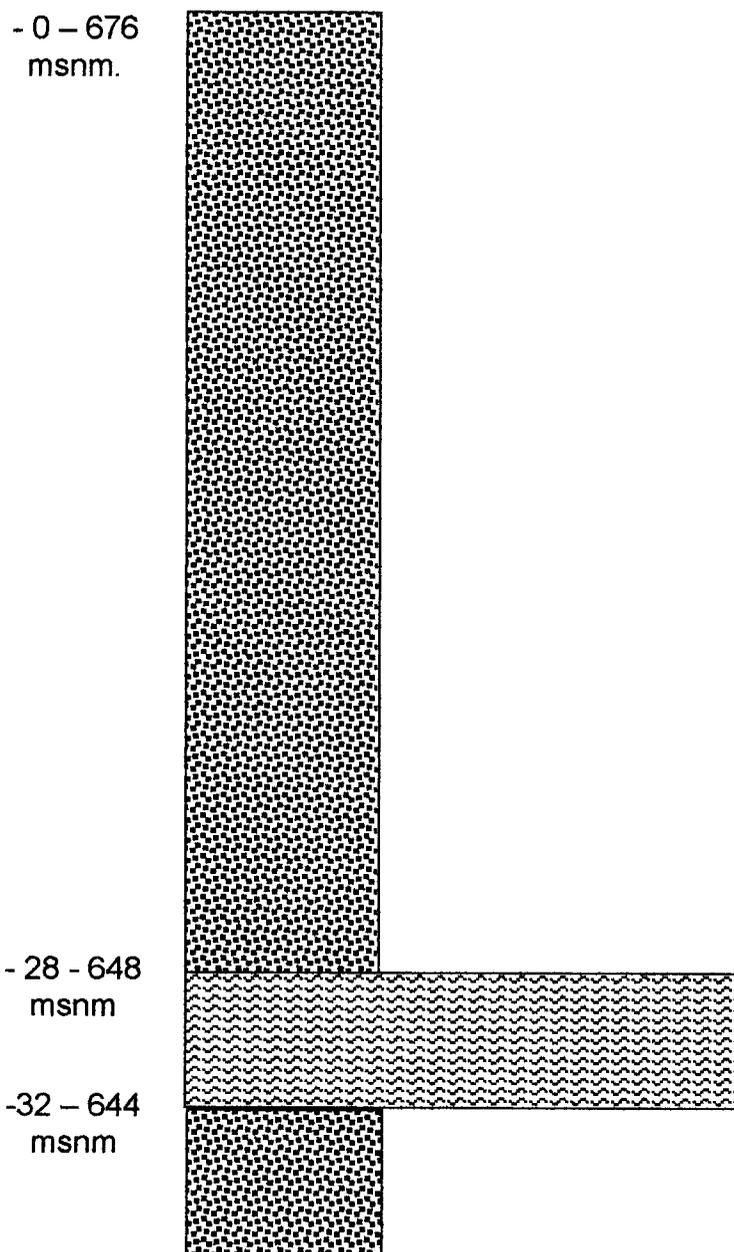
SONDEO									COMPOSICION QUIMICA (%)							
95-45 MINERALOGIA (%)																
Muestra	Se	Sm	IL	Q	Fs	C	Ot		Si O2	Mg O	Al2O3	Fe2O3	TiO2	K2O	CaO	F
(m)																
680.4																
651.0	33	36	20	10	1				48.65	6.74	13.50	0.94	0.08	0.08	0.90	0.24
650.0	80	10	5	5					54.30	21.03	8.21	1.02	0.04	2.15	0.70	1.09
649.5	80	8	4	2		6			55.32	22.05	7.16	1.05	0.02	2.18	1.15	1.51
648.2	85	5	5	2	1	1	1		60.25	24.31	10.02	2.16	1.01	1.20	3.50	1.49
646.0	78	6	7		2	6	1		70.01	22.59	2.53	1.10	0.90	0.52	2.40	1.09
645.9	84	5	1	5	2	1	2		69.11	18.23	8.25	0.75	0.08	2.18	1.18	1.48
644.2	12	50	10	8	10	8	2		56.34	21.10	3.18	0.80	0.05	2.15	0.58	0.11

