

T
553.51
C146

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

“Optimización de la operación de explotación de caliza”

Referencia: Concesiones Mineras Preconsa y Ampliación Precón



TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO DE MINAS

Presentada por:

JAVIER CALDERON PANCHI

GUAYAQUIL - ECUADOR

1997

DECLARACION 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 POLITECNICA DEL LITORAL".

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



JAVIER CALDERON PANCHI



DEDICATORIA

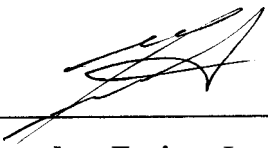


BIBLIOTECA
CENTRAL

A MI PATRIA

A MI MADRE

A MIS HERMANOS



Ing. Enrique Luna.

Presidente del Tribunal



Ing. Walier Camacho N.

Director de Tesis



Ing. Jorge Velasco

Miembro del Tribunal



Ing. Coralia de la Cadena

Miembro del Tribunal

RESUMEN

El presente estudio tiene como objetivo rediseñar las operaciones de explotación, carga, transporte y trituración primaria de caliza mediante el reemplazo de equipo que ha cumplido su vida útil con la finalidad de triturar 500.000 toneladas anuales en las concesiones mineras Preconsa y Ampliación Precón. Previo al rediseño de las operaciones se presenta un marco geológico regional y local de las áreas mineras, la situación de la cantera en cuanto a sus reservas totales, descripción de la operación de explotación y trituración.

Se propone un plan de minado en base a las reservas explotables y al diseño de la cantera; se planifica la producción de caliza en base a un plan anual de explotación y se presenta una sección del tajo y plan de la cantera al terminar su vida útil. La selección de equipo se hace de acuerdo con el diseño de la mina y su capacidad operativa determina los niveles de producción

Se establece al final qué equipo es necesario de ser reemplazado, la inversión y una evaluación económica reflejada mediante índices económicos. Al final se dan las conclusiones y recomendaciones respectivas.

INDICE GENERAL

RESUMEN.....	IV
INDICE GENERAL	V
INDICE DE FIGURAS.....	VIII
INDICE DE TABLAS	X
INDICE DE ABREVIATURAS	XI
INTRODUCCION	14
I. GENERALIDADES	16
1.1 Concesiones mineras	16
1.2 Topografía e hidrología superficial	16
1.3 Vegetación y clima	18
1.4 Historia e investigaciones previas	19
II. GEOLOGIA	20
2.1 Geología Regional	20
2.1.1 Formaciones geológicas	20
2.1.2 Estructuras y geomorfología	23
2.2 Geología Local	24
2.2.1 Formacion Cayo, Miembro Guyaquil	24
2.2.2 Formacion <i>San</i> Eduardo	25
2.2.3 Formacion <i>Las</i> Masas	30
2.2.4 Estructuras	30

III.	SITUACION DE LA CANTERA	32
	3.1 Reservas de caliza	32
	3.2 Explotación	34
	3.3 Diagrama de la planta actual de trituración	35
IV.	PLANIFICACION Y DISEÑO DE LA CANTERA	40
	4.1 Inventario de caliza explotable por niveles y sectores en Preconsa	40
	4.2 Inventario de caliza explotable por niveles y sectores en Ampliación Precón	40
	4.3 Diseño de la cantera	46
	4.4 Requerimientos de producción	50
	4.5 Planificación de la producción	51
V.	REEMPLAZO DEL EQUIPO DE EXPLOTACION	72
	5.1 Rasgadura y empuje	72
	5.1.1 Unidad actual	72
	5.1.2 Criterios para el reemplazo de equipo	74
	5.2 Perforación	76
	5.2.1 Unidad de perforación actual	76
	5.2.2 Criterios para el reemplazo de equipo	77
VI.	REEMPLAZO DEL EQUIPO DE CARGA Y TRANSPORTE	80
	6.1 inventario y productividad del equipo actual	

de carga y transporte	80
6.2 Sistema de carga y transporte	83
6.3 Tiempos ciclo de <i>carga</i> y transporte	88
6.4 Determinación del número y capacidad de unidades de transporte	89
6.5 Unidad de <i>carga</i>	89
 VII. REEMPLAZO DEL EQUIPO DE TRITURACION PRIMARIA	92
7.1 Características del material a triturar	92
7.2 Requerimientos de reducción de tamaño	93
7.3 Método de reducción de tamaño y equipo de trituración	93
7.4 Requerimientos de energía	94
7.5 Diagrama de proceso	95
 VIII. EVALUACION ECONOMICA	98
8.1. Necesidades de reemplazo de equipo	98
8.2. Inversión	100
8.3. Factores de análisis	100
8.4. Indices económicos	101
 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	103
APENDICES	106
BIBLIOGRAFIA	121

INDICE DE FIGURAS

No.	pág.
1. UBICACIÓN DE LAS CONCESIONES MINERAS.....	17
2. GEOLOGIA REGIONAL.....	21
3. GEOLOGIA LOCAL.....	26
4. COLUMNA ESTRATIGRAFICA. CONCESIONES MINERAS PRECONSA Y AMPLIACION PRECON.....	27
5. FRENTES ACTUALES DE EXPLOTACION	37
6. SECCION TAJO ACTUAL.....	38
7. PLANTA DE TRITURACION DE CALIZA DIAGRAMA DE FLUJO	39
8. SECTORES DE EXPLOTACION EN PRECONSA Y AMPLIACION PRECON.....	41
9. NIVELES DE EXPLOTACION DEL SECTOR C7-C8 EN EL PERFIL C7.....	42
10. SECCION DE CANTERA, TAJO FINAL.....	47
11. PLAN TAJO FINAL	48
12. ESQUEMA EN PLANTA DE LA VOLADURA Y DISTRIBUCION DEL EXPLOSIVO EN EL BARRENO	52
13. PLAN PRIMER AÑO	54
14. PLAN SEGUNDO AÑO	55

15. PLAN TERCER AÑO	56
16. PLAN CUARTO AÑO	57
17. PLAN QUINTO AÑO	58
18. PLAN SEXTO AÑO	.59
19. PLAN SEPTIMO AÑO	60
20. PLAN OCTAVO AÑO	61
21. PLAN NOVENO AÑO	62
22. SECCION CANTERA, TAJO PRIMER AÑO	63
23. SECCION CANTERA, TAJO SEGUNO AÑO	64
24. SECCION CANTERA, TAJO TERCER AÑO	65
25. SECCION CANTERA, TAJO CUARTO AÑO	66
26. SECCION CANTERA, TAJO QUINTO AÑO	67
27. SECCION CANTERA, TAJO SEXTO AÑO	68
28. SECCION CANTERA, TAJO SEPTIMO AÑO	69
29. SECCION CANTERA, TAJO OCTAVO AÑO	70
30. SECCION CANTERA, TAJO NOVENO AÑO	71
31. DIAGRAMA PLANTA DE TRITURACION PRIMARIA.	97

INDICE DE TABLAS

No.	pág.
Ia. INVENTARIO DE CALIZA EXPLOTABLE EN PRECONSA MACIZO ROCOSO.....	43
Ib. INVENTARIO DE CALIZA EXPLOTABLE EN PRECONSA. DERRUMBE.....	44
II. INVENTARIO DE CALIZA EXPLOTABLE EN AMPLACION PRECON.....	45
III. PLAN PRODUCCION ANUAL DE CALIZA.	53
IV. INVENTARIO EQUIPO DE CARGA Y TRANSPORTE.....	81
V. PRODUCTIVIDAD EQUIPO DE CARGA Y TRANSPORTE.....	82
VI. SISTEMAS DE EXCAVACION Y CARGA	86
VII. SISTEMAS DE TRANSPORTE.....	87
VIII. PRODUCTIVIDAD EQUIPOS DE CARGA.	91

INDICE DE ABREVIATURAS

cfm	:	pies cúbicos por minuto
cm	:	centímetro
Fig.	:	figura
Fm.	:	Formación geológica
fpm	:	pies por minuto
ft	:	pies
G	:	Ganancia
HP	:	caballos de fuerza
Kg/m	:	kilogramos por metro
Kg/cm²	:	kilogramos por centímetro cuadrado
Kg/t	:	kilogramos por tonelada
Km/h	:	kilómetro por hora
Kw	:	kilowatts
Kw-h/st	:	kilowatts hora por tonelada corta
hpd	:	horas por día
in	:	pulgadas
L	:	litros
lb/yd³	:	libras por yarda cúbica
m	:	metros
min / h	:	minutos por hora

mm .	:	milímetros
mph	:	metros por hora
m. perf. / m³	:	metros perforados por metro cúbico
m. perf. / t	:	metros perforados por tonelada
m . s. n. m .	:	metros sobre el nivel del mar
ms	:	milisegundos
ms / m	:	milisegundos por metro
m³	:	metros cúbicos
m³ / h	:	metros cúbicos por hora
m³/min	:	metros cúbicos por minuto
NW-SE	:	orientación noroeste-sureste
P / A_{i,n}	:	Factor valor presente serie uniforme
PC	:	Período de cancelación
PGI	:	Porcentaje de ganancia sobre la inversión
p.	:	página
pp.	:	páginas
psi	:	libras por pulgada cuadrada
R	:	Rentabilidad
rpm	:	revoluciones por minuto
st	:	tonelada corta
t	:	toneladas
tpd	:	toneladas por día



t / m³ : toneladas por metro cúbico

µm : micras

\$: dólares

\$ / m³ : dólares por metro cúbico

\$ / t : dólares por tonelada

° : grados

°C : grados centígrados

% : porcentaje

INTRODU ON

La Cantera de Caliza perteneciente a Hormigones Precón S.A. está ubicada en el Km. 14 ½ vía a la costa y comenzó a explotarse en el año 1973 con una producción media de 150.000 toneladas; se dedica exclusivamente a la producción de agregados para el hormigón. La producción promedio es de 300.000 toneladas anuales de caliza triturada en dos turnos de trabajo de 11 horas cada uno. El 75% de la producción está destinada al abastecimiento de la planta de Hormigones Precón ubicada en las instalaciones de San Eduardo, el otro 25% lo consume la planta de asfalto de la Compañía Equidor S. A. y clientes varios.

Las perspectivas de aumento en ventas de Hormigón Pre-mezclado, el consumo mayor de agregados de la planta de asfalto, la localización de la cantera en la zona urbana de la ciudad de Guayaquil ha llevado a la Gerencia planear triturar 500.000 toneladas anuales de caliza en cantera. Acelerar el proyecto a 500.000 toneladas anuales no es posible ahora dadas las condiciones mecánicas y operativas de los equipos existentes, situación que obliga a planificar su reemplazo en capacidad y número a fin de cumplir con la meta de producción.

El dimensionamiento del equipo y las unidades necesarias no aseguran cumplir la meta de producción; para ello, es necesario el desarrollo sistemático de la explotación mediante una adecuada secuencia de minado que asegure el aprovisionamiento constante de material para su transporte a la trituradora primaria,

este desarrollo sistemático permitiría mantener la estabilidad de la excavación y aprovechar la totalidad de la caliza explotable **en** toda **la** vida **útil** de la **cantera**. La explotación de la caliza **se** ha llevado a **cabo sin** un plan de minado de **por medio**; esto ha provocado la **irregularidad** del suministro **de** la caliza a la planta. La **falta** de mantenimiento adecuado **de** los caminos de **acarreo** ha reducido el **rendimiento** y, en consecuencia, la disponibilidad y utilización del equipo, **en** perjuicio de la **productividad**. El **plan** de minado *comprende*: establecer taludes **finales** y **diseñar** la geometría del **tajo** final, inventariar la caliza explotable **en** las **dos** concesiones mineras y planificar la producción.

Finalmente la evaluación económica **del** proyecto mediante **índices económicos** **pretende** comprobar si la inversión en **equipos** de explotación y trituración primaria **se** pagaría con el incremento en la producción **que se** logrará **con** ellos. La **vi&** del proyecto **se** fijó en diez años; **se** establecieron como constantes la **tasa** de interés y el precio de venta **del** agregado. La inversión en **equipo** nuevo **se** supuso aplicable al año cero del análisis **económico** y en una sola emisión. **Ya que** la evaluación **se** hizo **sin** un análisis financiero, no **se** estudiaron las vías y los **costos** de financiamiento para la aceleración del **proyecto**. **Los** índices empleados en el análisis **económico** son: ganancia, rentabilidad, porcentaje **de** ganancia sobre la inversión y el **período de** cancelación.

CAPITULO 1

GENERALIDADES

1.1 Concesiones Mineras

Las concesiones de Hormigones Precón S. A. comprenden 48 hectáreas, 32 corresponden a Preconsa y 16 de Ampliación Precón. Las concesiones están ubicadas en la Provincia del Guayas, Cantón Guayaquil, Parroquia Tarqui, a la altura del Km. 14 ½ de la vía Guayaquil-Salinas. (Ver Figura 1)

Las Coordenadas UTM del Punto de Partida de las concesiones son:

PP 611.202 E - 9759.007 N

1.2 Topografía e hidrología superficial

El área de las concesiones está localizada en la estribación meridional de la Cordillera Chongón-Colonche, tiene una topografía bastante irregular con

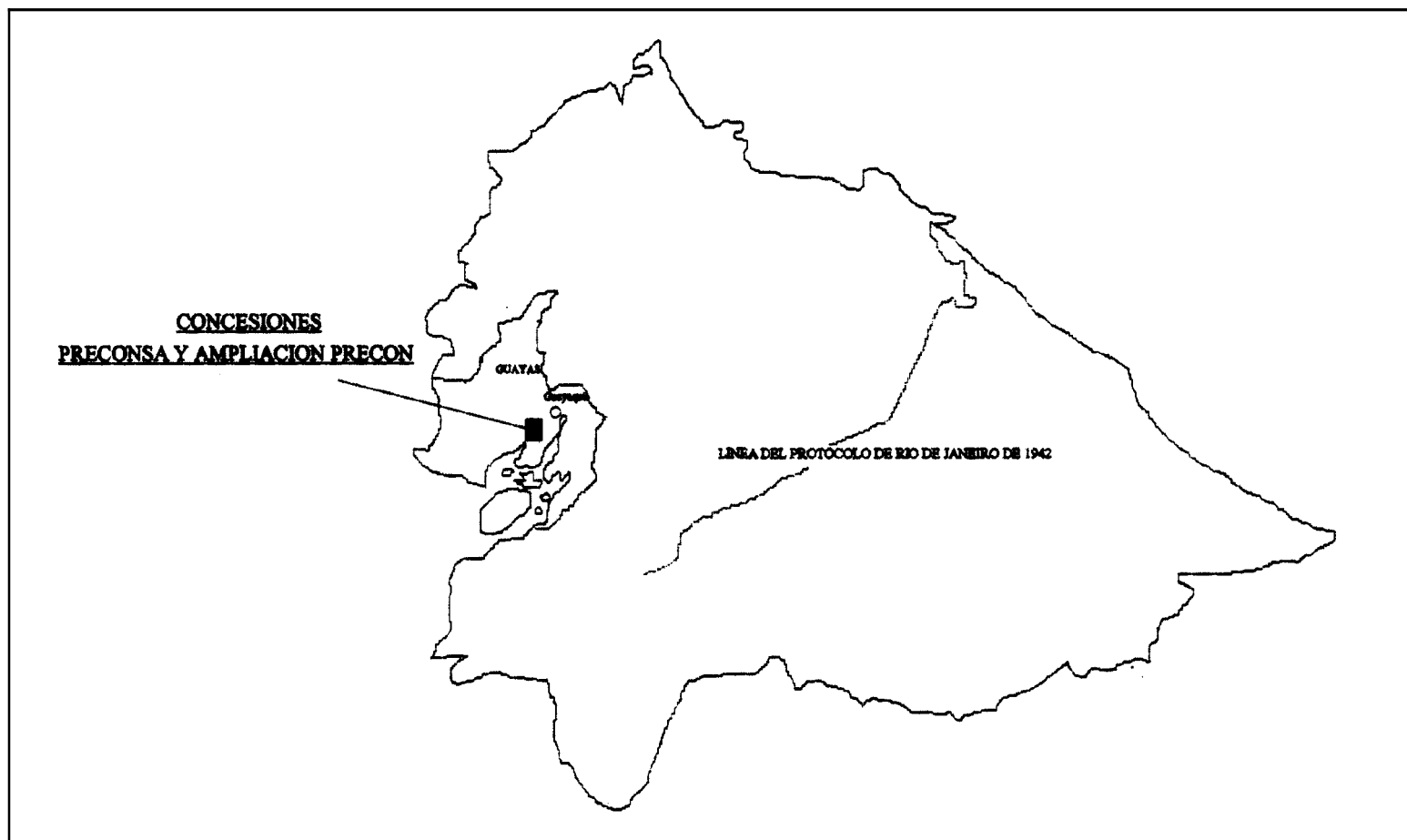


Fig. 1.- Ubicación de las concesiones mineras

altitudes desde **10 m.** sobre el nivel del **mar** en zonas **bajas** (vía Guayaquil-Salinas) hasta **250 m.** en la **parte más alta**.

En la estación invernal el **agua se descarga** hacia el **sur** del **área** por **dos** quebradas principales, **Lérída** y **Vidal**; **actualmente** esta **descarga de agua** se ve **afectada** en su curso debido **a** la ejecución de labores mineras y de infraestructura, **para** tal efecto **se** dispone de un ducto-cajón en la **parte oeste del Brea** que **conduce** las aguas de la quebrada **Lérída** hacia la quebrada **Vidal** y **que** son evacuadas hacia **las zonas bajas**.

13 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 **(1)**. 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** **23,8** °C **(1)**. La **humedad** media **anual** **es** de **77%** **(1)**.

14 Historia e investigaciones previas.

Desde fines de 1987 se delineó la realización de un programa de rehabilitación de la Concesión Minera Precón, teniendo como objetivos básicos la planificación de las actividades mineras y la explotación tecnificada de las reservas de caliza.

“Se estableció el levantamiento Geológico General de ambas concesiones y el cálculo de reservas de caliza en cada una de las concesiones. Se delineó el trazado de niveles y caminos; también, se realizaron perforaciones someras con las unidades rotoperkusivas de producción en los lugares o zonas donde no existían afloramientos para delimitar los contactos entre la Unidad 1 (Fm. San Eduardo) y la Fm. Las Masas (estéril)” (2).

La cantidad y categorización de reservas por concesión contenidas en el informe de rehabilitación de la Concesión Minera Precón se presentan en la tabla siguiente:

CONCESION MINERA	RESERVAS PROBADAS	RESERVAS PROBABLES	RESERVAS POSIBLES
PRECONSA	5'036.436	3'071.274	1'211.649
AMPLIACION PRECON	2'292.504	823.776	257.526
TOTAL	7'328.940	3'895.050	1'469.175

CAPITULO II

GEOLOGIA



2.1 Geología Regional

2.1.1 Formaciones geológicas

Las principales formaciones que se presentan en las estribaciones sur de la Cordillera de Chongón-Colonche son: Cayo, San Eduardo y Las Masas (3). (Ver Figura 2)

“La Formación Cayo de edad cretácico superior descansa en aparente concordancia con la infrayacente Formación Piñón y esta constituida por tres miembros: *calentura*, Cayo Senu-Stricto y Guayaquil. El Miembro Calentura constituye la base de la Formación Cayo, consiste de calizas y pizarras bien silicificadas con colores que van del gris oscuro al pardo, así como también argilitas calcáreas y areniscas. El Miembro Cayo Senu-Stricto forma la parte media de la formación Cayo, esta constituida por

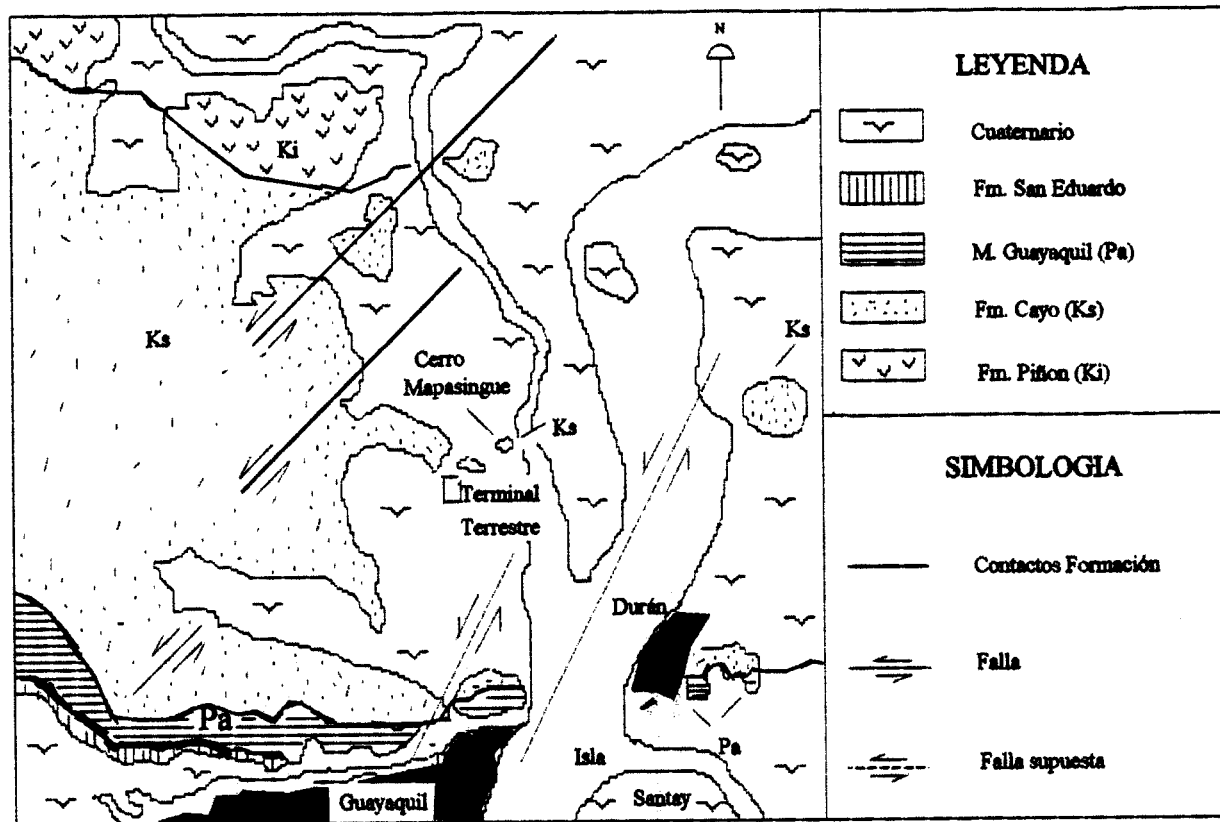


Fig. 2.- Geología Regional (escala aprox. 1:100.000)

Figura original tomada de Geociencia (3)

argilitas, **areniscas tobáceas**, conglomerados, lutitas, **pizarras** arcillosas e intercalaciones de bancos decimétricos de lutitas tobáceas” (1). Miembro Guayaquil constituye la parte superior de la Formación Cayo, aflora **en** las **cercanías** de Guayaquil **y** en la **parte** alta de la cordillera Chongón-Colonche, ocupando una franja alargada en **sentido** este-oeste; “su litología consiste en **lutitas tobáceas** y **lutitas** fósiles **que** ocurren en menor **cantidad**” (1); **su** coloración varía de **gris** claro a **gris** oscuro, **se** presentan en **capas** bien estratificadas en **espesores de 10 a 40 cm.** “Se **observan** estructuras primarias **tales como** pliegues de carga boudinage, estratificación **gradada** y laminación, **su espesor es de** aproximadamente **450 m.**”(1).