## ANEXO B4. CUBICACIÓN DEL BLOQUE VICTORIA III

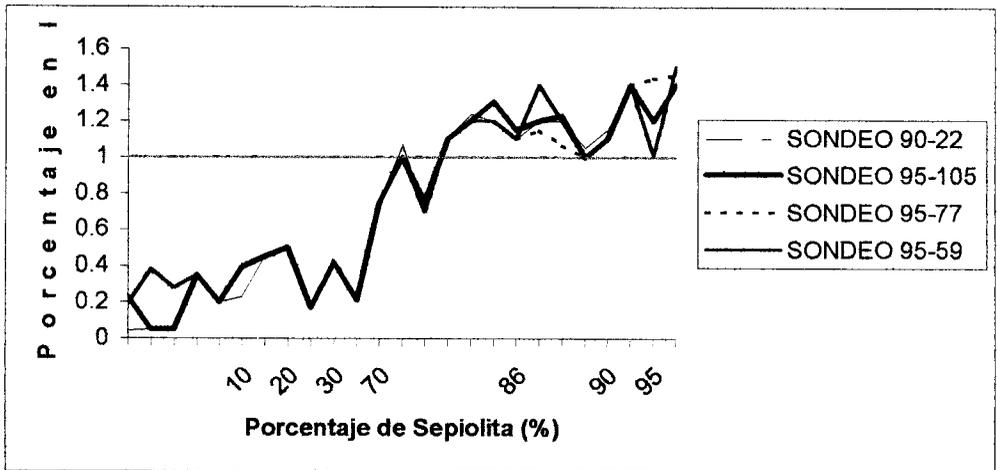
Sondeo	AREA	COTA		MINERAL					ESTERIL		RATIO
		Techo	Muro	SEPL	Acum	POTNC	PESO	RECT.	VOLM.		
#	(m2)	(msnm)	(msnm)	(msnm)	(%)	(%)	(m)	(T)	(m)	(m3)	(m3 / T)
90-21	21500	668.0	642.0	638.9	70	70	3.1	79980.0	26.0	559000	7.0
95-01	40000	668.5	644.0	640.9	75	73.3	3.1	148800.0	24.5	980000	6.6
95-02	40000	690.0	645.0	641.6	68	71.1	3.4	163200.0	45.0	1800000	11.0
90-22	40000	675.0	642.0	639.0	81	73.7	3.0	144000.0	33.0	1320000	9.2
95-03	40000	674.8	642.4	638.6	78	74.8	3.8	182400.0	32.4	1296000	7.1
95-04	40000	679.5	641.2	636.2	66	72.6	5.0	240000.0	38.3	1532000	6.4
90-23	40000	680.1	642.0	637.4	78	73.6	4.6	220800.0	38.1	1524000	6.9
95-24	40000	675.6	643.5	638.7	80	74.7	4.8	230400.0	32.1	1284000	5.6
90-50	10000	678.5	643.6	641.1	86	74.9	2.5	30000.0	34.9	349000	11.6
95-30	30000	680.0	646.1	642.7	72	74.7	3.4	122400.0	33.9	1017000	8.3
95-31	40000	680.0	644.6	640.6	80	75.3	4.0	192000.0	35.4	1416000	7.4
95-32	40000	680.0	643.1	638.6	75	75.2	4.5	216000.0	36.9	1476000	6.8
95-33	40000	675.0	645.0	640.0	76	75.3	5.0	240000.0	30.0	1200000	5.0
95-34	40000	680.0	643.5	639.3	74	75.2	4.2	201600.0	36.5	1460000	7.2
95-35	40000	680.2	646.1	641.2	70	74.7	4.9	235200.0	34.1	1364000	5.8
95-50	6200	676.8	651.3	647.5	88	74.9	3.8	28272.0	25.5	158100	5.6
95-49	39875	684.5	649.0	644.7	77	75	4.3	205755.0	35.5	1415563	6.9
95-48	40000	674.2	646.8	642.3	78	75.2	4.5	216000.0	27.4	1096000	5.1
95-47	40000	675.0	647.3	642.5	76	75.3	4.8	230400.0	27.7	1108000	4.8
95-46	40000	680.0	645.2	640.7	85	75.9	4.5	216000.0	34.8	1392000	6.4
95-45	40000	680.4	650.0	645.9	81	76.2	4.1	196800.0	30.4	1216000	6.2
95-58	25000	675.0	655.1	652.6	76	76.1	2.5	75000.0	19.9	497500	6.6
95-59	40000	677.4	648.2	644.4	91	76.8	3.8	182400.0	29.2	1168000	6.4
95-60	40000	680.0	651.3	647.5	75	76.7	3.8	182400.0	28.7	1148000	6.3
95-61	40000	674.7	652.2	648.0	85	77.1	4.2	201600.0	22.5	900000	4.5
95-77	25000	674.5	655.5	652.0	90	77.4	3.5	105000.0	19.0	475000	4.5
95-78	40000	670.4	654.8	650.0	84	77.7	4.8	230400.0	15.6	624000	2.7
95-80	40000	670.0	653.7	648.4	80	77.9	5.3	254400.0	16.3	652000	2.6
95-81	38250	675.0	654.0	649.2	78	77.9	4.8	220320.0	21.0	803250	3.6
95-105	20000	675.2	658.0	653.5	84	78.0	4.5	108000.0	17.2	344000	3.2
95-104	26500	675.0	657.6	652.6	64	77.6	5.0	159000.0	17.4	461100	2.9
95-103	13000	670.0	655.3	650.3	70	77.5	5.0	78000.0	14.7	191100	2.5
95-102	1663	670.5	656.2	651.5	74	77.5	4.7	9379.3	14.3	23780.9	2.5

TOTAL	
SUPERFICIE	1096988.0 m <sup>2</sup>
PESO MINERAL	5545906.3 T
VOLUMEN DE ESTERILES	31871541.3 m <sup>3</sup>
RATIO DEL BLOQUE	6.0 m <sup>3</sup> /T
CONTENIDO DEL BLOQUE	77.5 %

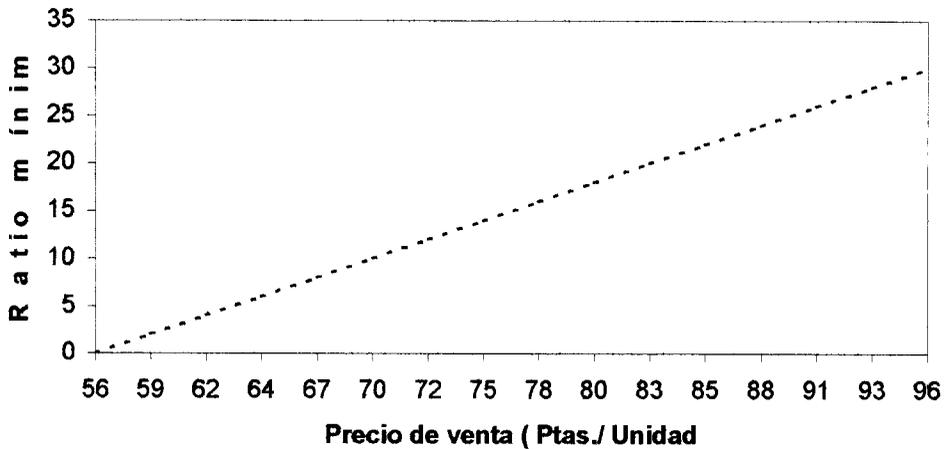
# ANEXO B5. COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DEL BLOQUE VICTORIA III