La Formación **San Eduardo** **aflora** predominantemente en las estribaciones sur de la cordillera Chongón-Colonche y **se** extiende en sentido este-oeste buzando hacia el **sur.** “**Su** litología está constituida por calizas arrecifales detríticas y fosilíferas de colores cremas y **grises**; los componentes de **estas** calizas consisten **en granos de** arrecifes angulares a redondeados; a **veces** guijarros removidos de calcilutitas **y de** chert ocurren en la secuencia, **presentando** ciclos turbidíticos **que van desde** calciruditas **en** la parte inferior **pasando** a calcarenitas y hacia el **tope**, a calcilutitas. **Su edad** ha sido ubicada **como** Eoceno **Medio.**”(1). A través de toda la secuencia **es** común observar la presencia de arcilla entre los planos de estratificación, **nódulos y lentes** de sílice amorfa. La caliza **San Eduardo** descansa sobre el Miembro **Guayaquil** en contacto aparentemente

concordante, **pero según** las edades respectivas de **ambos** depósitos **hay** un hiato **de** sedimentación entre ellos; buza hacia el **suroeste** debajo de la Formación Las Masas (1).

La Formación Las Masas **consiste** en limolitas y “lodolitas duras de color azul verdoso, **se** presentan bien estratificadas y mantienen un espesor **que** varía entre 0 y 360 m.” (1). El contacto **superior** con los sedimentos arcillo-arenosos del Grupo **Ancón** no **ha** sido **observado** y **su edad** ha sido establecida en **base a su** posición estratificada y **a su** fauna fósil como **Eoceno Medio-Superior; Grupo Ancón**, término introducido **para** designar una serie de sedimentos **que** afloran en el **borde sur** de la Cordillera de Chongón-Colonche (1).

2.12 Estructuras y geomorfología

“**Regionalmente** los rasgos geomorfológicos característicos son: La Cordillera Chongón-Colonche, elevaciones **medias** de Pascuales y Planicie del **Guayas**” (1). La Cordillera Chongón-Colonche **se** compone de una serie de colinas, cuya elevación media **es** de **unos 700 m.** y de orientación NW-SE; la **cresta de** esta cordillera forma la divisoria de las aguas **que** fluyen a la cuenca del **Guayas** y de las **que** desembocan **al** Océano Pacífico hacia el sur-oeste (1). Las elevaciones **medias de** Pascuales **se** desarrollan al nor-este **sin** un alineamiento preferencial, donde la **altura** máxima **alcanzada** es de **120 m.** en el **cerro** Totoral. La Planicie del Guayas **se**

caracteriza por el desarrollo de una topografía **muy** plana, interrumpida **ocasionalmente** por pequeñas elevaciones **como** las de Samborondón, Pascuales, Masvale, **Punta** de Piedra, etc. (1).

La presencia de la falla La Cruz, falla normal de *gran* ángulo movida hacia **el este**, su máximo desplazamiento es estimado **en 7.000** pies; “la actual morfología presenta un **patrón** de fallas **asociadas con** la **falla** principal, la cual **es** atribuida a los **esfuerzos** establecidos por el incremento de *carga* deposicional del **último período** del Terciario **que** renovaron movimientos a **lo largo de** planos de fallas establecidas anteriormente”(1).

22 Geología local

2.2.1 Formación Cayo, Miembro Guayaquil

Pertenece a la **edad Cretáceo** Superior y en el área de estudio **únicamente** aflora **su** miembro superior, es decir el Miembro **Guayaquil**.

Constituye la **base sobre** la cual descansa el **yacimiento de caliza**, y su litología la constituye: lutitas silicificadas, cherts, lutitas tobáceas y algunas **areniscas**, las **cuales** parcialmente poseen carbonato de **calcio** debido a la percolación del mismo a partir de la suprayacente Fm. **San Eduardo** (1). **Los** datos estructurales son generalmente **rumbo NE-SW** con **buzamientos** variables entre 30° a 55° hacia el **Sr**.

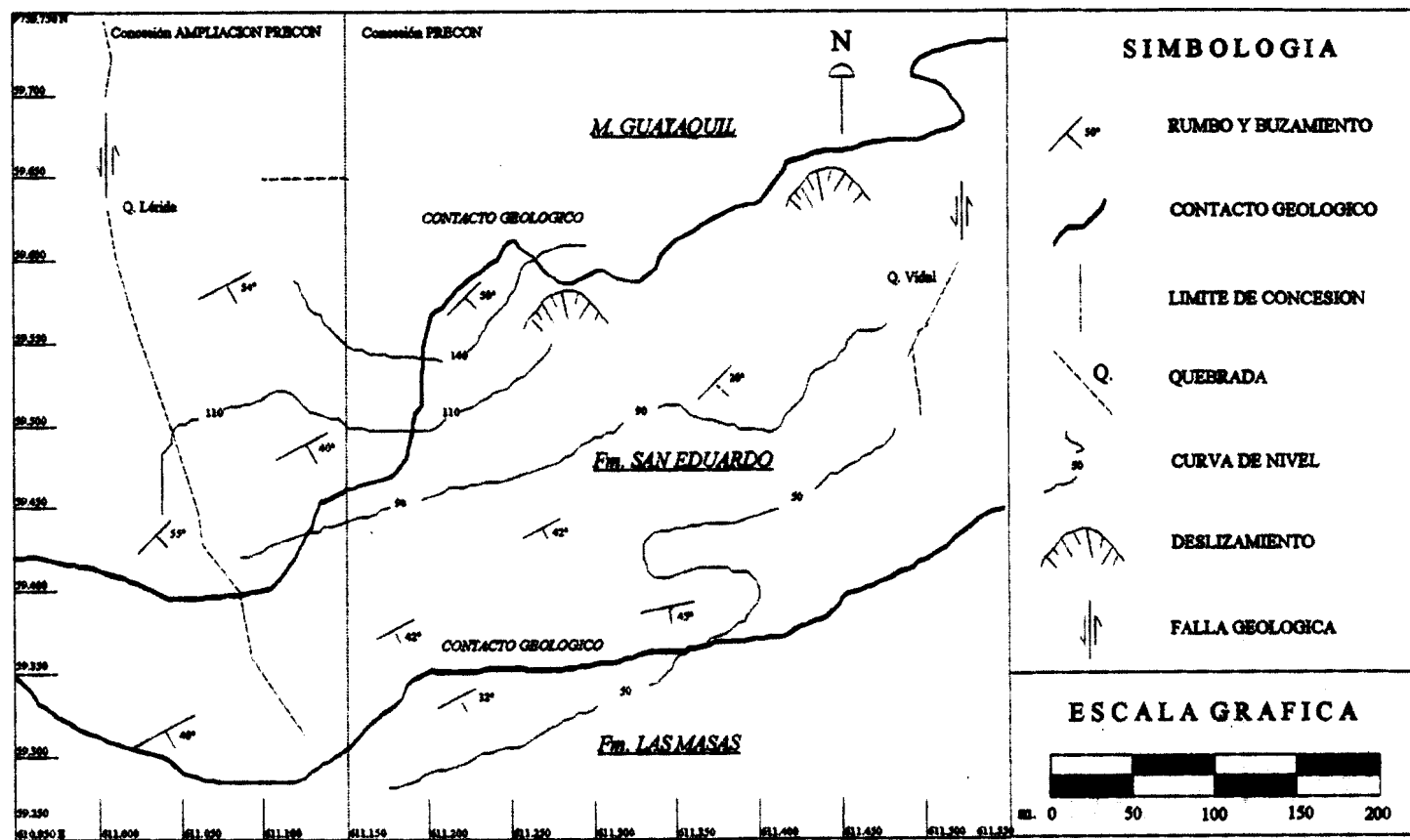
En el extremo este de la Concesión Preconsa **aflora** el miembro Guayaquil a la altura **de** la cota **140**, como **resultado** del plegamiento anticlinal que afecta a las concesiones mineras adyacentes al área de **estudio; sobre** el centro de la Concesión Precón, **ocupa** la **parte** Norte del **área**, habiéndose desplazado el **contacto con** la caliza **más** hacia el **Sur** como consecuencia **de** los derrumbes **ocurridos** anteriormente (2). **Se** observa un plano de deslizamiento de **unos** 300 metros de largo en dirección NE-SW **que** **corona** el **cerro** **va** **que se cortó** las capas de la Fm. **San Eduardo** sin seguir la inclinación de los **estratos** y **ocurrió** un **deslizamiento** plano de tipo gravitacional. En la Concesión Ampliación **Preconsa**, hacia la quebrada **Lérida**, el Miembro Guayaquil **ocupa** las **partes** topográficas **bajas**, subiendo nuevamente **su** contacto **al Norte** hacia **los** declives **de** la quebrada.

222 Formación San Eduardo

“Pertenece al Eoceno **Medio**, **litológicamente** **está** formada por calizas **de** **variados** **contenidos** **calcáreos** y **con** diferentes características texturales y estructurales” (2); el rumbo general de las **capas** **de** la Fm. **San Eduardo** **vá** en dirección **NE-SW** y **sus** **buzamientos** **variables** son **en** promedio **de** **40°** **a** **45°** hacia el **Sur**. **(Ver** Figura 3)

Se estima conveniente subdividirla localmente **en** 4 unidades litológicas **(Ver** Figura 4):





Geología modificada por Javier Calderón P.

Fig. 3.- Geología local

Figura en base al Levantamiento Topográfico de frentes de explotación

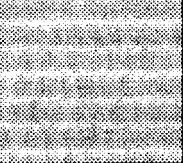
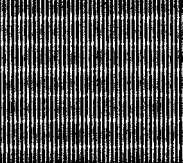
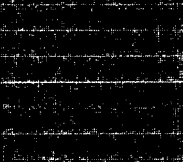
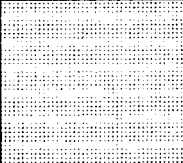
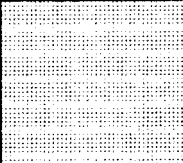
EDAD	FORMACION	UNIDAD	ESPESOR	% CO₂ Ca	SIMBOLOGIA	DESCRIPCION LITOLOGICA
EOCENO SUPERIOR	LAS MASAS					Limolitas gris amarillenta, fracturadas, aspecto tobaceo, abrasibilidad muy alta
EOCENO MEDIO	SAN EDUARDO	I	25 a 12 m.	92% CO ₃ Ca		Calizas color crema, textura fina a media, bien estratificada, poca sílice, arcilla entre estratos, baja abrasibilidad
		II	21 a 12 m.	80% CO ₃ Ca		Calizas y lutitas calcáreas, aspecto masivo, estratificadas, color <i>negro</i> síliceas, alta abrasibilidad
		III	27 a 18 m.	92% CO ₃ Ca		Calizas color crema, bien estratificada, sílice poco abundante, baja abrasibilidad
		IV	18 a 10 m.	74% CO ₃ Ca		Margas y lutitas calcáreas, estratificadas, nódulos de sílice. alta abrasibilidad
CRETACICO SUPERIOR	GUAYAQUIL					Lutitas silicificadas, tobáceas, cherts y areniscas, muy alta abrasibilidad

Fig 4 - Columna Estratigráfica
Concesiones Mineras Preconsa y Ampliación Precón

Original tomada del Informe de Rehabilitación Precón (2).

“La Unidad I esta formada por un material calcáreo de **grano** bastante fino fosilífera, **con** contenidos de carbonato de calcio de 90% en promedio, considerado regionalmente como el más adecuado **para** piedra de corte, bajo contenido de sílice nodular o **bandeada**” (2). Constituye la **parte superior** de la formación calcárea, está en contacto con la Formación **Las Masas**, y “está caracterizada por una secuencia bien estratificada de calcilutitas y calcarenitas de color beige o crema” (2), **se** presentan además meteorizaciones y fracturamientos **con** rellenos de arcilla **de** color pardo amarillento (2). Es **característico** encontrar también sílice **en capas muy delgadas**, vetillas **de** calcita y glauconita en menor cantidad.

“La Unidad II está constituida por **un** material calcáreo de caliza intraclástica y margas **de aspecto** masivo con contenidos de carbonato **de** calcio de **82%** en promedio”, altos contenidos **de** sílice de **todo** tipo, coloración gris **oscura**, por este motivo, es la piedra **más** abrasiva **y** dura de la formación; **característica** de esta unidad, es **su aspecto** masivo y el olor a **bitumen** (2).

“La Unidad III **es** de material calcáreo más rugoso, **más** arenoso, **de caliza** bien estratificada, **con contenidos** de carbonato de calcio de 92% en promedio, bajo **contenido** de sílice **y** coloración beige” (2). **Está** constituida por calcilutitas y calcarenitas de color beige variando hacia su **parte inferior** a gris claro, presenta **una** textura muy **fin**a y compacta; se intercalan en **esta** unidad **capas** muy delgadas de margas calcáreas de color

gris a negro y **capas** centimétricos de arcilla negra (2). **En** las calcarenitas es característico observar flujos milimétricos de material negro areno-arcilloso. También existe sílice **en** capas **muy** delgadas y **en** pequeños nódulos **en** la parte inferior del yacimiento; además vetillas de calcita y glauconita **en** poca cantidad.

“**La Unidad IV compuesta** por intercalaciones de margas calcilutitas y calcarenitas de color **gris oscuro a negro** y bajo contenido de **carbonato** de calcio, 70% **como** promedio. Esta unidad **esta constituida** por una alternancia de calcilutitas y calcarenitas de color beige y **gris** claro, margas calcáreas y síliceas de color **gris oscuro** a negro; prevaleciendo estas últimas **en toda** la secuencia. Característica de esta secuencia **es** la ocurrencia de depositación turbidítica y depositación laminar fina, generalmente en las capas margosas” (2). Se presentan también vetillas de calcita, sílice en capas **muy** delgadas y glauconita. **Esta** unidad es la base de la formación calcárea.

“El **espesor** de la **Fm. San Eduardo** varía en el área de estudio entre **70 y 75 m.**, apreciándose en Ampliación Precón un ligero adegazamiento en la Unidad IV, y un incremento en el espesor de la **Unidad I**” (2). **En** la concesión Preconsa, el contacto de **caliza con** la suprayacente **Fm. Las Masas** **ocurre** aproximadamente a **cota 50 m.**, en tanto **que** en Ampliación Precón **ocurre** a cota **60 m.**

En el **área** del deslizamiento la superficie es abrupta en la **parte** superior (aproximadamente **40 m.**) y **se hace** convexa en la **parte** inferior, el material **se** dispone como **un** manto que descansa **sobre** la superficie de deslizamiento aproximadamente 75.000 m². El área del deslizamiento **se** denominada **"derrumbe"** por **la característica** del material producto del deslizamiento, **esto es** clastos **de** caliza subredondeadas o **de forma** tabular **en matriz de** arcilla **poco** consolidada, los clastos tienen **un tamaño medio de** 25 in., también **se** presentan estratificaciones subhorizontales de caliza que **se** encuentran quebradizos y descansando **sobre** la superficie de deslizamiento.

223 Formación Las Masas

Pertenece **al** Eoceno Superior, ocupa la **parte sur** de las concesiones, estratigráficamente **se** ubica sobre la **Fm. San** Edurardo, **con la cual tiene** **un** contacto **concordante**, su rumbo **es** en dirección **NE-SW** y sus buzamientos entre 30" a 40° al **Sur (i)**. **Está constituida** por limolitas **tobáceas** poco densas de color **amarillento al estar meteorizada y de tonos azulados a profundidad muy fracturada.**

224 Estructuras

La caliza en **Preconsa** y Ampliación **Precón** tiene **un** rumbo general **sur** de 45° a 65° hacia el oeste y buzamiento variable **de** 35° a **50"** hacia el sureste.

Existen dos familias de diaclasas predominantes de orientación N60°E, 85°S y S40°E, 80S; localmente *en* Ampliación Precón se presentan con orientación N 55°W, 35°W y S80°E, 85N. Se presentan dos fallas de orientación norte-sur que dan origen a las quebradas Vidal y Lérica. (Ver Figura 3)



CAPITULO III

SITUACION DE LA CANTERA

3.1 Reservas de caliza

Como trabajos exploratorios previos **se** procedió a verificar los contactos geológicos en toda el **área** con la Fm. Masas y el Miembro Guayaquil y perforaciones **en** el patio, nivel 50; Ampliación Precón, nivel 90 y 60. (Ver Figura 5).

Factores que se consideran para el cálculo **de** reservas:

- a)** Debido **a** que **en** ambas concesiones mineras la finalidad de la explotación de caliza **es** la producción de áridos, **es** recomendable **para** ello utilizar completamente las **4** unidades calcáreas **de la Fm. San** Eduardo, por lo tanto no **se** excluye del cálculo **a** ninguna de ellas.
- b)** El espesor Útil **de** la caliza en el área, **es** entre **70 a** 75 m. (2).
- c)** Las reservas **de caliza se** dividen en Probadas, Probables y Posibles.

- d) Reservas **Probadas** es la cantidad **de** caliza **que** puede ser observada directamente en ambas concesiones, **es decir** aquella **que** tiene poco o no tiene recubrimiento de la Fm. Las Masas; **cota** mínima en Preconsa **50 m.s.n.m** y en Ampliación Precón **60 m.s.n.m**.
- e) Reservas Probables es la cantidad de caliza **que** está por debajo de las reservas **probadas**, y **que** estan parcialmente recubiertas **por limolitas** de **la Fm. Las Masas**, no son observables y sólo pueden **ser** inferidas; **cota** mínima en **Preconsa 30 m.s.n.m.** y en Ampliación Precón **40 m.s.n.m.**
- f) Reservas Posibles es la **cantidad** de caliza por debajo de las reservas probables, **no** son observables directamente; **cota** mínima en Preconsa **20 m.s.n.m.** y en Ampliación **Precón 30 m.s.n.m.**
- g) Para el cálculo **de** reservas **se** empleó el **método** de los perfiles; en base al Levantamiento **Topográfico** de los frentes de explotación **se** realizaron perfiles Norte-Sur equidistantes **50 m.**, numerados del **C1 al C13** y **que** constituyen los mismos **que se** emplearon **para** el **inventario de caliza** explotable. (Ver Figuras8 y 9).

A continuación **se** presenta las reservas totales calculadas:

CONCESION MINERA	RESERVAS PROBADAS	RESERVAS PROBABLES	RESERVAS POSIBLES
PRECONSA	569.758	706.200	264.750
AMPLIACION PRECON	2'95 1.400	2'920.140	1'403.940
TOTAL	3'52 1.158	3'626.340	1'668.690

32 Explotación

En las concesiones **se** han denominado **tres zonas** de explotación: **derrumbe**, **herradura** y **ampliación precón**. En la **zona de derrumbe** la **cota máxima** es **140**, en **herradura** **90** y en **ampliación precón** **120**; las **zonas desarrolladas** **son** las **dos** primeras y **Ampliación Precón** **se** encuentra en la etapa de **preparación** para la explotación. Las **plataformas de carga** en la **zona de derrumbe** **son** el **piso 90 y 50** y en la **herradura** **el piso 60** y **sección de cantera tajo actual** (ver Figuras 5 y 6 respectivamente).