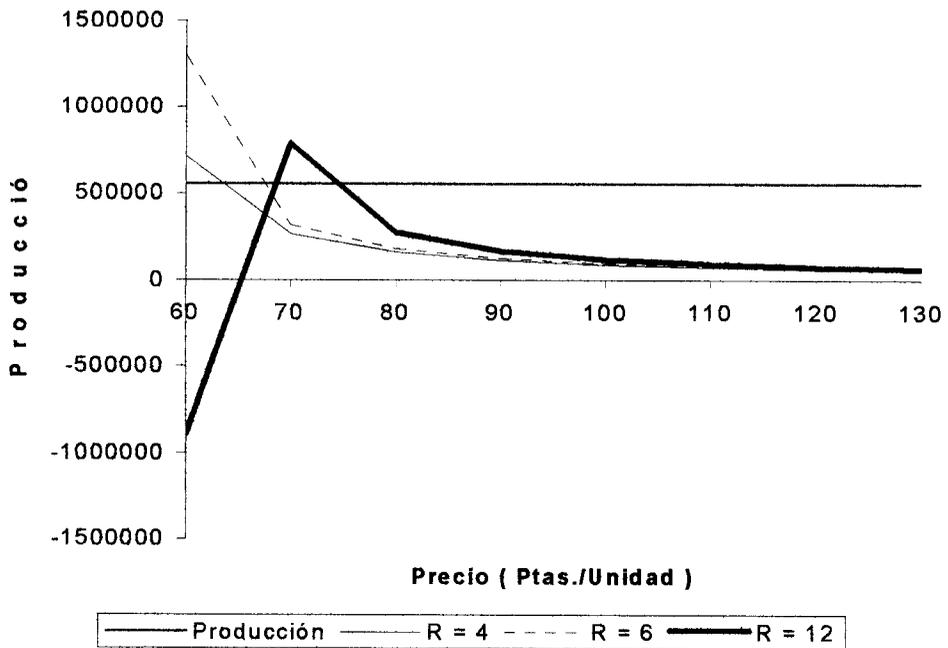
ANEXO B6. GRÁFICO DE RELACIÓN ENTRE EL PORCENTAJE DE SEPIOLITA Y EL CONTENIDO DE FLÚOR.



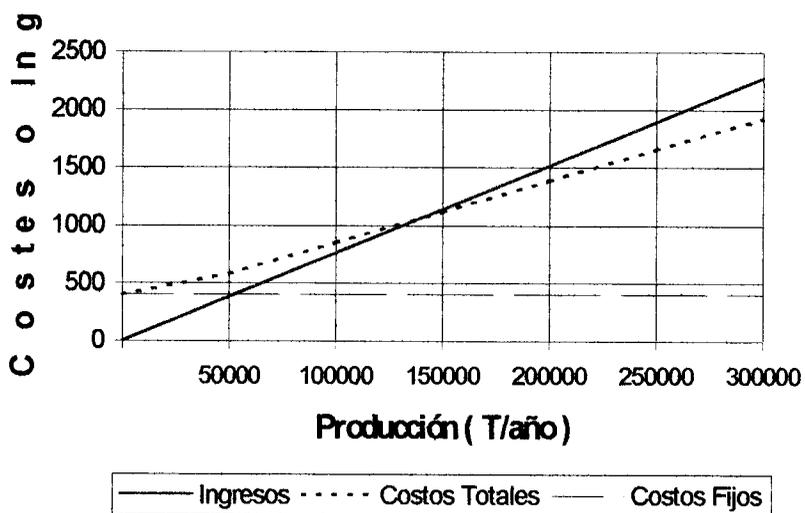
ANEXO B7. GRÁFICO DE RELACIÓN ENTRE EL PRECIO / UNIDAD Y EL RATIO MÍNIMO EXPLOTABLE.