La **sección explotación** trabaja **en un solo turno de 11 horas** y comprende el siguiente **equipo**: **track drill**, **compresor**, **tractor** y **excavadora hidráulica**. El **personal** empleado en la **sección explotación** **es** de **10 personas distribuidos así**:

- 1 operador track drill
- 1 operador compresor
- 1 ayudante explotación
- 1 tractorista
- 1 operador excavadora hidráulica
- 1 operador cargadora frontal
- 4 choferes

El **transporte de caliza** a la **trituradora primaria** **se** realiza **en dos turnos de 11 horas cada uno**; **el turno diurno** trabaja con material de la **zona de derrumbe** y **el turno de la noche** con material de voladura. **Generalmente** **se** disponen **dos**

camiones para el **transporte** de caliza en cada uno de los **dos** turnos, en el **segundo turno** la carga de material a los camiones **se** realiza con la pala frontal Caterpillar 950F. Desde el sitio de la trituradora **primaria se** tiene el camino principal que **cruza** el **área** de explotación desde el nivel 50 **hasta** el nivel 90, es asfaltado y **se originan rampas** hacia **los** niveles **50, 60, 70**. **A** la zona de derrumbe **se** tiene **acceso** desde el nivel **de** 90. Ancho camino principal y rampas **6 a 7 m.**, pendiente 13%.

En la parte superior del **tajo se** disponen de *cunetas* para **desviar las aguas** superficiales **a** la **Quebrada Lérída** y **éstas a** través de **un** ducto-cajón hacia **las partes bajas** de la Concesión Preconsa en la Quebrada Vidal. La disposición de **materia** vegetal y estéril **se** dispone de **un** vertedero al este del área **sobre** la Fm. **Las Masas**.

3.3 Diagrama de la planta actual de trituración

La planta de trituración de caliza comprende **tres** etapas de reducción de tamaño **para** la obtención de agregados: **primaria**, secundaria y terciaria.

La trituración primaria **se** realiza con una *trituradora de quijadas 30 in. x 42 in. de 150 tph* y cuyo **producto** tiene un tamaño **nominal** de 6 in. La trituración secundaria **se** realiza con una *trituradora de cono 5 ½ ft. de 250 tph* que recibe el **material** de la **trituración** primaria y cuyo **producto** tiene un **tamaño** nominal de 4 in.; la trituración terciaria **con** dos *trituradoras* de cono *4 ft. de 90 tph* que

trabajan en serie y en circuito cerrado. Se obtienen los siguientes tamaños de agregados:

25 a 12 mm .

12 a 5mm.

5 a 0mm .

Diagrama de flujo de la planta de trituración de caliza (Ver Figura 7).

La planta de trituración trabaja actualmente en dos turnos, en primaria se tritura un promedio de 1.200 toneladas por día; en el primer turno el rendimiento de la primaria es de 67 tph y en el segundo turno 77 tph, esto es 64% de la capacidad efectiva de la trituradora (120 tph). El personal empleado en la planta de trituración es de 7 personas distribuidos así:

trituración primaria 3

trituración secundaria 1

trituración terciaria 3

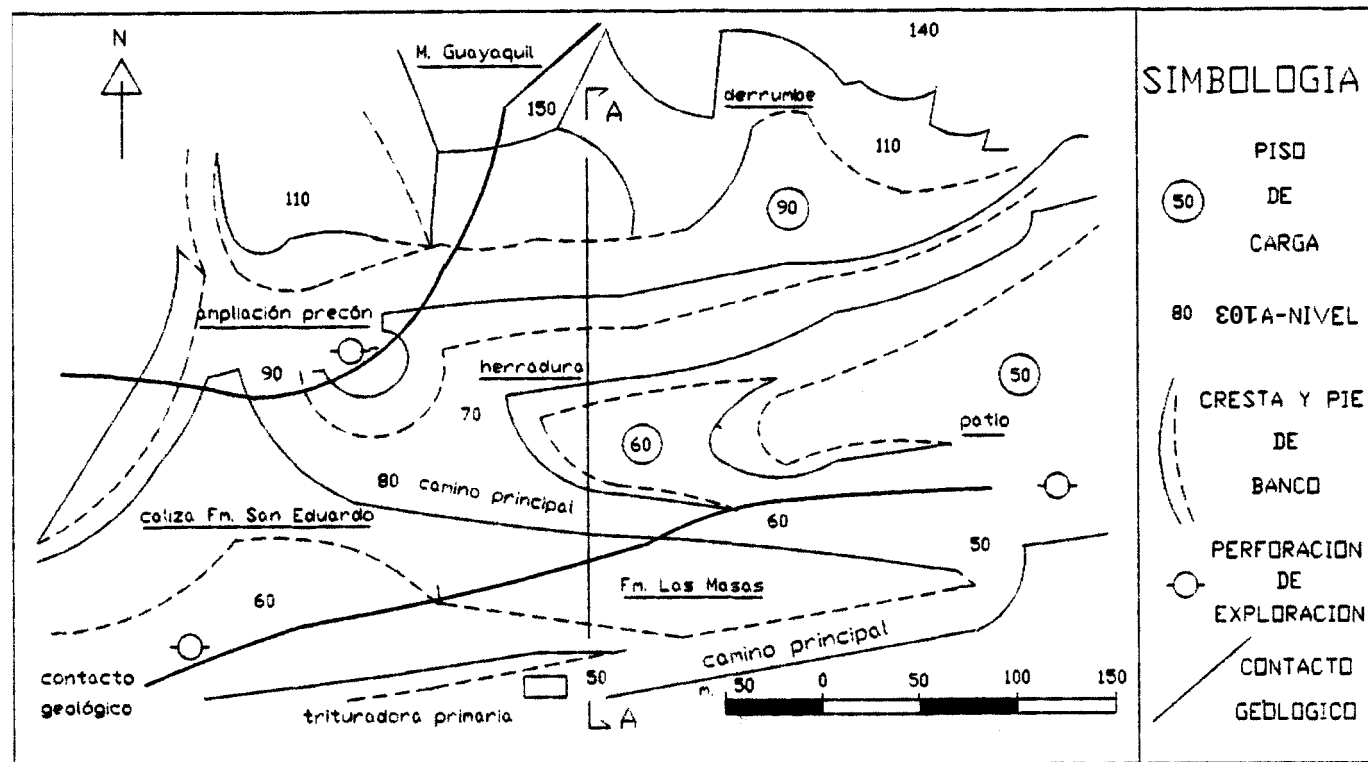
La planta lavadora de arena gruesa (5 a 0 mm) tiene una capacidad de 60 tph y comprende el siguiente equipo:

piscinas de almacenamiento

bombade agua

bomba de sólidos en emulsión

clasificador espiral



Elaborado por Javier Calderón P.

Fig. 5.- Frentes actuales de explotación.

Figura en base al Levantamiento Topográfico de frentes de explotación

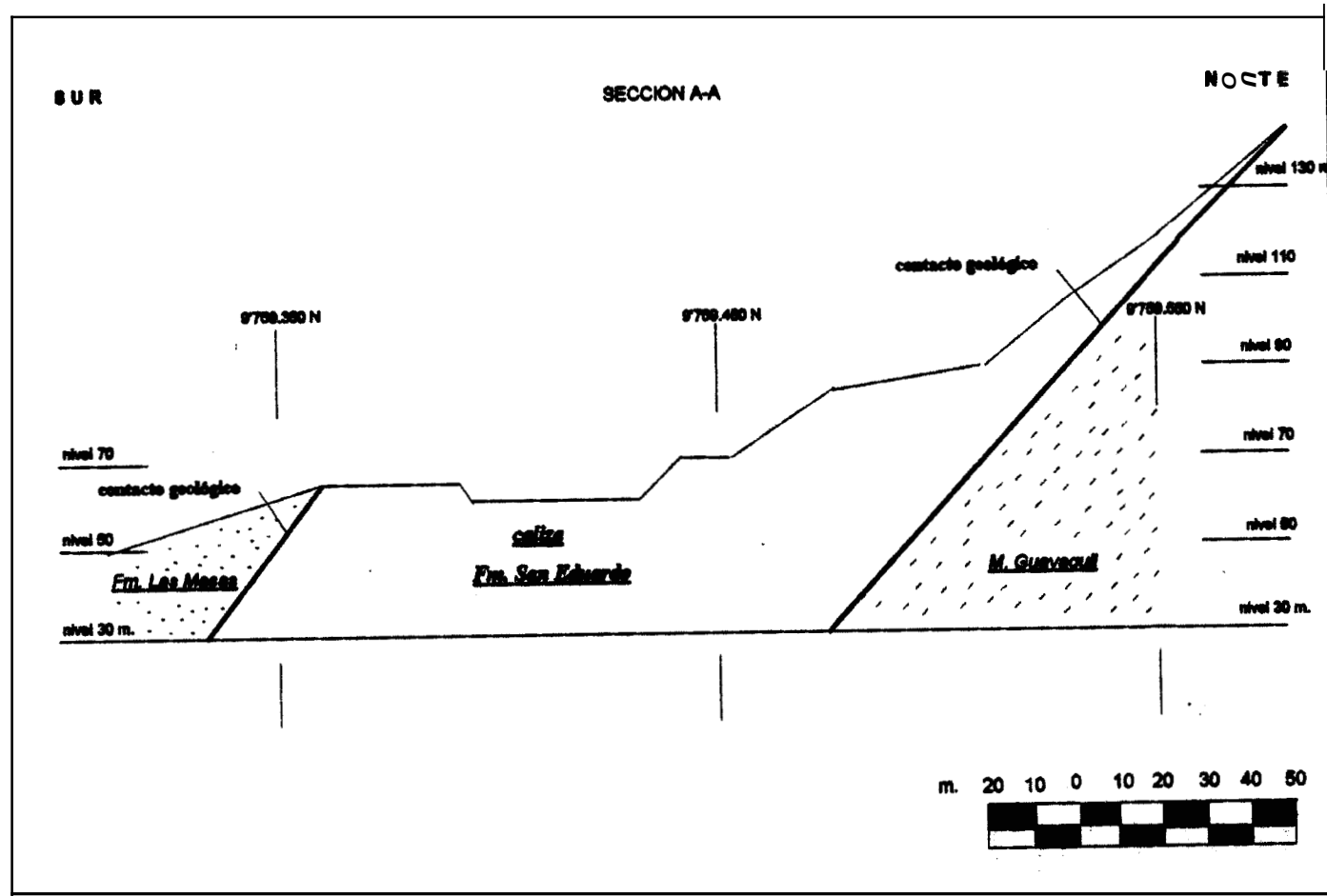


Fig. 6.- Sección tajó actual

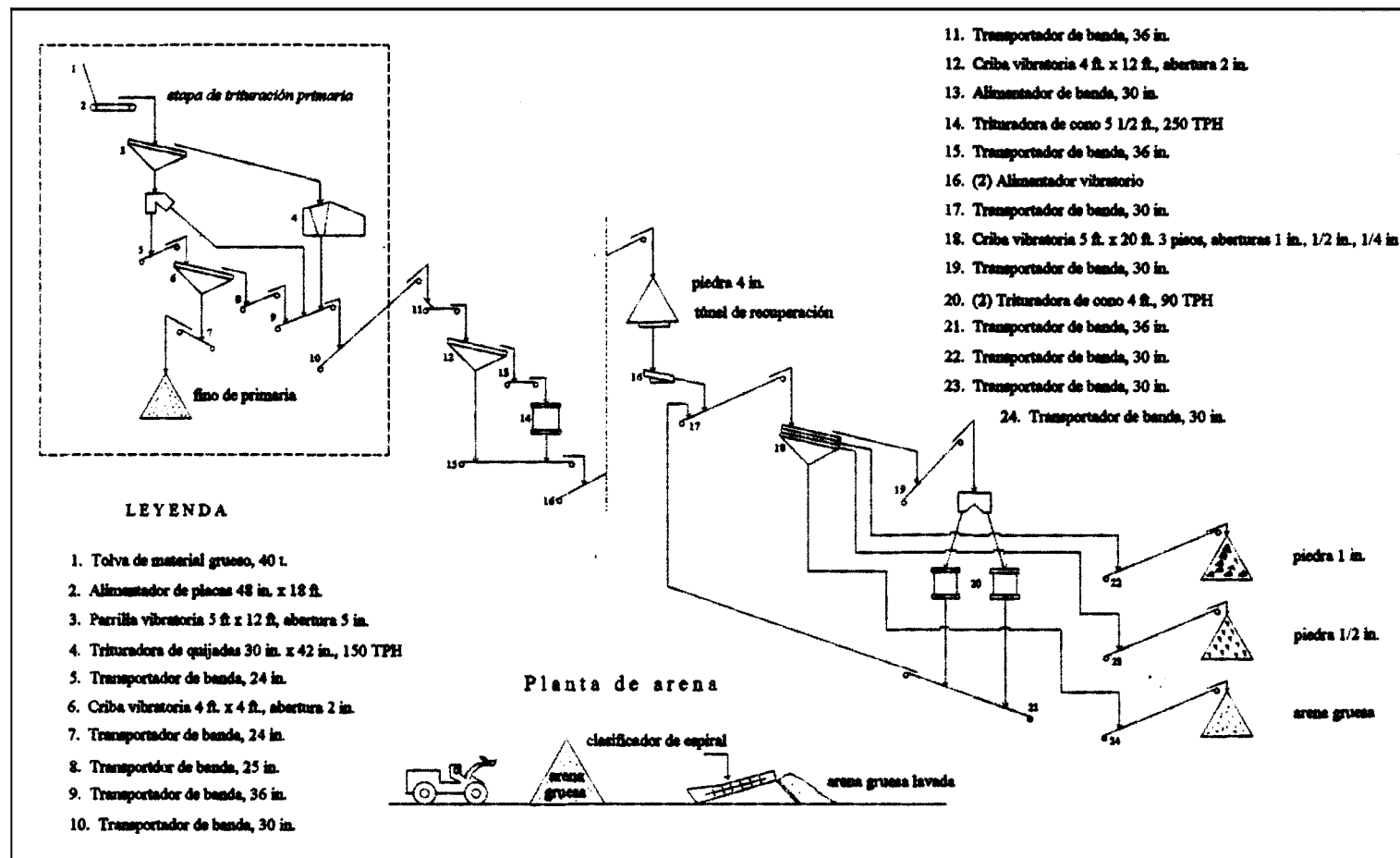


Fig. 7.- Planta de trituración de caliza. Diagrama de Flujo.

Elaborado por Javier Calderón P.

CAPITULO IV

PLANIFICACION Y DISEÑO DE LA EXPLOTACION

4.1 Inventario de caliza *explotable* por niveles y sectores en Preconsa

Para efecto de realizar el inventario, el cuerpo de caliza es dividido *en sectores* y niveles de explotación. Los sectores de explotación están limitados por perfiles verticales de orientación norte-sur y equidistantes entre sí 50 m. (Ver Figuras 8 y 9). Los niveles de explotación en los perfiles verticales van desde la cota 30 m.s.n.m. hacia las cotas superiores y están limitados por la altura de banco proyectado en la explotación de la cantera. La *Tabla Ia* presenta el inventario de caliza *explotable* disponible como macizo rocoso y la *Tabla Ib* la caliza disponible como material de la zona de derrumbe.

4.2 Inventario de caliza *explotable* por niveles y sectores en Ampliación Precón

La *Tabla II* presenta el inventario de caliza *explotable* en Ampliación Precón.

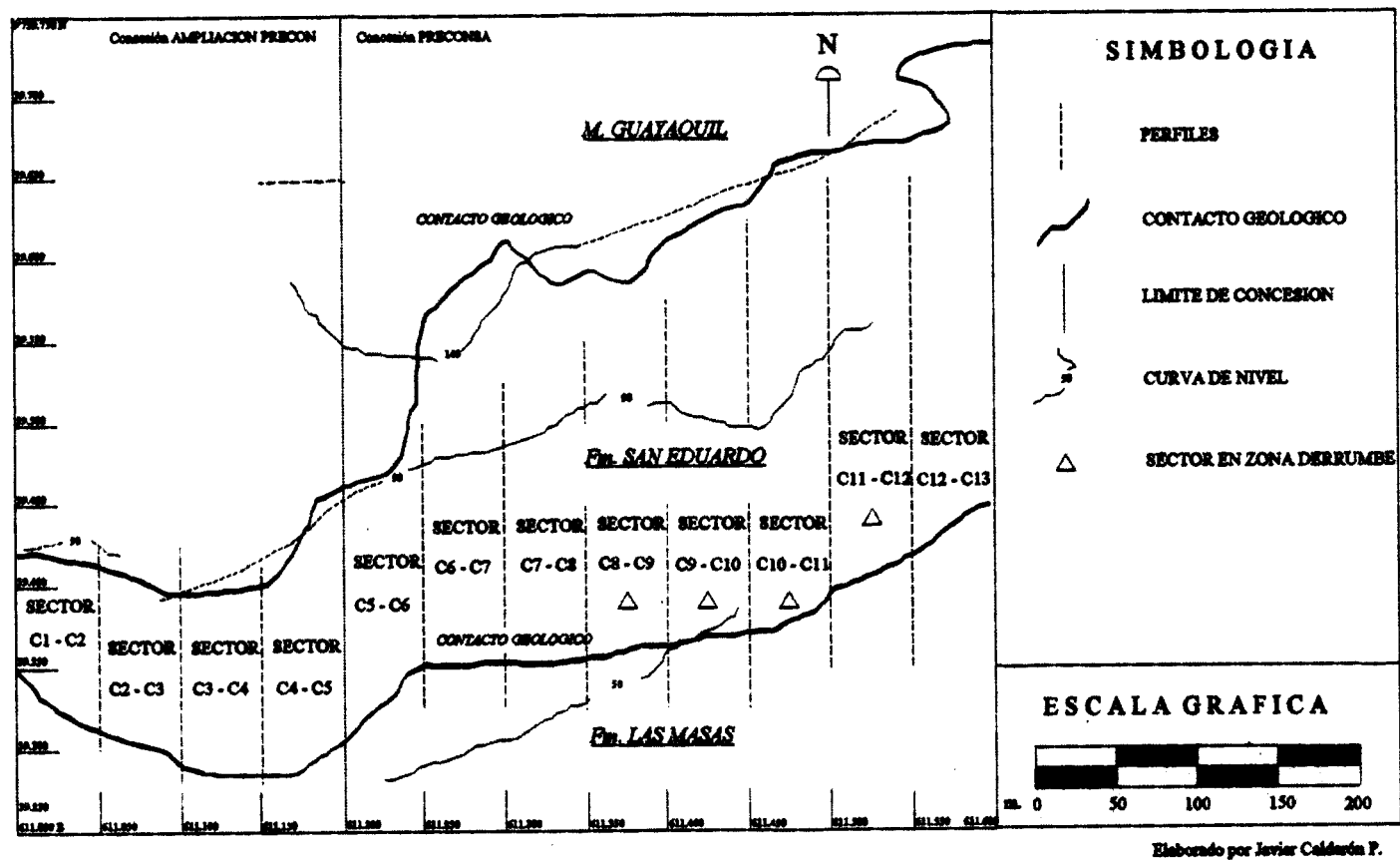
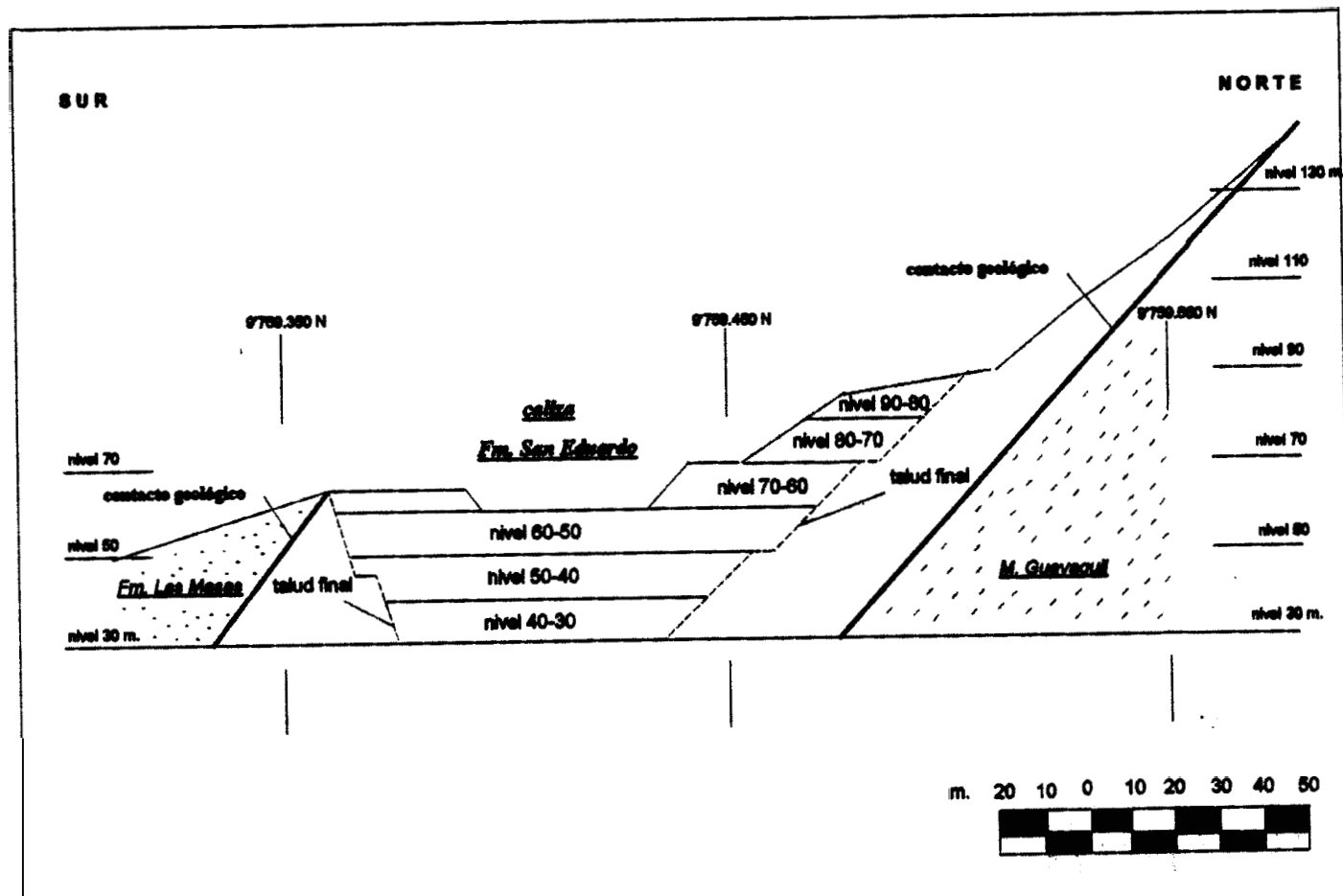


Fig. 8.- Sectores de explotación en Preconsa y Ampliación Precón

Figura en base al Levantamiento Topográfico de frentes de explotación de cantera



Elaborado por Javier Calderón P.

Fig. 9.- Niveles de explotación del sector C7-C8 en el perfil C7

Tabla 1a.- Inventario de caliza explotable en Preconsa. Macizo rocoso.

NIVEL	SECTOR C5 - C6	SECTOR C6 - C7	SECTOR C7 - C8	SECTOR C12 - C13	TONELADAS POR NIVEL	ACUMULADO POR NIVEL
<i>120 - 110</i>	0	0	0	378	378	378
<i>110 - 100</i>	0	0	0	345	345	723
<i>100 - 90</i>	0	0	0	9.657	9.657	10.380
<i>90 - 80</i>	0	1.500	0	11.380	12.880	23.260
<i>80 - 70</i>	28.920	15.800	9.000	12.400	65.520	88.780
<i>70 - 60</i>	91.740	38.860	20.600	15.900	167.100	255.880
<i>60 - 50</i>	95.000	95.000	90.000	22.000	302.000	557.880
<i>50 - 40</i>	105.720	93.320	125.420	62.500	386.960	944.840
<i>40 - 30</i>	110.000	80.500	122.900	85.640	399.040	1.343.880
TONELADAS POR SECTOR	430.780	920.980	367.920	220.200	1.343.880	

Tabla Ib.- Inventario de caliza explotable en Preconsa. Derrumbe.

NIVEL	SECTOR C8 - C9	SECTOR C9 - C10	SECTOR C10 - C11	SECTOR C11 - C12	TONELADAS POR NIVEL	ACUMULADO POR NIVEL
<i>120 - 110</i>	0	10140	28200	7.350	<i>45.690</i>	<i>45.690</i>
<i>110 - 100</i>	0	34440	46620	15.060	<i>96.120</i>	<i>141.810</i>
<i>100 - 90</i>	0	44.300	53040	9.720	<i>107.060</i>	<i>248.870</i>
<i>90 - 80</i>	57.600	68.220	74040	17.910	<i>217.770</i>	<i>466.640</i>
<i>80 - 70</i>	84.720	89.220	66.780	9.540	<i>250.260</i>	<i>716.900</i>
<i>70 - 60</i>	101.460	102.720	112.140	41.070	<i>357.390</i>	<i>1.074.290</i>
<i>60 - 50</i>	118.500	98.100	109.620	39.420	<i>365.640</i>	<i>1.439.930</i>
<i>50 - 40</i>	216.420	208.800	200.520	209.220	<i>834.960</i>	<i>2.274.890</i>
<i>40 - 30</i>	195.900	147.720	162.720	143.220	<i>649.560</i>	2.924.450
TONELADAS POR SECTOR	774.600	793.520	825.480	485.160	2.924.450	

Tabla II.- Inventario de caliza explotable en Ampliación Precón

NIVEL	SECTOR C1 - C2	SECTOR C2 - C3	SECTOR C3 - C4	SECTOR C4 - C5	TONELADAS POR NIVEL	ACUMULADO POR NIVEL
120 - 110	4.944	0	0	0	4.944	4.944
110 - 100	10.968	950	0	0	11.918	16.862
100 - 90	31.986	4.140	0	0	36.120	52.982
90 - 80	15.017	13.462	0	0	28.479	81.461
80 - 70	36.040	58.590	56.190	55.710	206.530	287.991
70 - 60	52.200	99.690	83.438	70.973	306,301	594.292
60 - 50	49.944	93.150	129.900	73.250	346.244	940.536
50 - 40	0	6.600	62.100	111.000	179.700	1.120.236
40 - 30	0	4.800	49.800	93.000	147.600	1.267.836
TONELADAS POR SECTOR	201.099	269.982	269.528	403.933	1.267.836	

4.3 Diseño de la cantera

La explotación de caliza por el método de **tajo** abierto está planeado **para** una producción de 525.000 **toneladas** por año. La caliza en **banco** tiene un **peso** de **2,4 t/m³** y quebrado **1,6 t/m³** y coeficiente de esponjamiento 0,67. El **tajo** **se** dispone rectangularmente en dirección este-oeste, 600 m. de largo por 150 m. de ancho en la **parte** superior e inicia en el nivel 120. La elevación del piso final del **tajo** es 30 m.s.n.m. y el fondo del **tajo** **proyectado** varía en su **ancho** de 30 a 180 m.

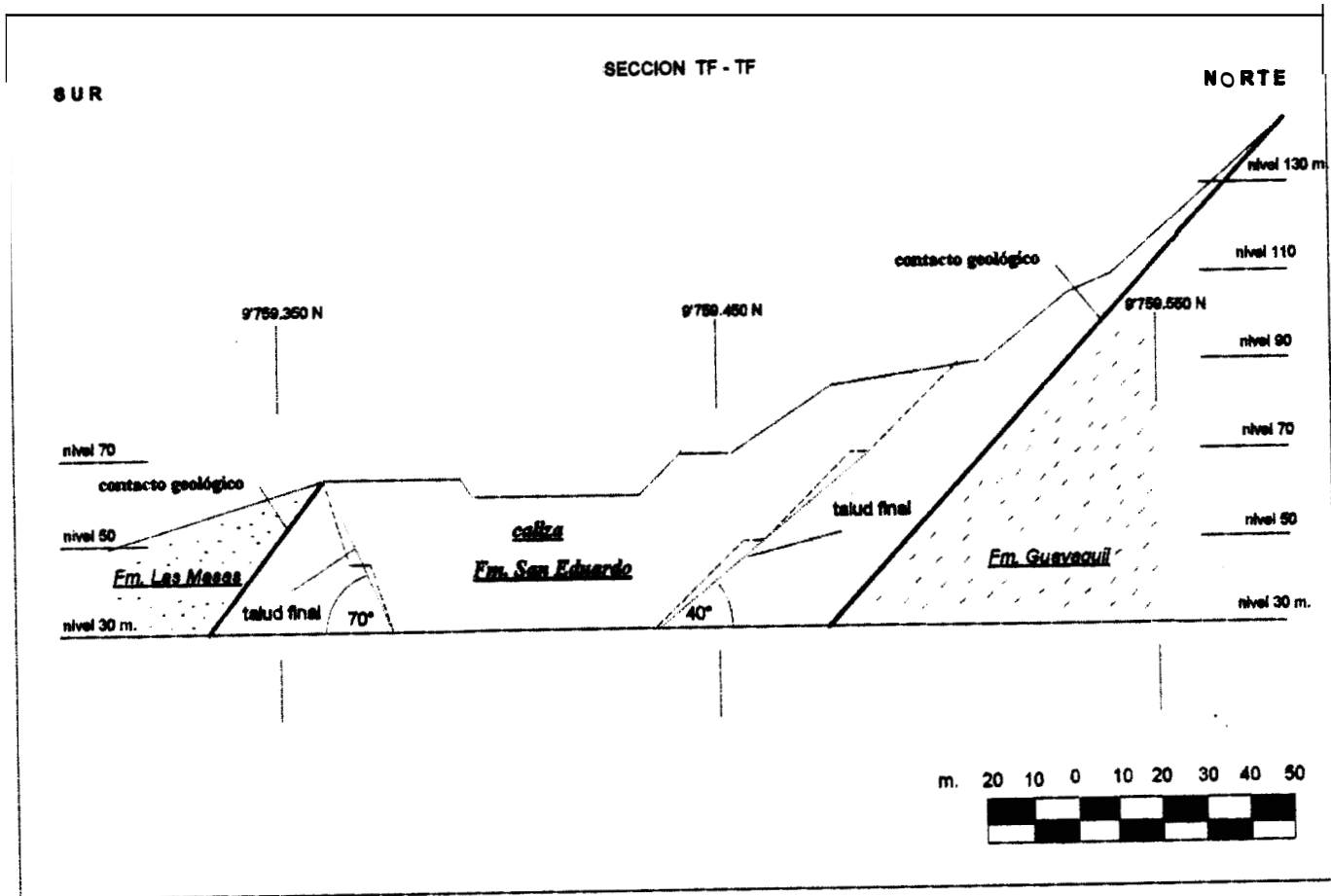
Total de caliza explotable en las dos Concesiones 5'536.166 toneladas **las** **cuales** **están** clasificadas **así**:

macizo rocoso de caliza	2'611.716
caliza en la zona de derrumbe	2'924.450

Volumen de **sobrecarga** en Ampliación **Precón**, 15.000 m³ (**20.550** toneladas, densidad tierra vegetal 1,37 t/m³). Toneladas de Caliza explotable en Ampliación **Precón** **1'267.836**. Relación de **sobrecarga** a caliza: **0,02** a **1**. En Concesión **Preconsa** la caliza **se** **halla** descubierta; por **tanto**, **se** considera **que** no **hay** **sobrecarga**.

El **diseño** de la cantera (Ver Figuras 10 y 11) está **basado** en el cálculo de reservas de **caliza** y en los siguientes elementos geométricos del **tajo**:

- Ancho del banco, 30 m.



Elaborado por Javier Calderón P.

Fig. 10.- Sección de cantera, tajo final

- Altura de banco, 10 m.
- Angulo de talud del banco, 80"
- Altura de banco *en* derrumbe, 15 m.
- Angulo de talud *en* derrumbe, 45"
- Taludes finales 40° y 70° al norte y sur **respectivamente.**
- Bermas cada 20 metros.
- Ancho de berma, 5 m.
- Altura de los taludes **finales 110 y 30 m. al norte y *sur* respectivamente.**

Diseño de voladura en banco:

- | | |
|---------------------------------|---|
| • Diámetro de perforación | 3,5 in. |
| • Piedra | 3 m . |
| • Espaciamiento | 3,8 m . |
| • Sobreperforación | 0,9 m . |
| • Retacado | 2,6 m . |
| • Altura de banco | 10 m . |
| • Angulo de inclinación | 10° |
| • Longitud de perforación | 11,15 m . |
| • Volumen por hueco | 115,8 m ³ |
| | 277,8 t. |
| • Perforación <i>especifica</i> | 4,58 . 10 ⁻² m. perf. / m ³ |
| | 1,91 . 10 ⁻² m. perf. / t |
| • Longitud de carga de fondo | 1,8 m . |

• Longitud carga de columna	6,75 m.
• Explosivo de fondo	Anfoaluminizado 9,5 Kg.
gravedad específica	0,85
concentración lineal	5,28 Kg/m
• Explosivo de columna	Anfo normal 32,7 Kg
gravedad específica	0,78
concentración lineal	4,85 Kg/m.
• Carga total de explosivo	42,2 Kg.
• Consumo específico de explosivo	0. 36 Kg/m ³
	0,14 Kg/t.
Secuencia de la voladura	Rectangular en línea (2 filas)
Retardo entre filas	35 ms.

Esquema *en planta* de la voladura y distribución del explosivo *en el* barreno (Ver Figura 12). Relaciones empleadas para el diseño geométrico de voladuras, concentración lineal de carga *en el* barreno y retardo entre filas, Ver Apéndice A.

4.4 Requerimientos de producción

El requerimiento de caliza *en la* etapa de trituración primaria es de 500.000 toneladas por año. La producción de caliza necesaria para cubrir las necesidades de trituración es de 525.000 toneladas por año.

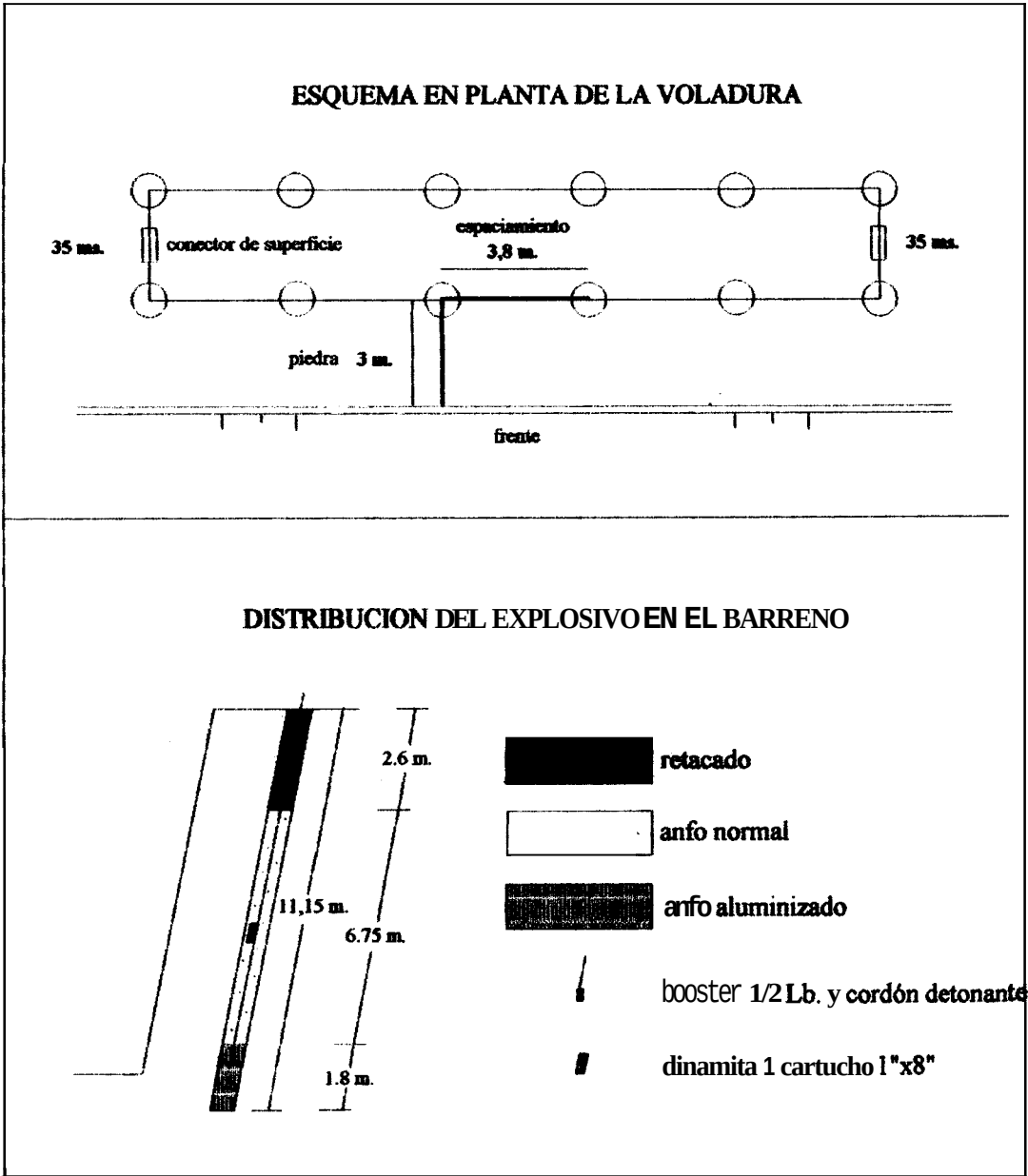
<i>producción anual</i>	<i>producción diaria</i>	<i>días trabajados</i>
<i>(ton)</i>	<i>(ton/día)</i>	<i>en el año</i>
525.000	2.100	250

4.5. Planificación de la producción

<i>Total de reservas explotables:</i>	5'536.166 toneladas
<i>Ritmo de producción:</i>	525.000 toneladas por año
<i>Vida de la cantera:</i>	10.5 años
<i>Turnos de trabajo:</i>	1 turno por día
	turno de 11 horas, 5 días a la semana

La *Tabla III* presenta la producción anual de caliza.

Las Figuras 13 a 21 presentan los planes anuales de minado hasta el agotamiento de reservas y las Figuras 22 a 30 las secciones de cantera correspondientes.



Elaborado por Javier Calderón P.

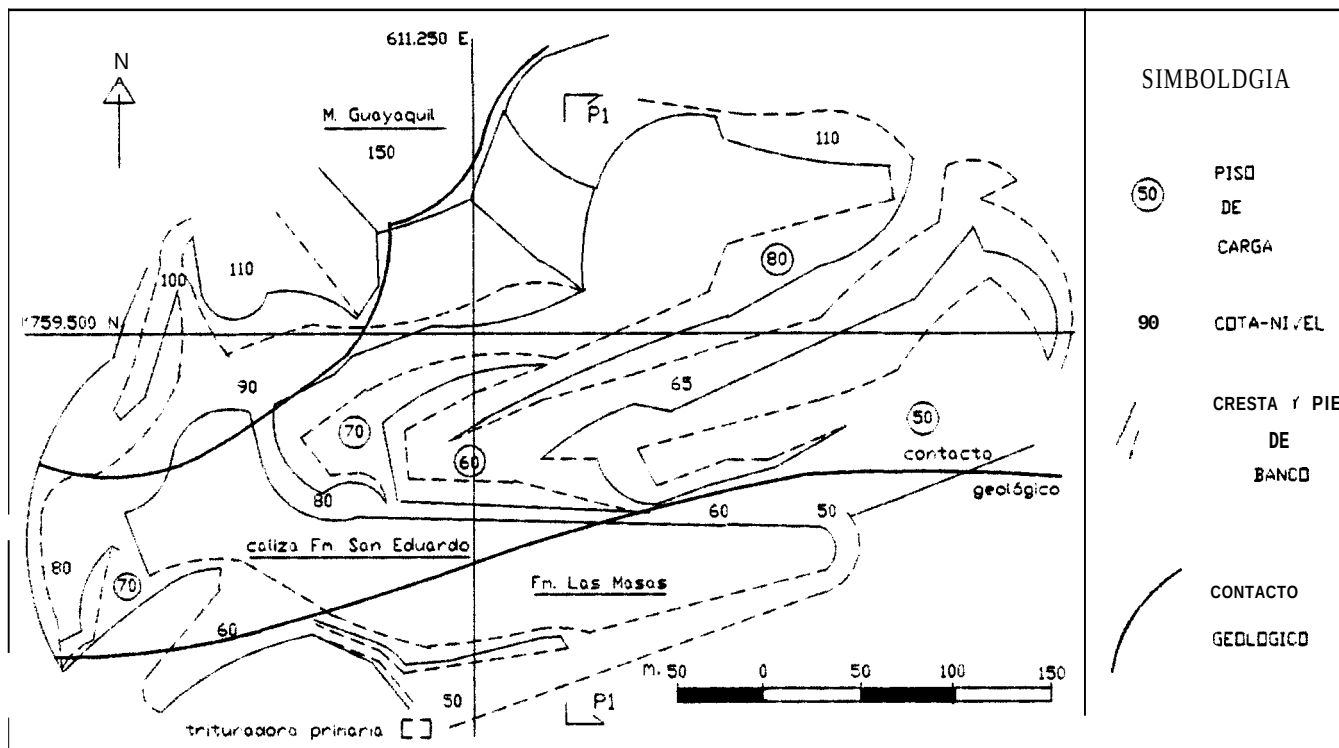
Fig. 12.- Esquema en planta de la voladura y distribución del explosivo en el barreno

TABLA III.- Plan de producción anual de caliza

<i>derrumbe</i>		<i>banco</i>		<i>Total</i>	<i>Total</i>	<i>Total</i>
<i>invierno</i>	<i>verano</i>	<i>invierno</i>	<i>verano</i>	<i>derrumbe</i>	<i>banco</i>	<i>Caliza</i>
0						
30.000	245.000	80.000	170.000	275.000	250.000	525.000

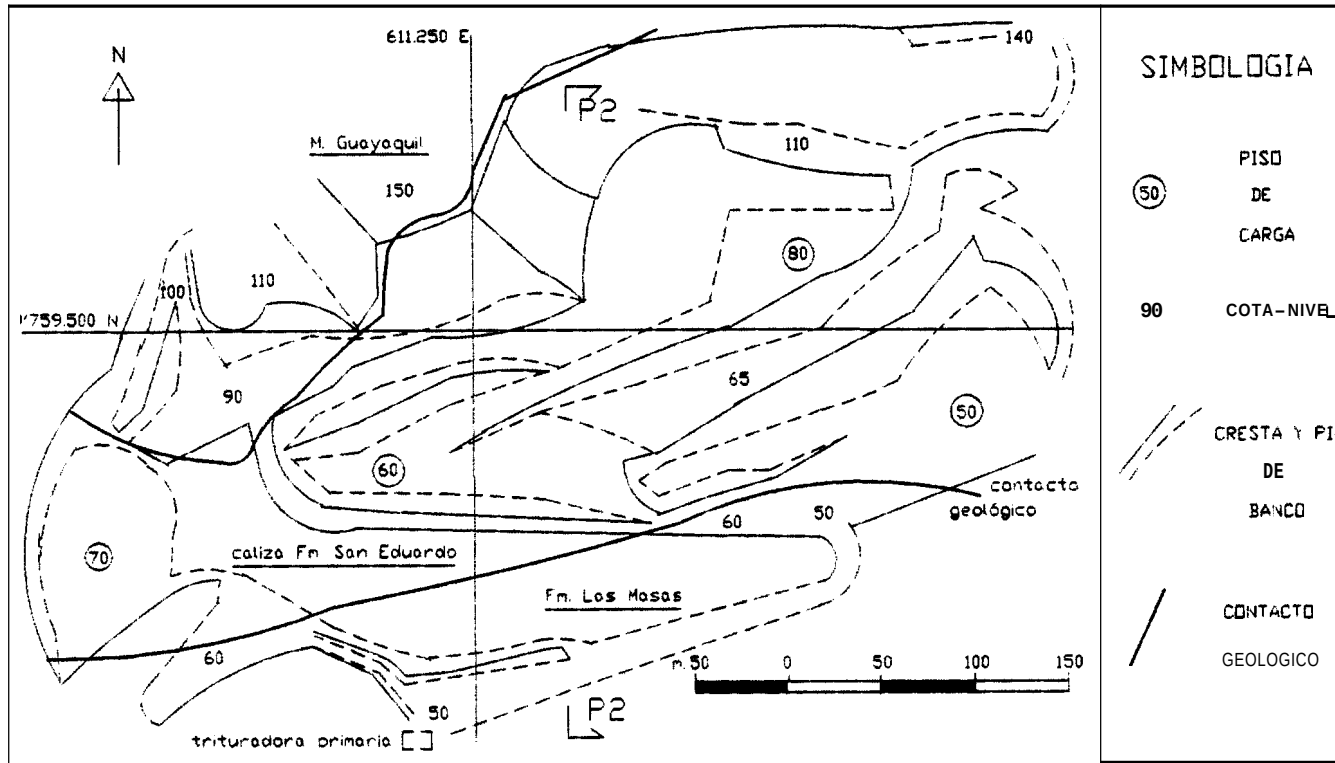
• 50 % material de banco, 50 % material de derrumbe.