Anexo B8. Gráfico de relación entre el Precio / Unidad y la Producción Mínima.



ANEXO B 9. Gráfico de Costes Fijos y Variables para distintos niveles de Producción



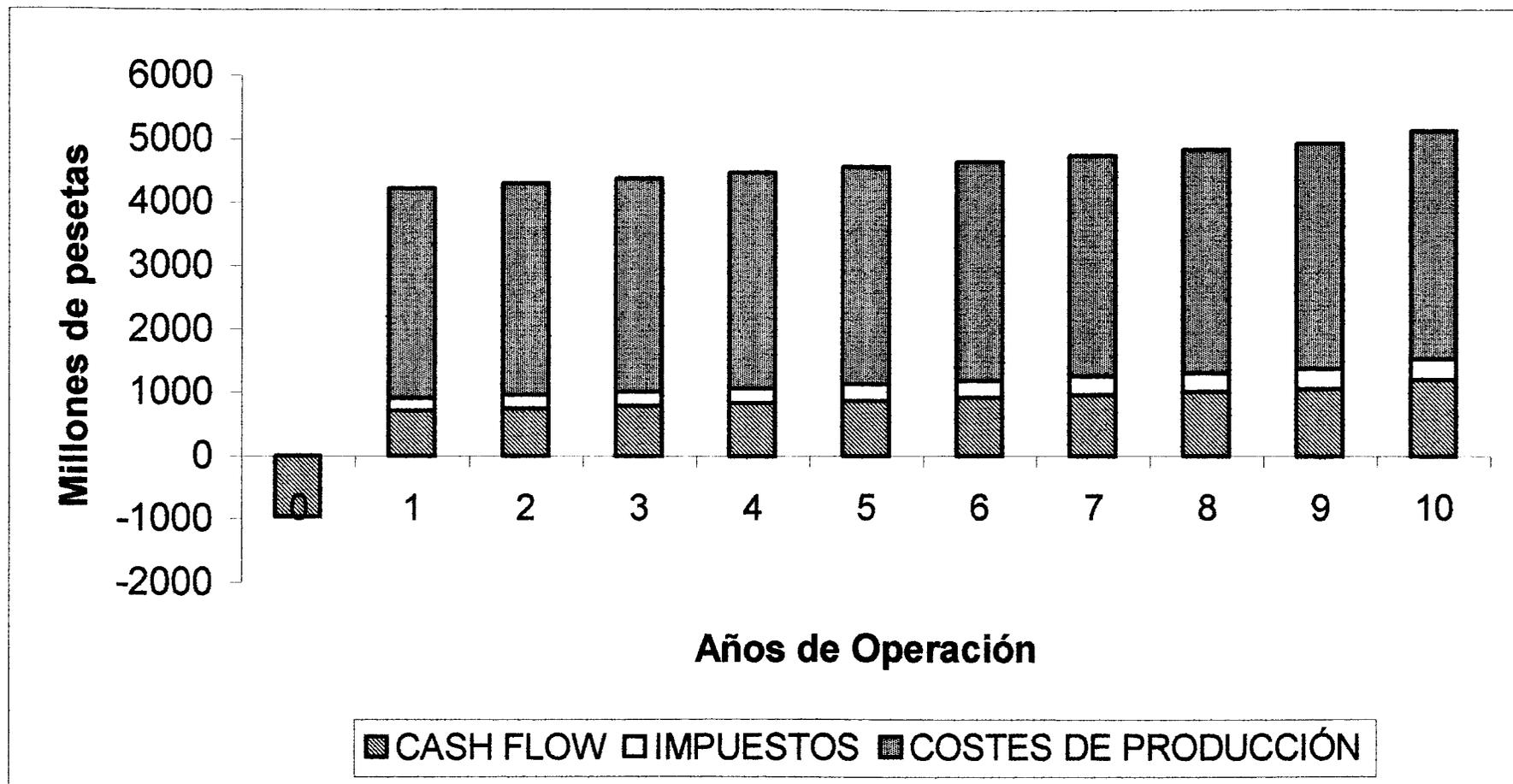
## **ANEXO C**

### **EVALUACIÓN ECONÓMICA**

**ANEXO C1 FLUJO DE CAJA BASE**

	<b>Año</b>	<b>0</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>
Producción	MT		0.555	0.555	0.5546	0.5546	0.5546	0.5546	0.5546	0.5546	0.5546	0.555
Inversión	MPTA	960										
Créditos	MPTA											
Fondos propios	MPTA	960										
Valor Residual	MPTA											92
Ingreso Ventas	MPTA		4209	4294	4380	4467	4557	4647	4741	4835	4932	5031
Costos	MPTA		3303	3332	3364	3395	3427	3459	3491	3525	3559	3594
Pago de préstamos	MPTA		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Beneficio bruto	MPTA		907	961	1016	1072	1130	1189	1249	1310	1373	1436
Amortización	MPTA		83	83	83	83	83	83	83	83	83	83
Factor Agotam.	MPTA		247	264	280	297	314	332	350	368	387	406