♣ 3 meses de invierno: Febrero, Marzo y Abril.



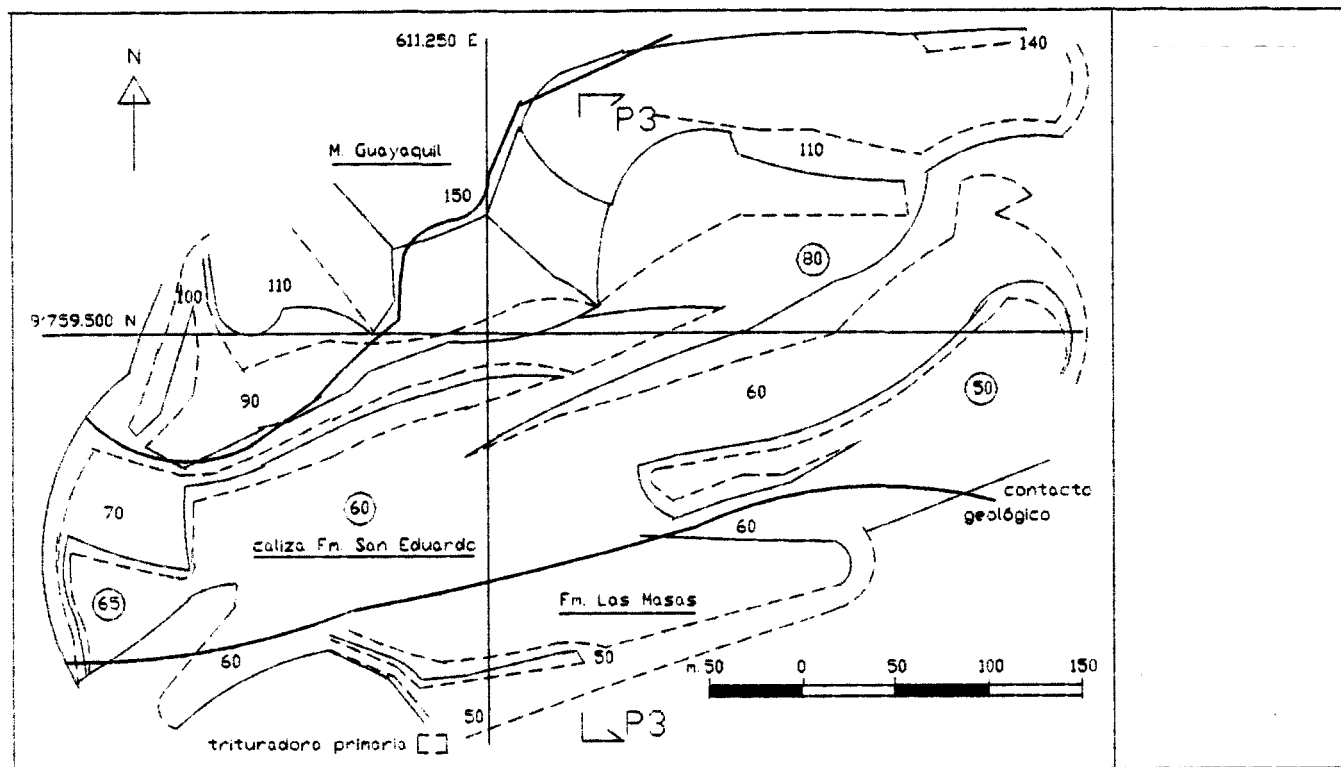
Elaborado por Javier Calderón P

Fig 13.- Plan primer año



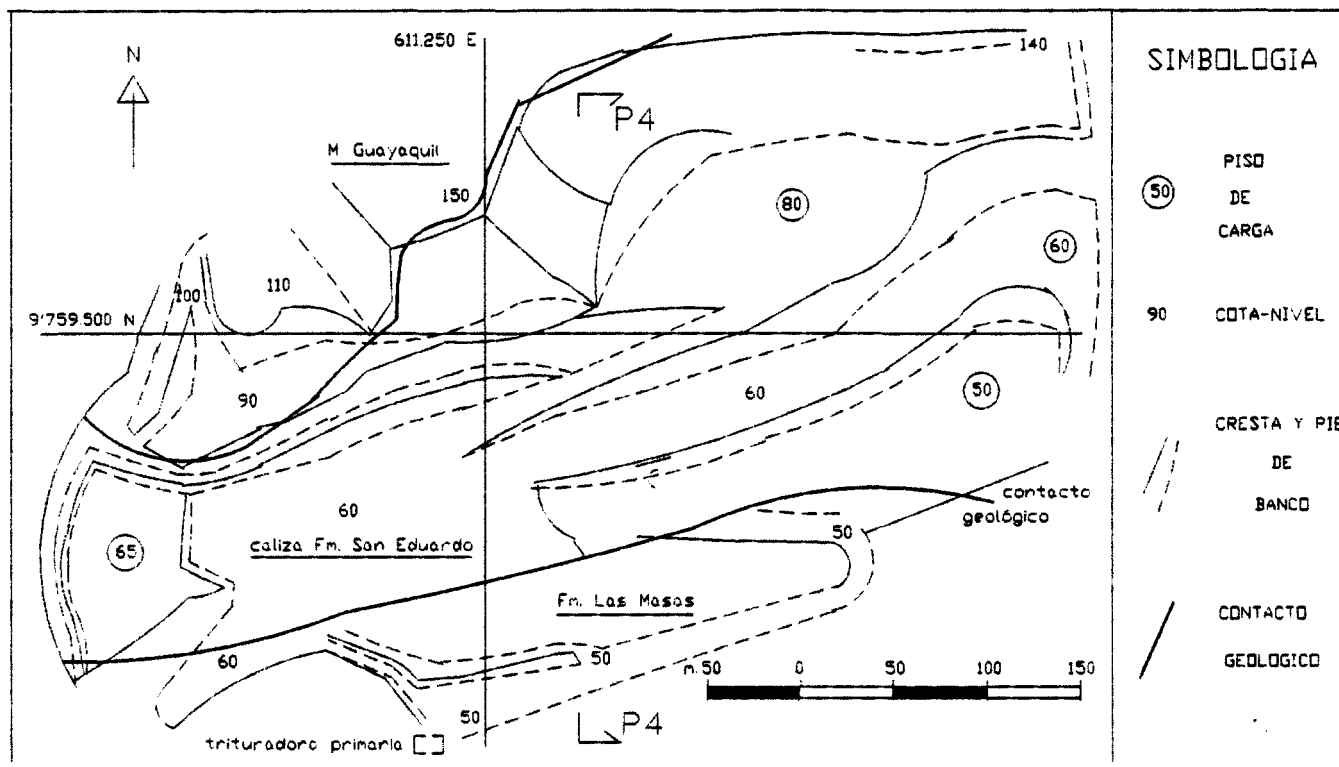
Elaborado por Javier Calderón P.

Fig. 14.- Plan segundo año



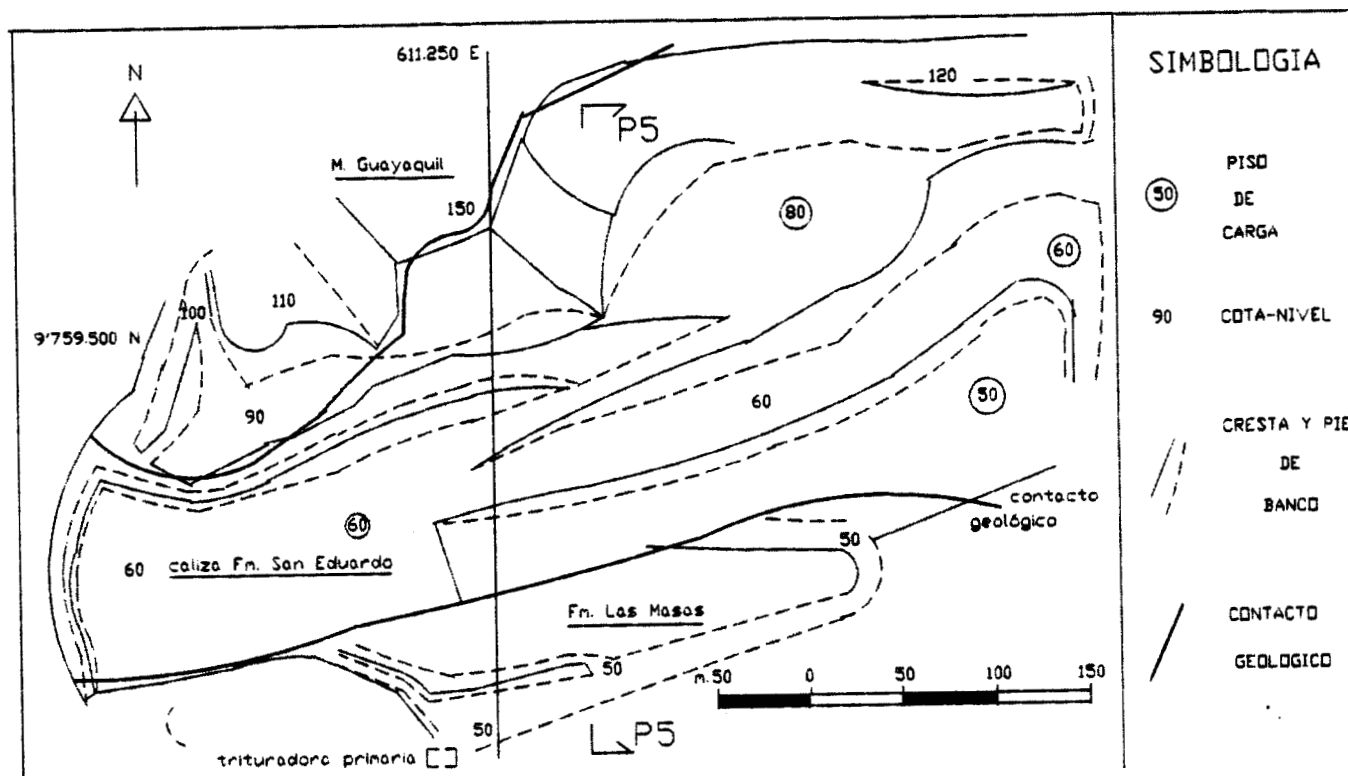
Elaborado por Javier Calderón P.

Fig. 15.- Plan tercer año



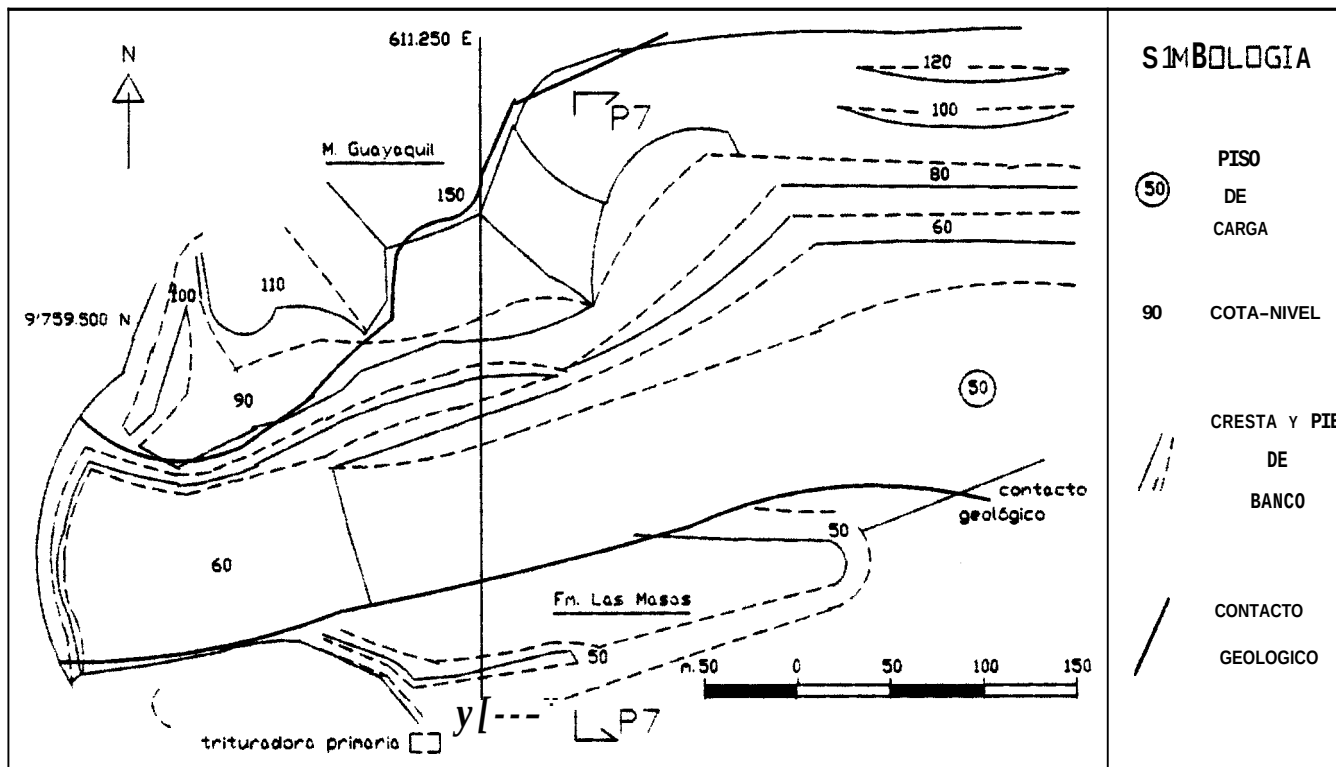
Elaborado por Javier Calderón P.

Fig. 16.- Plan cuarto año



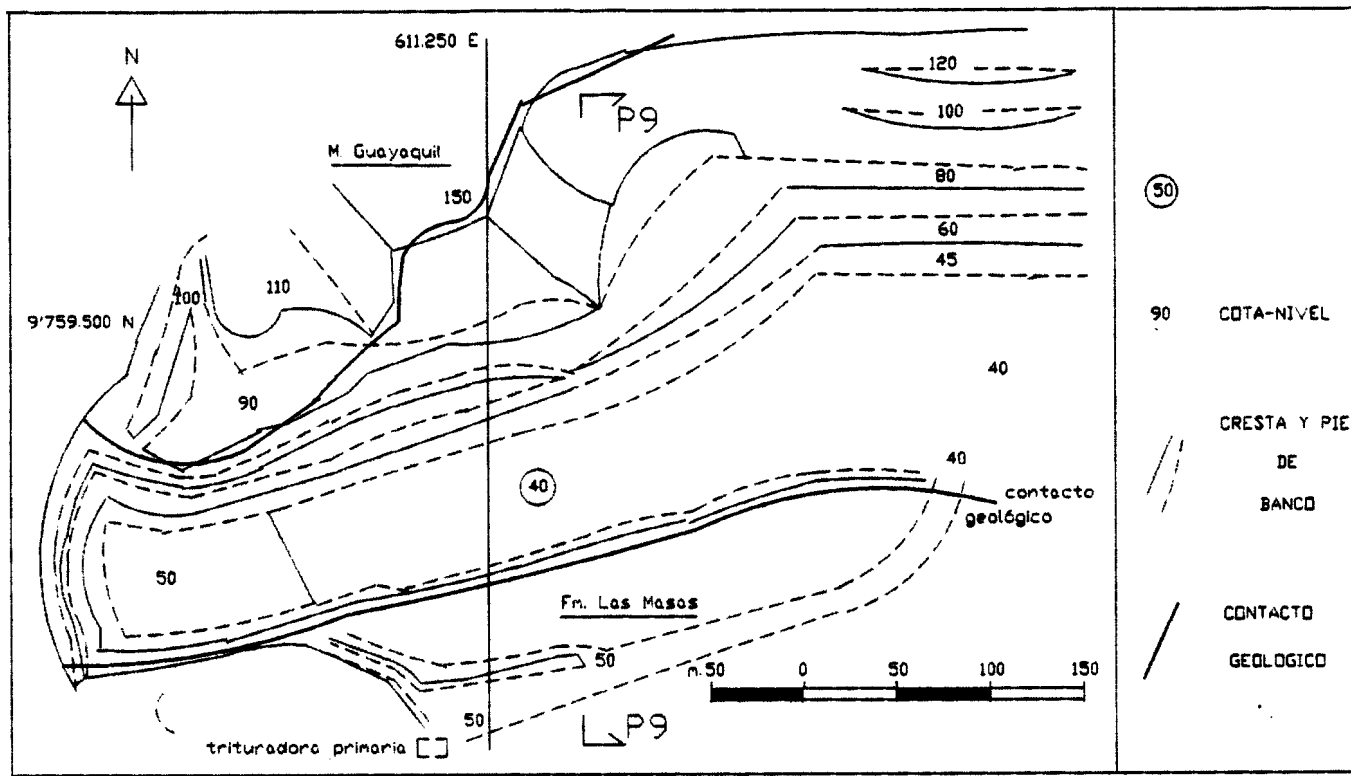
Elaborado por Javier Calderón M.