Benef. Antes IMP.	MPTA		577	615	653	693	733	774	817	859	903	948
Impuestos	MPTA		202	215	229	242	257	271	286	301	316	332
Benef. después IMP.	MPTA		375	400	425	450	476	503	531	558	587	616
Fondos generados	MPTA		705	746	787	830	873	918	964	1009	1057	1105
Cash - flow operat.	MPTA	-960	705	746	787	830	873	918	964	1009	1057	1197

## ANEXO C2. GRAFICO DE MOVIMIENTOS DE FONDOS



### ANEXO C3. VARIACIÓN DE LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN

		-5%	0%	5%	10%	15%
Año						
0	MPTA	-960	-960.0	-960	-960	-960
1	MPTA	760.0	760.0	760.0	760.0	760.0
2	MPTA	901.0	746.0	721.0	631.0	542.0
3	MPTA	1038.0	787.0	679.0	485.0	283.0
4	MPTA	1173.0	830.0	633.0	321.0	-21.0
5	MPTA	1304.0	873.0	582.0	135.0	-377.0
6	MPTA	1431.0	918.0	528.0	-73.0	-794.0
7	MPTA	1558.0	964.0	470.0	-306.0	-1280.0
8	MPTA	1681.0	1009.0	406.0	-568.0	-1847.0
9	MPTA	1802.0	1057.0	338.0	-860.0	-2506.0
10	MPTA	2013.0	1197.0	356.0	-1095.0	-3181.0
TRI (15%)		94.10%	78.50%	72.86%	19.04%	-
VAN	MPTA	4,476	2,700	1,796	-87	-2,461