Fig. 17.- Plan quinto año



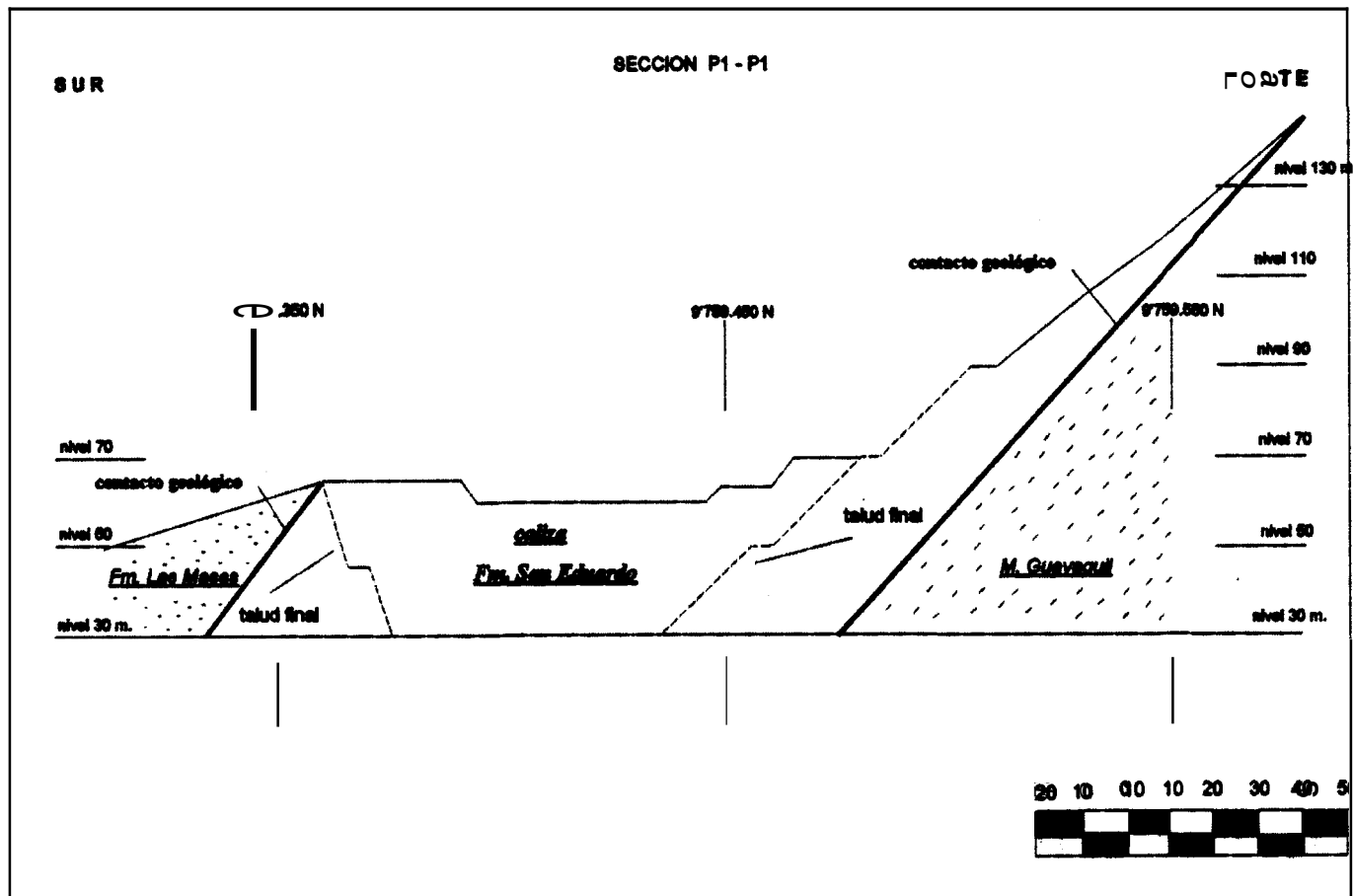
Elaborado por Javier Calderón P.

Fig. 19.- Plan séptimo año



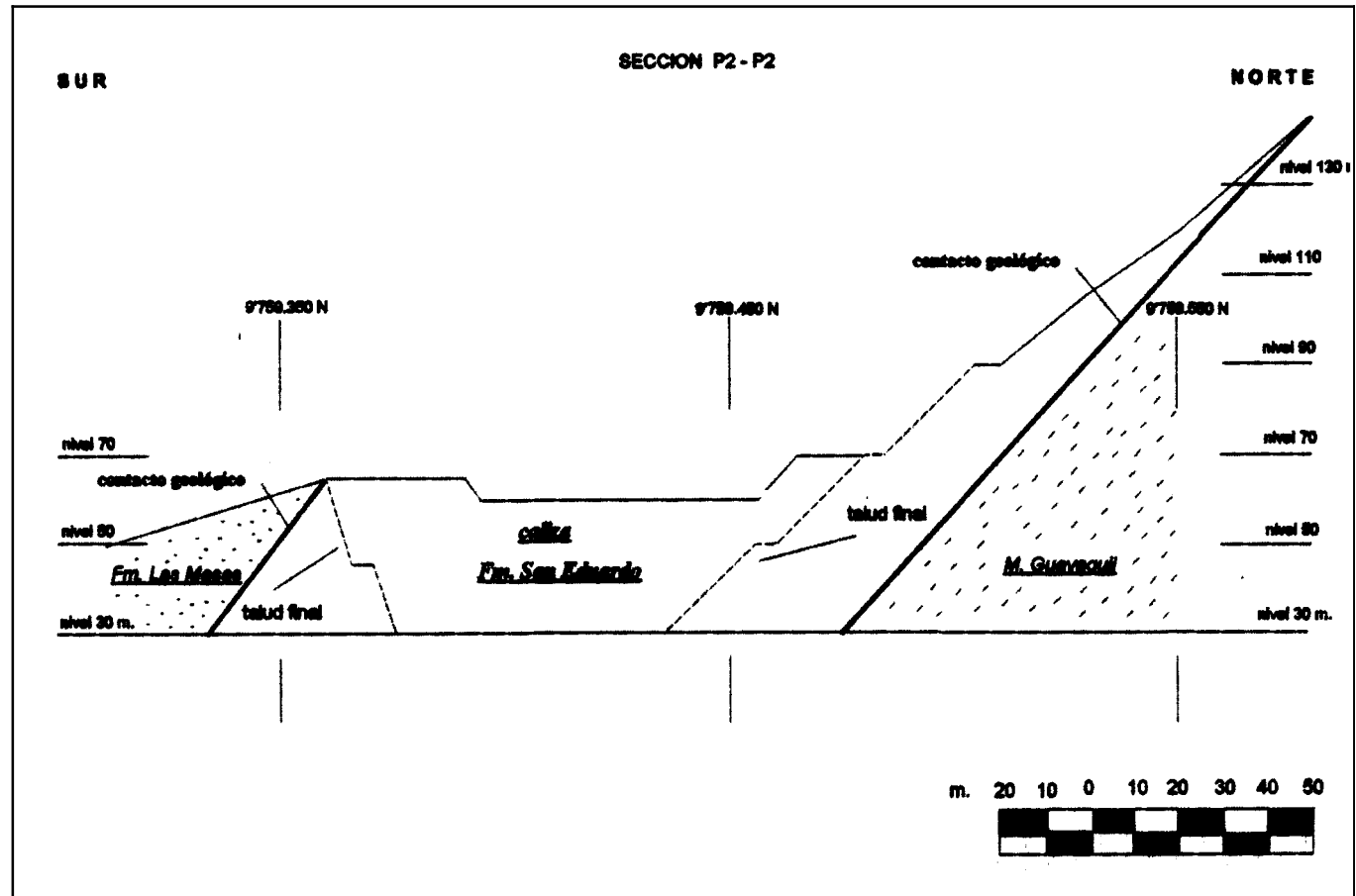
El libro por J. J. Cordero P.

Fig. 21.- Plan noveno año



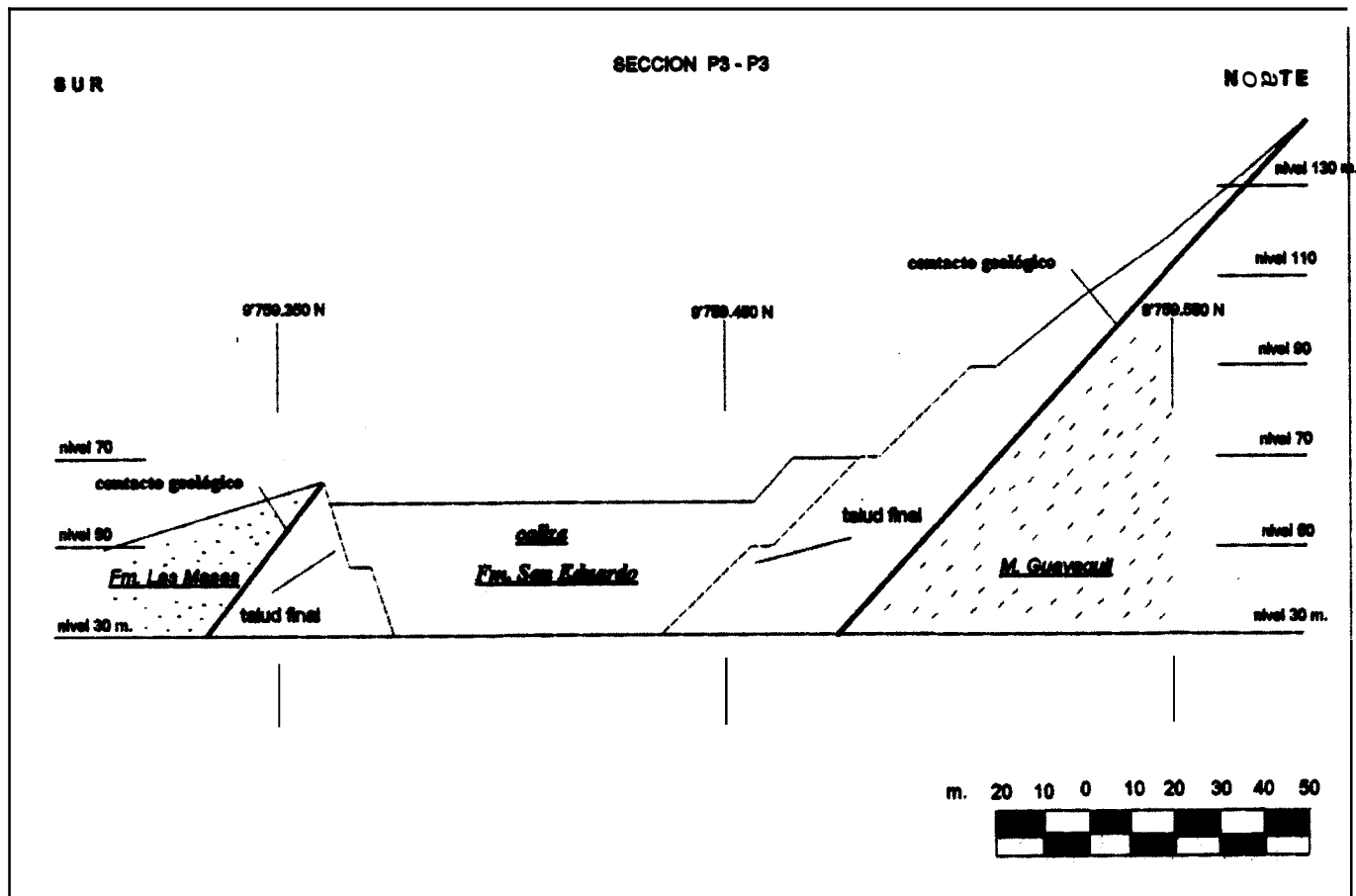
Elaborado por Javier Calderón P.

Fig. 22.- Sección cantera, tajo primer año



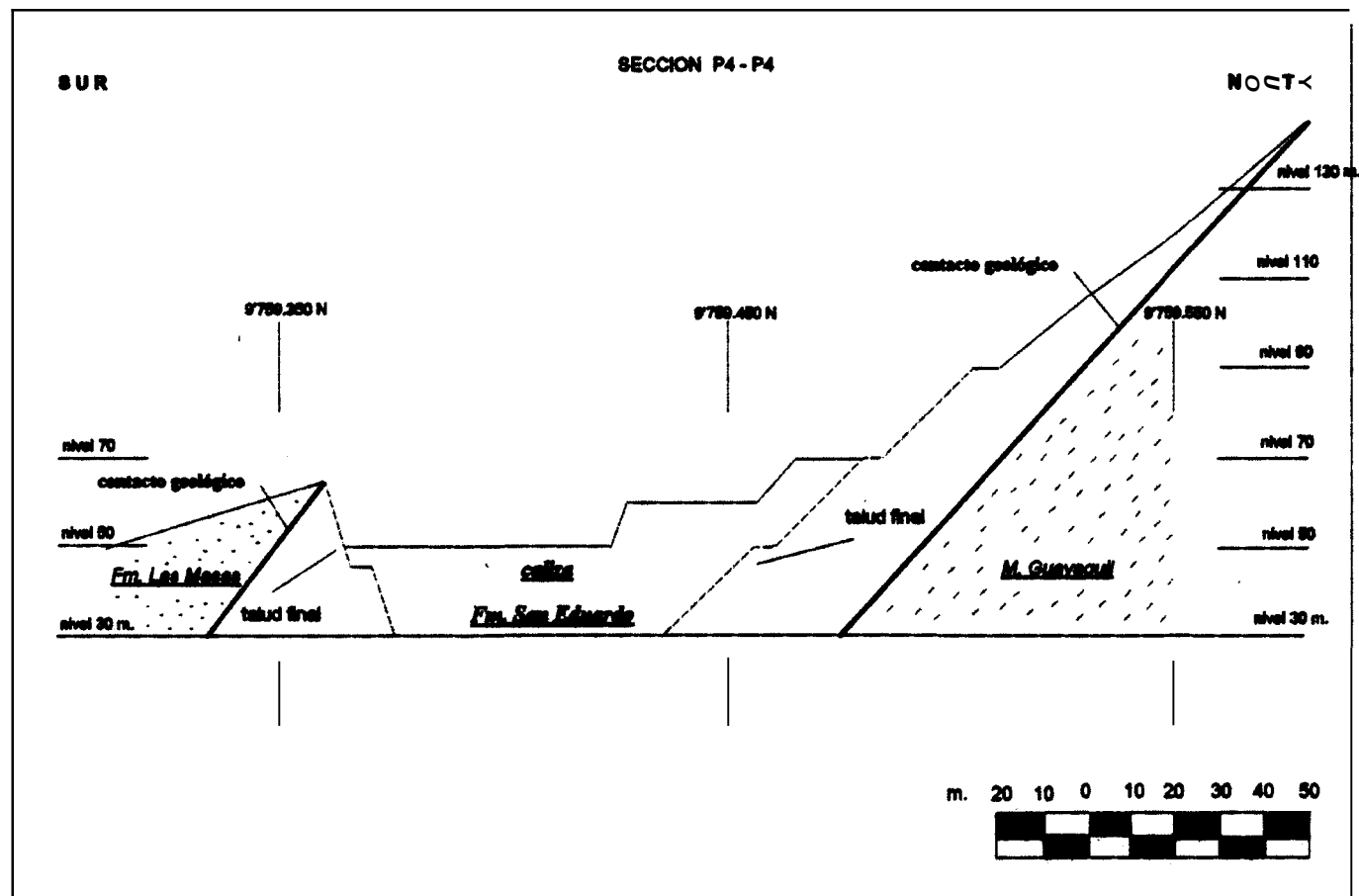
Elaborado por Javier Calderón P

Fig. 23.- Sección cantera, tajo segundo año



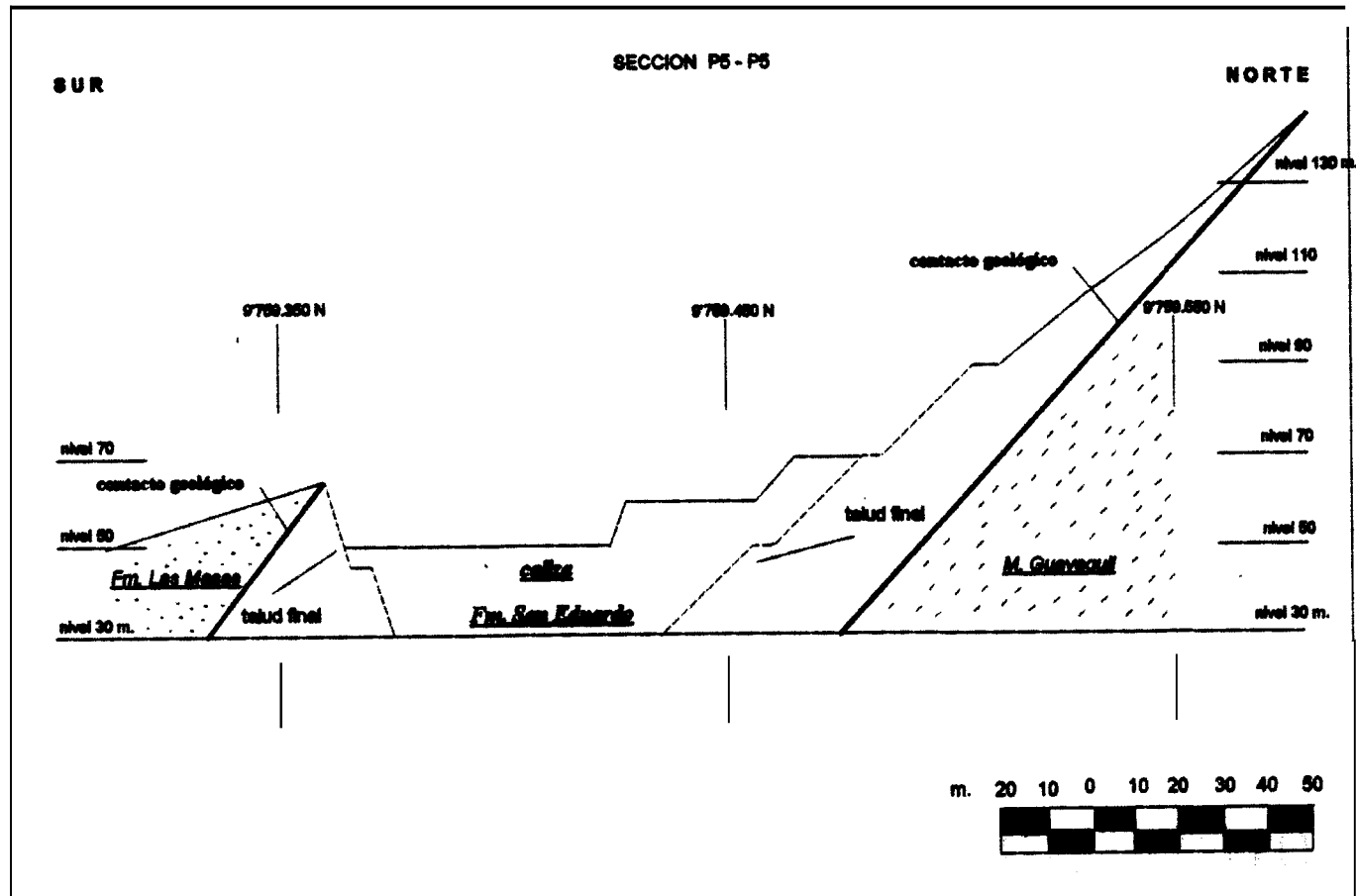
Elaborado por Javier Calderón P

Fig. 24.- Sección cantera, tajo tercer año



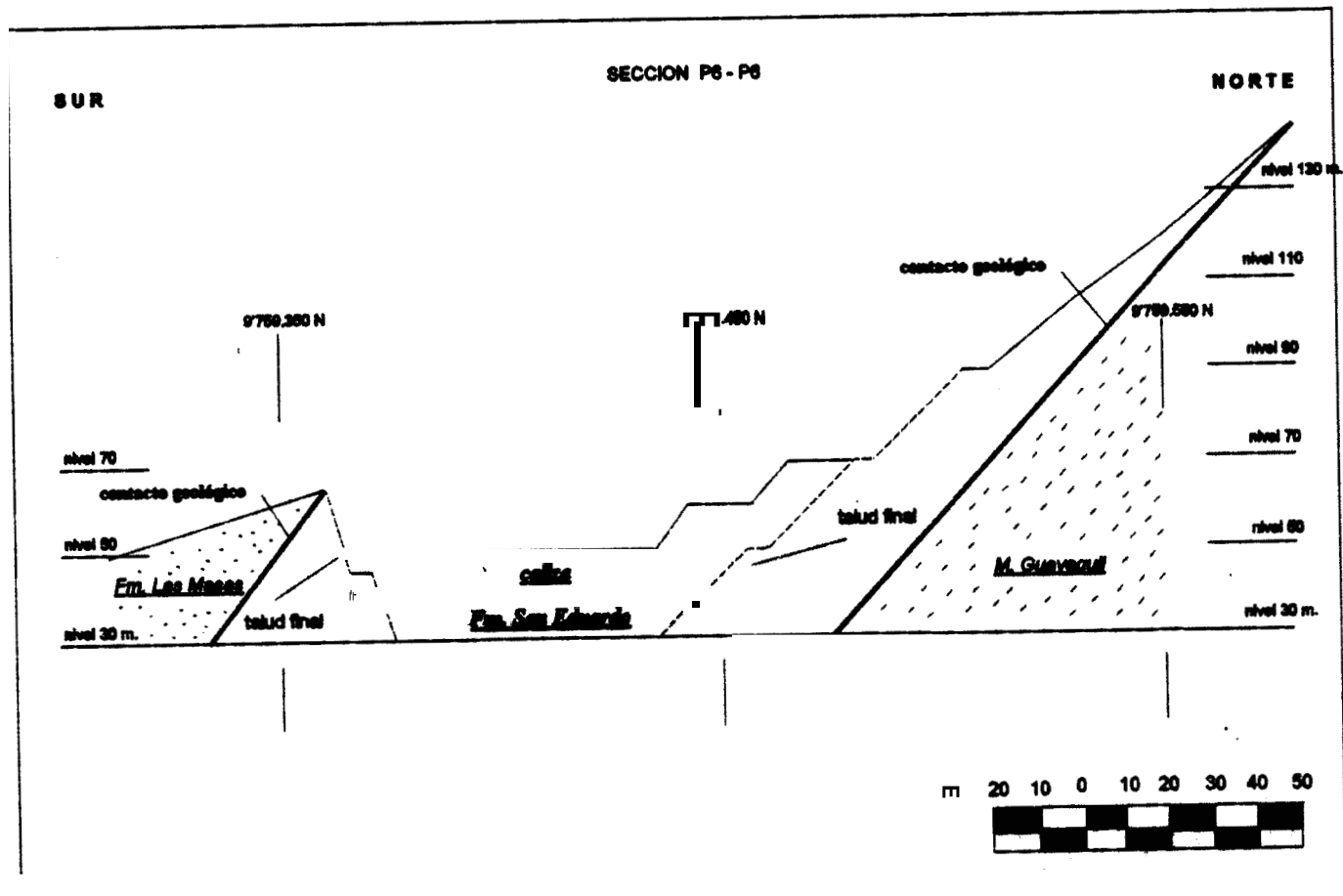
Elaborado por Javier Calderón P

Fig. 25.- Sección cantera, tajo cuarto año



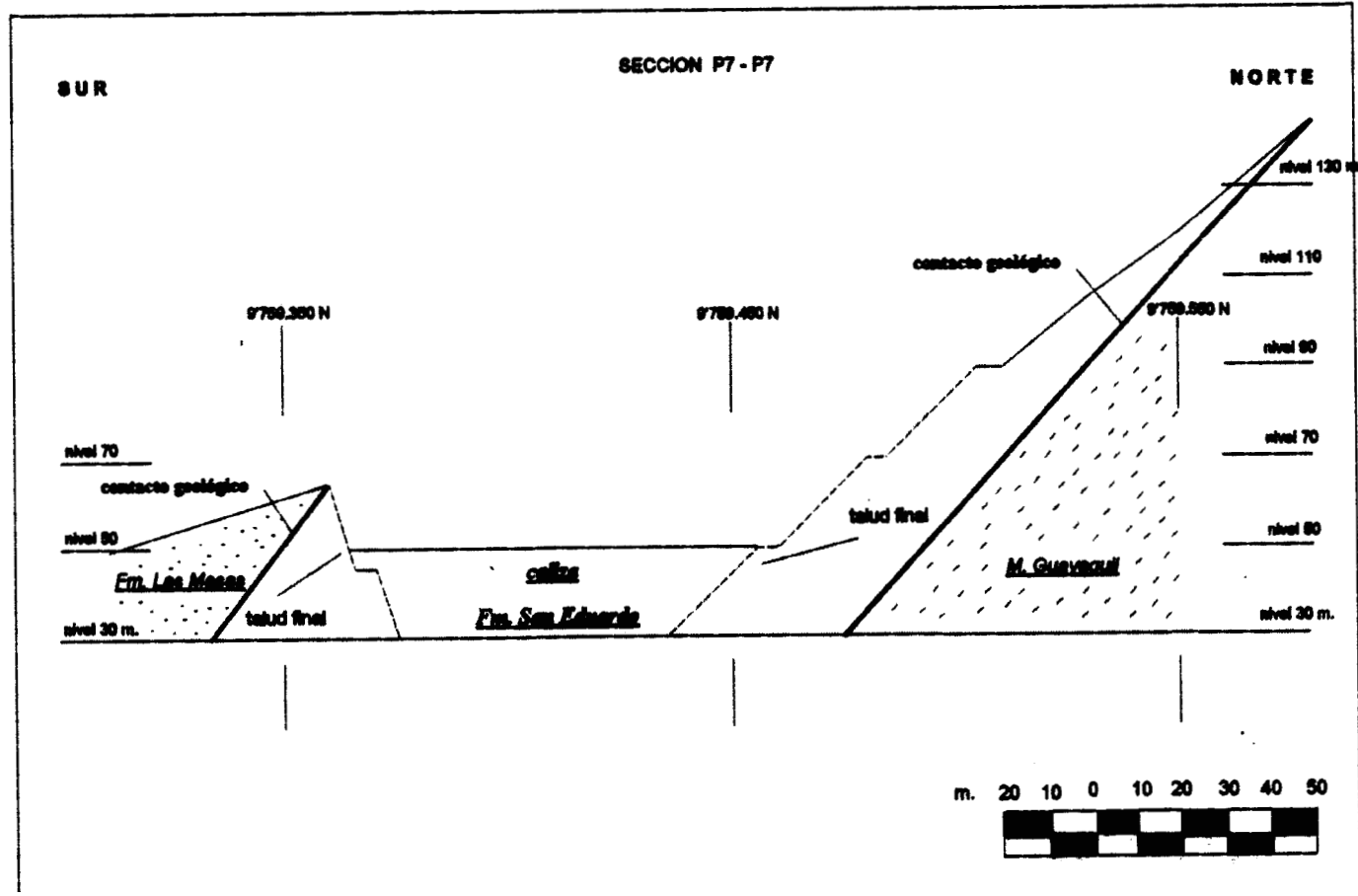
Elaborado por Javier Calderón P

Fig. 26.- Sección cantera, tajo quinto año



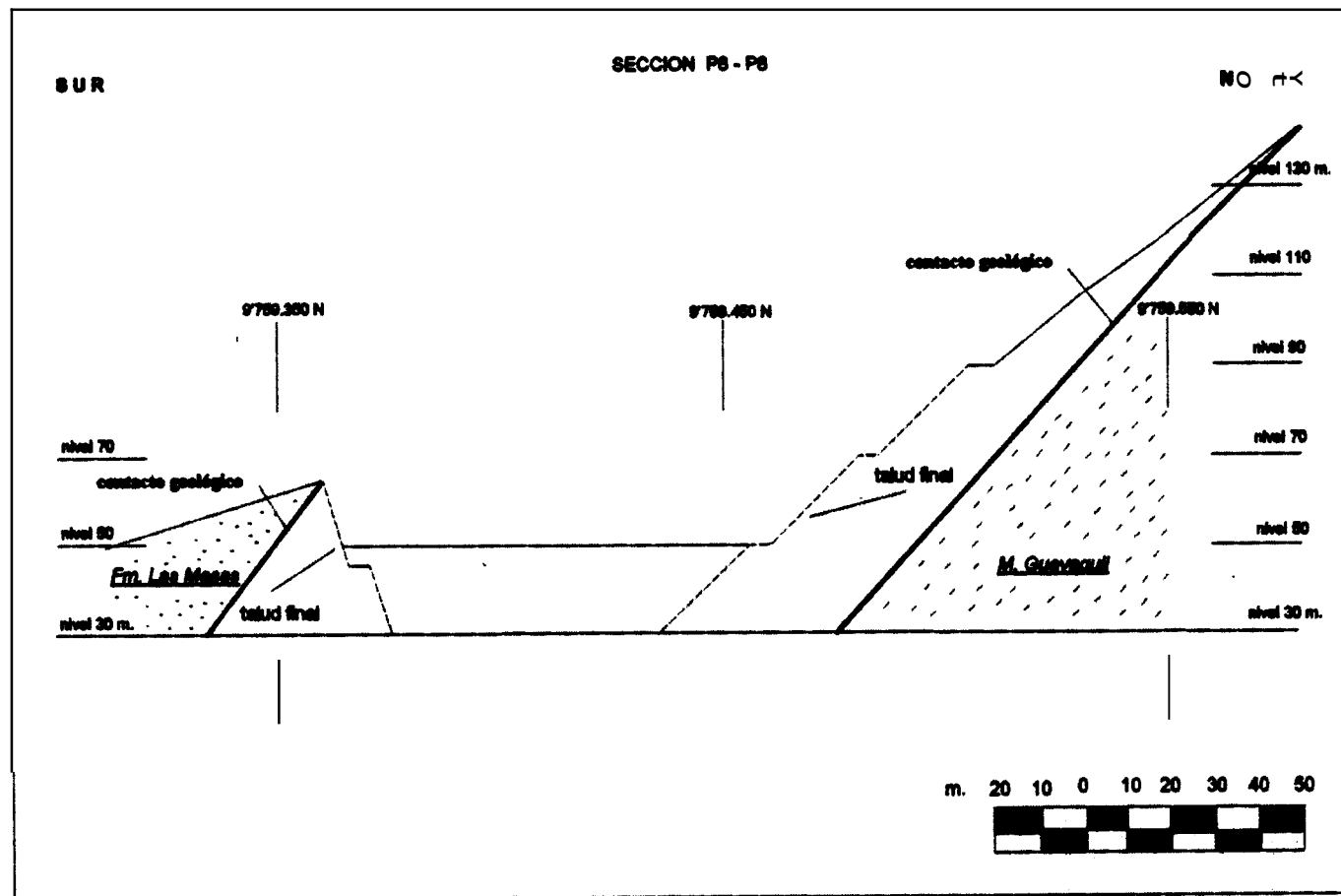
Elaborado por Javier Calderón P.

Fig. 27.- Sección cantera, tajo sexto año



Elaborado por Javier Calderón P.

Fig. 28.- Sección cantera, 7^o séptimo año



Elaborado por Javier Calderón P.

Fig. 29.- Sección cantera, tajo octavo año

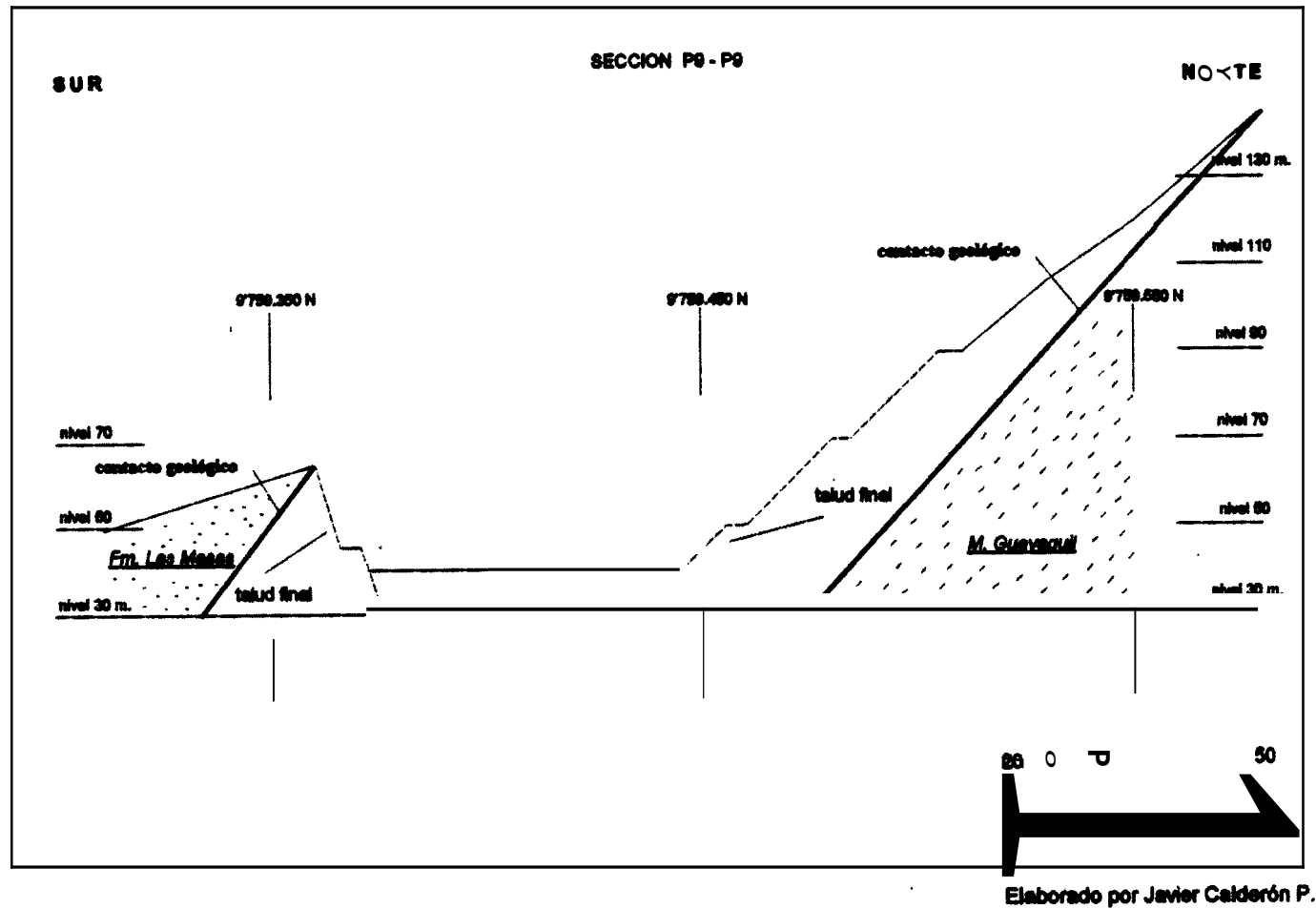


Fig. 38.- Sección cantera, tajo noveno año

CAPITULO V

REEMPLAZO DEL EQUIPO DE EXPLOTACION

5.1 Rasgadura y empuje

5.1.1 Unidad **actual**

Los tractores de cadenas Caterpillar son tomados del manual de rendimiento caterpillar (4):

Tipo de equipo	Tractor de <i>cadenas</i> Caterpillar (4).
Modelo	D8N, <i>sin ripper</i>
Horas en operación	11.100
Potencia <i>en el volante</i>	212 kW - 285 HP
Peso <i>en orden de trabajo</i>	31.383 Kg.
Modelo de motor	3406
rpm clasificadas del motor	2100
Cantidad de cilindros	6

Calibre	137 mm.
Carrera	165 mm.
Cilindrada	14,6 L
Ancho de zapata estándar	560 mm.

DIMENSIONES

Altura	3,43 m.
Largo total con hoja	6,24 m.
Ancho	3,04 m.
Tipo y ancho de hoja	Semiuniversal 4,26 m.

ESTIMACION DE LA PRODUCCION DE LA HOJA

Las estimaciones de la producción de la hoja es calculada mediante fórmulas y reglas contenidas en el manual de rendimiento Caterpillar (4):

Tipo hoja	SU
Material	Bloques de caliza desgarrada en d a poco consolidada. Material producto de voladura.
Distancia de acarreo	40 m .
Pendiente	0 %
Densidad	2.600 lb/yd³
Operador	bueno
Eficiencia del trabajo	40 min/h
Producción máxima sin corregir	650 m³/h

Factores de corrección

Rocas desgarradas o de voladura	0.6	0.6
Corrección por pendiente	1	1
Operador mediano	0.75	0,75
Eficiencia del trabajo	0.67	0,67
Corrección por densidad	0.83	0.83
Producción , m ³ / h	236.1	341
tph	354,15	511,15

5.2 Perforación

5.2.1 Unidad de perforación actual

La unidad de perforación comprende: martillo, sistema de montaje de la perforadora **y** la unidad de compresión. El sistema de montaje **y** la unidad de compresión **se** disponen como unidades independientes; el compresor proporciona la energía **a todos** los componentes **de** acción neumática.

El martillo **es** Worthington WD-55A **martillo en cabeza rotopercutivo** de accionamiento neumático **con** motor de rotación independiente.

Velocidad instantanea de penetración	27 mph
Velocidad media de penetración	21,6 mph
Velocidad media de perforación	14,4 mph

MODELO	D9N	DION
Potencia	276 Kw 370HP	338 Kw 520 HP
Peso	42.542 Kg	57.410 Kg.
<i>Dimensiones</i>		
alto	3.91m.	4.24 m
largo	6,87 m.	7.76 m.
ancho	3.25 m.	3.72 m.

ESTIMACION DE LA PRODUCCION DE LA HOJA

Tractor	D9N - DION
Tipo hoja	SU
Material	Bloques de <i>caliza</i> desgarrada en matriz de arcilla poco consolidada. Material de voladura. Tamaño menor a 30 in.
Distancia	40 m.
Pendiente	0 %
Densidad	2.600 lb/yd ³
Operador	bueno
Eficiencia	40 min/h

	D9N	DION
Producción máxima sin corregir, m ³ /h	900	1.300

Factores de corrección

Rocas desgarradas o de voladura	0.6	0.6
Corrección por pendiente	1	1
Operador mediano	0.75	0,75
Eficiencia del trabajo	0.67	0,67
Corrección por densidad	0.83	0.83
<i>Producción, m³ / h</i>	236.1	341
<i>tph</i>	354,15	511,15

52 Perforación**52.1 Unidad de perforación actual**

La unidad de perforación comprende: martillo, sistema de montaje de la perforadora y la unidad de compresión. El sistema de montaje y la unidad de compresión se disponen como unidades independientes; el compresor proporciona la energía a todos los componentes de acción neumática.

El martillo es Worthington WD-55A martillo en cabeza rotopercutivo de accionamiento neumático con motor de rotación independiente.

Velocidad instantánea de penetración	27 mph
Velocidad media de penetración	21,6 mph
Velocidad media de perforación	14,4 mph

El sistema de montaje de la perforadora es sobre carro de orugas de accionamiento neumático y consta de los siguientes componentes principales:

- Tren de orugas
- Motores de traslación
- Chasis
- Central hidráulica auxiliar
- Brazo extensible y deslizadera
- Motor de avance

Unidad de compresión:

cfm	850
m ³ /min	24,07
Presión aire	100 psi
Marca	Worthington
Tipo	850
Modelo	HAP ODB AXX
Año	1968

5.2.2 Criterios para el remplazo de equipo

1. Reservas probadas de caliza para efecto de perforación 2'611.716 toneladas. En base al diseño de voladura en banco es necesario perforar 119.617 metros con una velocidad media de perforación de

14,4 mph; considerando también el traslado del equipo se planifica

9.138 horas de operación.

2. En bodega se dispone de las siguientes partes de la unidad de perforación actual: martillo, motores de traslación izquierdo y derecho, y el motor de avance. El disponer en bodega de partes de la unidad de perforación permitiría mantener en buenas condiciones el martillo y el sistema de montaje de la perforadora.

3. Reemplazo de la unidad de compresión debido a problemas mecánicos en el motor y por vejez (año 1968).

Requerimientos de aire:

diámetro del hueco	3 ½ in.	4 in.
FLUIDO DE BARRIDO		
Velocidad de ascensión, fpm.	5.000	5.000
diámetro de perforación, in.	3 ½	4
diámetro de las varillas, in.	1 ½	1 ¾
volumen de aire requerido, cfm	272,88	352,91
AIRE REQUERIDO POR EL MARTILLO		
Cfm	195	275
Presión de operación, psi.	100	100
TOTAL DE AIRE REQUERIDO, cfm	413,22	557,32

Procedimiento para la determinación del fluido de barrido y aire requerido por el martillo. Ver apéndice C.

CAPITULO VI

REEMPLAZO DEL EQUIPO DE CARGA Y TRANSPORTE

6.1 inventario y productividad del equipo de carga y transporte

La caliza es transportada a la trituradora primaria sobre una distancia de 850 m. en el turno 1 y 445 m. en el turno 2 desde la zona de derrumbe y herradura respectivamente.

La *Tabla IV* presenta el inventario del equipo de carga y transporte: marca, modelo, año de fabricación, capacidad y estado mecánico.

La *Tabla V* presenta la productividad del equipo de carga y transporte: turno de trabajo, nivel de carga, distancia de transporte a la trituradora y pendiente máxima a favor con el camión vacío. La productividad del equipo de transporte actualmente está en relación directa con la eficiencia en la etapa de trituración primaria.

Tabla IV.- Inventario equipo de carga y transporte

Equipo	Modelo	Año	Capacidad	Estado
excavadora hidráulica <i>O & K</i>	RH30C	86	3,5 m ³	aceptable
cargadora de ruedas <i>Caterpillar</i>	950 F	92	2,7 m ³	bueno
camión de volteo posterior <i>Euclid</i>	R 35	78	35 t	bueno
camión de volteo posterior <i>Euclid</i>	R 20	68	20 t	reparación
camión de volteo posterior <i>Euclid</i>	R 35	68	35 t	reparación
camión de volteo posterior <i>Man</i>	32240	81	20 t	reparación
camión de voltero posterior <i>CCC</i>	770	76	15 t	aceptable
camión de voltero posterior <i>CCC</i>	770	78	15 t	aceptable

Tabla V.- Productividad equipo de carga y transporte

Tamo	zona	nivel	distancia (m)	pendiente máxima (%)	capacidad camiones (t)	toneladas por turno	toneladas por hora
1	derrumbe	90	850	13	(1) 35 (1) 15	327 247 total 574	67,5
2	herradura	60	445	5	(1) 35 (1) 15	439 331 total 770	77

62 Sistema de carga y transporte

El tipo de depósito determina el sistema de carga; ya sea roca o materiales no consolidados en los que la excavación y carga pueden ser combinados o separados. La *Tabla VI* presenta los equipos requeridos para la excavación y carga de roca o materiales no consolidados.

Comparación de los equipos de excavación y carga. Ver Apéndice D.

Atributos de equipos de excavación(5):

Palas

1. Alta producción.
2. Adaptable a manejar todos los tipos de materiales, incluyendo bloques grandes.
3. Medianamente limitado en condiciones rígidas de operación.
4. Movilidad limitada.

Dragalíneas

1. Normalmente usados para manejar materiales no consolidados o flojos, pero grandes unidades pueden manejar roca de voladura.
2. Puede actuar bajo condiciones de operación menos rígidas que las palas.
3. Tienen la habilidad de excavar sobre y bajo del nivel del equipo.

Traillas

1. Tienen excelente movilidad.
2. **Están** limitados a materiales blandos a quebrados con facilidad para una buena producción, aunque ellos pueden **manejar** material quebrado de tamaño promedio de 24 in.
3. El área de disposición del material no debe exceder una milla.

Cargadora de ruedas

1. Pueden operar bajo condiciones muy rígidas.
2. Alto costo de capital.
3. **ES** limitado a la excavación de material.

El sistema de transporte se clasifica en continuo y discontinuo. La *Tabla VII* presenta el equipo correspondiente a los sistemas de transporte continuo y discontinuo.

Atributos de equipos de transporte (5):

Traillas

1. Requieren buenas condiciones de caminos **para** minimizar costos de llantas.
2. Son limitados económicamente **para** radios de operación de una milla.

Camiones

1. Requieren buenas condiciones de caminos **para** minimizar costos de llantas.

2. Son limitados económicamente para radios de operación mayor a 3 millas.
3. Son muy flexibles.
4. Pueden manejar material grueso, en bloques.