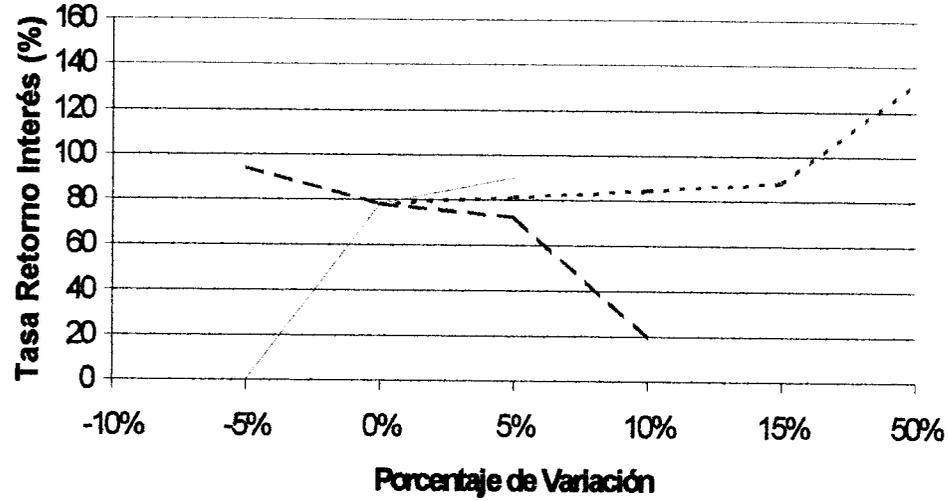
## ANEXO C4. VARIACIÓN DE LOS INGRESOS

Año		-10%	-5%	0%	5%
0	MPTA	-960	-960	-960	-960
1	MPTA	705	705	705	705
2	MPTA	365	526	746	841
3	MPTA	55	349	787	984
4	MPTA	-226	182	830	1136
5	MPTA	-482	22	873	1296
6	MPTA	-714	-132	918	1465
7	MPTA	-927	-279	964	1643
8	MPTA	-1121	-422	1009	1604
9	MPTA	-1298	-558	1057	2029
10	MPTA	-1370	-598	1197	2329
TIR			0.37%	78.50%	90%
VAN (15%)	MPTA	-1,857	83	2,700	3,984

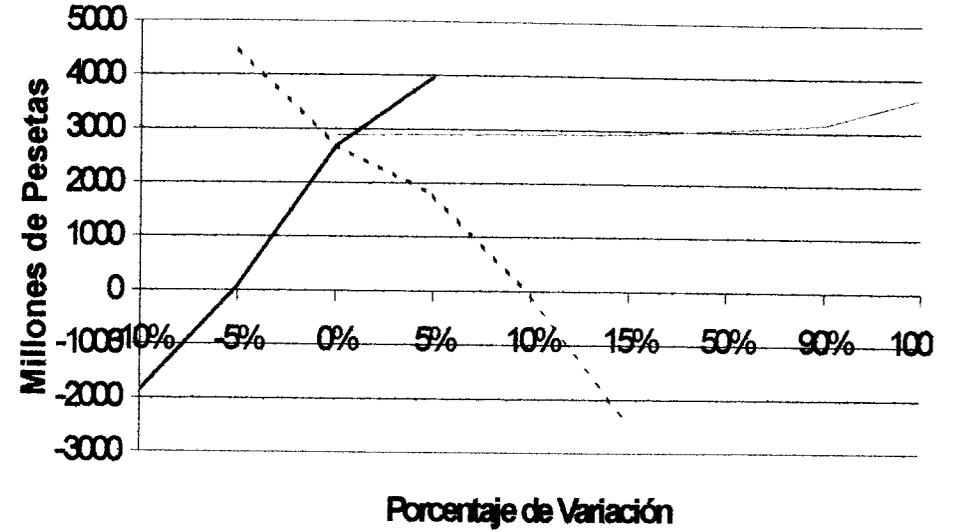
## ANEXO C5. VARIACIÓN EN EL FINANCIAMIENTO

		0%	50%	90%	100%
Año					
0	MPTA	-960	-480	-96	
1	MPTA	705	609	533	514
2	MPTA	746	650	574	555
3	MPTA	787	692	615	596
4	MPTA	830	734	658	639
5	MPTA	873	778	701	682
6	MPTA	918	918	918	918
7	MPTA	964	964	964	964
8	MPTA	1009	1009	1009	1009
9	MPTA	1057	1057	1057	1057
10	MPTA	1197	1197	1197	1197
TRI		78,5%	133.7%	562.6%	-
VAN (15%)	MPTA	2,895	3,033	3,144	3,648

### ANEXO C6. GRAFICO DE VARIACIÓN DE PARÁMETROS



--- Costos    — Ingreso    ..... Financiamiento



..... Costos    — Ingresos    - - - Financiamiento