Transportadores de banda

1. Alto costo capital inicial.
2. Apto para gradientes adversas (superior a 40 %).
3. Requieren material de tamaño adecuado para garantizar la vida de la banda.
4. Alto costo de mantenimiento.

Sumario de los sistemas de transporte, Ver *Apéndice E*.

El sistema de carga y transporte empleado comúnmente en las operaciones mineras y de canteras es el sistema pala-camión; sistema que se adapta muy bien al material fragmentado por voladura y al material de la zona de derrumbe. La excavadora hidráulica en la zona de derrumbe permite manejar bloques grandes en la carga a los camiones, separar bloques para su fragmentación o producción de piedra riprap.

Tabla VI.- Sistemas de excavación y carga

Excavación y carga combinada	Excavación y carga separada	
	<u>Excavación</u>	<u>Carga</u>
Excavadora de cables	Perforación y voladura	Pala de cables
Excavadora hidráulica		Excavadora hidráulica
Cargadora tipo tractor		Cargadora de ruedas
Cargadora de ruedas	Hidráulica	Cargadora tipo tractor
Dragalínea		cargadora de ruedas
	Desgarre y empuje	Cargadora tipo tractor
		Cargadora de ruedas
	Dragalínea	Cargadora de ruedas
		Alimentador de banda

Tabla tomada de *Stone & Ready Mixed Concrete. Part C2 (6)*.

Tabla VII.- Sistemas de transporte

Discontinuos	Continuos
Camiones	Transportadores de banda
Carga y transporte combinado	Líneas de tubería para transporte
traíllas, cargadora de ruedas y tipo tractor	hidráulico y neumático.
	Elevadores
	Chutes

Tabla tomada de *Stone & Ready Mixed Concrete, Part C2 (6).*

6.3 Tiempos ciclo de carga y transporte

Nivel:	90	65	65	80
Material:	voladura	d e m b e	derrumbe	d e m b e
Distancia de transporte, m.:	767	438	438	675
Pendiente máxima, %:	13	5	5	8
Equipo de carga:	O&K	CAT	CAT	O&K
	RH30C	950F	950F	RH30C
Ciclo de carga:	30"	50"	50"	30"
Unidades en servicio:	1	2	2	2
Capacidad del camión:	15 ton.	35 ton.	35 ton.	35 ton.
Maniobra área de carga:	1' 45"	30"	30"	30"
Espera servicio cargadora:	20"	5"	5"	5"
Carga del camión:	2' 30"	6' 50"	9' 16"	4' 30"
Maniobra área de carga:	60"	30"	18"	30"
Transporte camión cargado:	3' 15"	2' 25"	2' 30"	2' 30"
Maniobra área descarga:	35"	5"	5"	5"
Espera descarga:	1' 20"	6'	6'	7'
Maniobra área descarga:	5"	5"	5"	5"
Retorno camión vacío:	2' 50"	1' 45"	3' 35"	2'
Total ciclo camión:	13' 40"	18' 15"	22' 24"	16' 15"

6.4 Determinación del número y capacidad de unidades de transporte

- Requerimiento de transporte de caliza a la trituradora primaria: 200 tph
- Tiempo productivo de los camiones por hora: 48 minutos.
- Duración ciclo del equipo de transporte: 11,25 minutos.
- Factor de disponibilidad del equipo: 0,8.

	Capacidad del camión en toneladas				
	10	20	30	35	40
Toneladas por hora-camión	42,67	85,33	128	149,33	170,67
Número de camiones	4,69	2,34	1,56	1,34	1,17
Aplicación factor disponibilidad	5,86	2,93	1,95	1,67	1,46

Para trasnportar 200 tph a la trituradora primaria es necesario disponer dos camiones de 30 ó 35 toneladas. Determinación del número y capacidad de unidades de transporte, Ver Apéndice F.

6.5. Unidad de carga

Excavadora hidráulica O&K RH30C, equipo de pala cargadora con monopluma de 4 m. Capacidad del volquete 25 a 40 toneladas.

Las operaciones de carga recomendadas para llenar los camiones obedecen a la siguiente regla general:

- Excavadora 4 - 8 operaciones
- Cargadora de ruedas o tipo tractor.. . . 3 - 5 Operaciones

Para camiones de 35 toneladas la capacidad máxima colmada (2 a 1) (S.A.E.) es de 23,5 metros cúbicos, la capacidad del cucharón para el número de operaciones de carga recomendada es como sigue:

<i>cargadora de ruedas</i>		<i>excavadora hidráulica</i>	
operaciones de carga		operaciones de carga	
3	5	4	8
7,83 m ³	4,70 m ³	5,88 m ³	2,94 m ³

La excavadora hidráulica O&K RH30C, capacidad del cucharón 3,5 m³ ~~satisface~~ las necesidades de *carga* a los ~~camiones~~ para el transporte a la trituradora primaria. En la *Tabla VIII* se presenta la productividad de excavadoras hidráulicas y cargadoras de ruedas.

TABLA VIII.- PRODUCTIVIDAD EQUIPO DE CARGA

	XCAVADORA HIDRAULICA			CARGADORA DE RUEDAS	
Capacidad de la cuchara, m ³ :	3,1	3,5	3,8	5,5	9,9
factor de llenado, %:	0,85	0,85	0,85	0,8	0,8
Carga útil	2,64	2,98	3,23	4,4	7,92
Peso material, tpm ³ :	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Ciclos por hora, 100%:	120	120	120	72	72
Productividad M i m a , tph:	474,3	535,5	581,4	475,2	855,36
Producción horaria real, tph:	317,78	358,79	389,54	318,38	573,09

Nota: eficiencia de trabajo 40 minph, se aplica un factor de 0,67 a la productividad máxima.

CAPITULO VII

REEMPLAZO EQUIPO DE TRITURACION PRIMARIA

7.1 Características del material a triturar

La información referente a Densidad, Dureza, Prueba de Abrasión de Los Angeles y Resistencia a la Compresión Simple de la caliza son tomadas de tablas contenidas en el manual TelSmith (15).

Material: Caliza fragmentada por voladura de las Unidades I y III contienen material fino (menor a 2 in.): 5%.

Caliza de la zona de derrumbe contiene material fino: 10-15%.

En la caliza de la Unidad II por lo general no se realiza la separación de material fino.

Densidad: 1,6 t/m³

Dureza: 3 (escala MOHS) .

Abrasividad: Medianamente abrasivo.

Prueba de abrasión de Los Angeles: 33,8.

Resistencia a la compresión simple: 1.225 Kg/cm²

Indice de trabajo de Bond (13): 12,74

7.2 Requerimientos de reducción de tamaño

Operación de la trituradora primaria:

- **Toneladas trituradas por año: 500.000**
- **Días de operación en el año: 250**
- **Un turno por día, 5 días a la semana.**
- **2.000 tpd en un tiempo de operación promedio igual a 10 hpd.**
- **Alimentación a la trituradora: 200 tph.**
- **Tamaño de alimentación máximo: 1,20 m.**
- **Tamaño de producto: 15 cm.**

7.3 Método de reducción de tamaño y equipo de trituración.

Existen cuatro métodos de reducción mecánica: por impacto, atrición, corte y compresión. El método de compresión es seleccionado en base a los siguientes criterios;

- **Material medianamente abrasivo.**
- **Requerimiento de un producto uniforme con una mínima cantidad de finos.**
- **Bajo costos de operación por unidad de tiempo.**
- **Buen control de la operación, supervisión continua y accesibilidad al compartimiento de trituración.**

- **Método** de alimentación favorable **para** material en bloques.

Los equipos de trituración primaria que emplean el fracturamiento por compresión son las **trituradoras de** quijadas y las giratorias; **para** decidir si se debe usar **una trituradora** de quijadas o **una** giratoria, el **fáctor más importante es** el tamaño máximo de la **mena** que la **trituradora** áebe manejar y la **capacidad** necesaria (13). “**Las trituradoras** giratorias en **general, se** usan donde **se** necesita **una alta capacidad, las trituradoras de** quijada **se usan** cuando la abertura de la **trituradora es** más importante **que** la capacidad” (13). **Una** relación **para** decidir **cuál** trituradora emplear es la proporcionada por Taggart: *Si $t/h^{-1} < 161.7$ (abertura en metros)‘ use una trituradora de quijadas, si el tonelaje es más grande que este valor, use una trituradora giratoria.* La **trituradora** requerida es una **de** quijadas, **se** cumple $200\ t/h^{-1} < 232,8$.

Características técnicas de la trituradora seleccionada del Apéndice G **que** contiene información **técnica** para trituradoras de quijadas tipo Blake:

Abertura ancho de entrada, in:	48 x 72
Abertura de descarga, in.:	6
Capacidad, tph:	228
r.p.m., rango recomendado:	125 a 150
Motor hp, rango recomendado:	150 a 215

7.4 Requerimientos de energía.

Requerimientos de energía **de** la trituradora de quijadas:

Abertura de alimentación, in:	48
Abertura de la descarga, in:	6
Relación de reducción:	8 : 1
Índice de trabajo de la caliza:	12,74
Alimentación, μm :	1200000
Producto, μm :	150000
Trabajo consumido, Kw-h/st:	0,21
Potencia necesaria, HP	250

Apéndice H describe la Ley de Bond para la determinación del trabajo consumido.

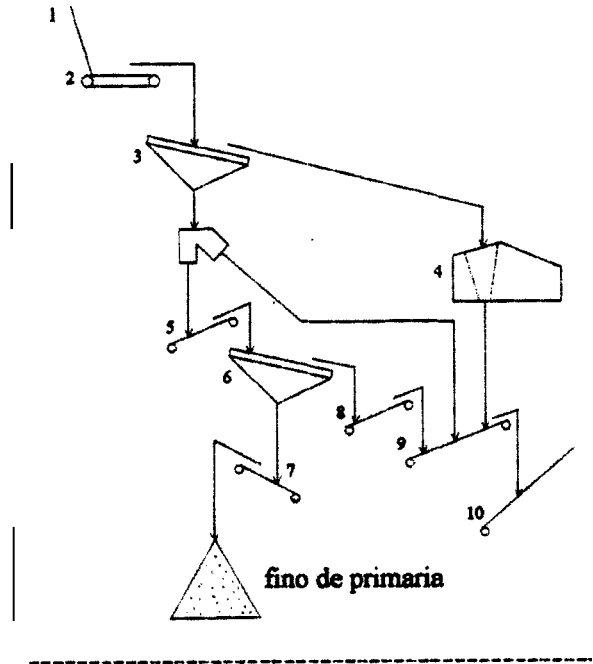
7.5 Diagrama de proceso

En operaciones de cantera las fracciones finas bajo 2 in. son separadas. Una planta de trituración primaria comprende las siguientes máquinas y equipos:

- Tolva de gruesos.
- Alimentador.
- Separador primario.
- Trituradora primaria.
- Banda colectora de material bajo la trituradora.
- Banda transportadora al siguiente circuito de trituración o pila de almacenamiento intermedio.
- Equipo auxiliar.

Diagrama de la planta de trituración primaria con las modificaciones correspondientes (Ver Figura 31).

etapa de trituración primaria



LEYENDA

1. Tolva de material grueso, 40 t
2. Alimentador de placas 72 in. x 18 ft.
3. Parrilla vibratoria 7 A. x 12 ft., abertura 5 in.
4. Trituradora de quijadas 48 in. x 72 in., 228 TPH
5. Transportador de banda, 24 in.
6. Criba vibratoria 4 ft. x 4 ft., abertura 2 in.
7. Transportador de banda, 30 in.
- 8, Transportador de banda, 30 in.
9. Transportador de banda, 36 in.
10. Transportador de banda, 30 in.

Elaborado por Javier Calderón P.

Fig. 31- Diagrama planta de trituración primaria.

CAPITULO VIII

EVALUACION ECONOMICA

8.1 Necesidades de reemplazo de equipo.

Reemplazo por terminación de la vida útil del compresor de aire Worthington perteneciente a la unidad de perforación por un compresor también portátil *Ingersoll-rand* de las siguientes características:

CFM	750
PSIG	150
Marca	Ingersoll-rand
Modelo	P-750WCU

Reemplazo del tractor de cadenas Caterpillar D8N por otro tractor de cadenas Caterpillar D9N. Reemplazo por terminación de vida útil al tener más de 10.000 horas de operación; además, el equipo actual presenta deficiencias mecánicas por calentamiento de motor y transmisión, situación por la cual se tiene un tractor D8N en calidad de alquiler.

Adquisición de **un** camión de obras Caterpillar **769C**, sus especificaciones son las siguientes:

Peso de operación (vacío)	30.675 Kg
Velocidad máxima (cargado)	69 Km/h
Capacidad máx. en toneladas	36,3 t
A ras (S.A.E.)	17,4 m³
Colmada (2 a 1) (S.A.E.)	23,5 m³

La flota de camiones actual **presenta** problemas mecánicos continuos **que** no permiten tener en operación normal el número **de** camiones **necesarios** para el **transporte**, con las **dos unidades Euclid R35** es factible tener una **unidad** Euclid **en** aceptables condiciones de operación, **que** conjuntamente **con** la Caterpillar **769C** **estarían en capacidad de transportar 200 tph.**

Reemplazo del equipo principal de la etapa de trituración primaria. La trituradora de quijadas **actualmente procesa 65 tph** y su utilización es del **67%**, la capacidad de la trituradora seleccionada **es** 228 tph permite **triturar** 500.000 toneladas anuales bajo las condiciones **de** operación anteriormente propuestas; además, las dimensiones de la boca de la trituradora **48 in. x 72 in.** permite **manejar** bloques **grandes de un metro** y **suprimir** el empleo de rompedores **cónicos en bloques de ese tamaño**; operación de reducción **costosa** considerando el **costo** del explosivo y la cantidad de bloques **que se reducen** mensualmente. Es **necesario** realizar también el reemplazo del alimentador y la parrilla **vibratoria acorde con las dimensiones** de la entrada **de la trituradora.**

82 Inversión

Costo de pre-producción:

Volumen de sobrecarga	15.000 m ³
Costo de remover sobrecarga (\$0.41/m ³)	\$ 6.150

Equipo de explotación:

Compresor	\$ 60.000
Tractor	\$ 450.000
Camión	\$ 250.000
	\$ 760.000

Planta de trituración primaria:

Trituradora de quijadas	\$ 600.000
Alimentador de placas	\$ 77.000
Parrilla vibratoria	\$ 61.000
	\$ 738.000

Total de Inversión	\$1'504.150
---------------------------	--------------------

73 Factores de análisis

Vida de la cantera	10 años
Interés	12 %
Precio de venta del agregado	\$ 5.46 / t
Toneladas trituradas en el año	500.000
Toneladas agregados por tonelada de caliza	0.67

Toneladas de *agregados* recuperados en el año 335.000

	<i>costos</i>		
	<i>por año</i>	<i>por tonelada de</i>	<i>por tonelada de</i>
	<i>\$</i>	<i>caliza</i>	<i>agregado</i>
Minado	162.750	0.31	0.49
Trituración	488.250	0.93	1.46
Instalación superficie y servicios	47.250	0.09	0.14
Administración y generales	210.000	0.4	0.63
Manejo Producción	21.000	0.04	0.06
<i>Total</i>	929.250	1.77	2.77

Utilidad neta \$ 899.850

84 Índices Económicos

Se llama *Ganancia (G)* a la diferencia obtenida entre la suma de las utilidades netas reducidos a valor actual y la inversión inicial:

$$G = 899.850 \bullet (P/A_{12,10}) - 1'504.150$$

$$G = 899.850 \bullet 5,65 - 1'504.150 = 3'508.002,5$$

La *Rentabilidad (R)* puede interpretarse como la tasa de interés a la que el capital invertido en el negocio ha ganado intereses:

Método realista

$$R = \sqrt[10]{(899.850 * (F/A_{12,10}) / 1'504.150)} - 1$$

$$R = \sqrt[10]{(899.850 * 17,54) / 1'504.150)} - 1 = 27 \% \text{ anual}$$

Método optimista

$$899.850 * (P/A_{i,10}) = 1'504.150$$

$$(P/A_{i,10}) = 1,672 \quad \text{=====} > \quad R = 60 \%$$

El *Porcentaje de ganancia sobre la inversión (PGI)* indica la Cantidad que con respecto a la inversión inicial, se puede considerar como ganancia por período; es decir, cuánto se debe tomar de los ingresos en cada período para dejar exclusivamente las cantidades que amortizarán la inversión:

$$PGI = (A/P_{12,10}) * (3'580.002,5 / 1'504.150) * 100$$

$$PGI = (0,17698) * (3'580.002,5 / 1'504.150) * 100 = 42 \%$$

Se denomina *Período de cancelación (PC)* al tiempo en el cual los ingresos netos reducidos a valor actual igualan la inversión inicial:

$$1'504.150 = 899.850 * (P/A_{12,PC})$$

$$(P/A_{12,PC}) = 1,67 \quad \text{=====} > \quad PC = 2 \text{ años}$$

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

.

1. La relación de caliza en la zona de **derrumbe** a la caliza como macizo **rocoso es** 1,1 a 1. **De** la totalidad de **caliza** explotable el 52,8 % **corresponde al** derrumbe y el 47,2 % macizo; la relación de producción **es** la misma a la de la **caliza** explotable.
2. Taludes finales **40°** y **70°** al norte y **sur** respectivamente. Es necesario monitorear constatemente la **parte** superior del tajo y mantener las cunetas **para** desviar las aguas lluvias a las quebradas.
3. El plan **de** explotación **de** los 3 **años** siguientes presenta la **adecuada** secuencia de minado a **fin** de **asegurar** la relación **de** producción y el aprovisionamiento de material a la trituradora **primaria**. El plan comprende desarrollar el **área** de Ampliación Precón y la **zona** de derrumbe, implantar accesos y **rampas** que agiliten las operaciones de carga y **transporte**, unir físicamente las dos concesiones a **fin** de tener distancias de transporte menores a las actuales y **gráientes** promedios de **10%**.
4. **Piso final del tajo** en Ampliación Precón nivel 50 y en Preconsa nivel 30.
5. **En base al manual** de rendimiento Caterpillar la producción calculada de la hoja topadora **de** un tractor **D8N** es **255 tph**, la producción **medida** en la cantera del mismo **equipo** en la zona de **derrumbe es 180 tph (70% de 255 tph)**, incluye

desgarre y empuje. La producción calculada de la hoja topadora de **un tractor D9N es 354 tph**, **bajo** las mismas condiciones en la cantera la producción estimada es 250 tph.

6. La excavadora hidráulica O&K RH30C **es adecuada para cargar** camiones de 25 a **40 toneladas**, reducir la operación de *carga* a **un turno permite aprovechar más su capacidad** operativa; esto es, aumentar su rendimiento de **65** a 200 tph.
7. La capacidad máxima de **dos** unidades de transporte **de 35 toneladas es 240 tph**, al **disponer** de este equipo **se** asegura el aprovisionamiento de 200 tph a la trituradora primaria.
8. Al reemplazar el equipo de trituración primaria **se** tienen los siguientes beneficios:
 - Aumentar la productividad de la excavadora hidráulica y del equipo de transporte.
 - **Las** dimensiones de la **boca** de la **trituradora 48 in. x 72 in.** **permite** manejar bloques *grandes* de un metro y suprimir el empleo de **rompedores cónicos** en bloques de ese **tamaño**; operación de **reducción costosa** considerando el costo del explosivo y la **cantidad** de bloques que **se** reducen mensualmente, aproximadamente **500**. La mitad de las reservas explotables **están** **constituidas** por material de la **zona** de **derrumbe**.
 - Reducir las operaciones de carga, **transporte**, trituración primaria y **secundaria** a un sólo **turno de trabajo**.

9. En la evaluación económica la inversión en equipo nuevo se supone aplicable al año cero del análisis económico y en una sola emisión. La evaluación no es un análisis financiero; por tanto, este estudio no comprende las vías y costos de financiamiento para la aceleración del proyecto. Indices económicos del proyecto:

<i>Ganancia:</i>		\$ 3'508.002,5
<i>Rentabilidad:</i>	<i>Método optimista</i>	. 60 %
	<i>Método realista</i>	27 %
<i>Período de cancelación:</i>		2 años
<i>Porcentaje de ganancia sobre la inversión:</i>		42 %

A P E N D I C E S

APENDICE A

RELACIONES PARA EL DISEÑO GEOMETRICO DE VOLADURAS

Variables:

H: altura de banco (ft)

O: diámetro de perforación (in)

B: piedra (ft)

S: espaciamiento

J: sobreperforación

T: retacado

Lqf: longitud carga de fondo

Relaciones entre variables:

$$H = 10 \ O$$

$$B = \frac{25 \text{ a } 35}{12} \ O$$

$$S = (1 \text{ a } 1,4) \ B$$

$$J = 0,3 \ B$$

$$T = (0,7 \text{ a } 1,3) \ B$$

$$Lqf = (0,3 \text{ a } 0,5) \ (B + J)$$

CONCENTRACION LINEAL DE CARGA DEL EXPLOSIVO EN EL
BARRENO

Variables:

Clq: concentración lineal de carga (Kg/m)

de: densidad del explosivo (gr/cm³)

Q : diámetro de carga del explosivo (mm.)

$$Clq = 7,854 \cdot 10^{-4} \cdot de \cdot Q$$

RETARDO ENTRE FILAS

Variables:

tr: retardo entre filas (ms.)

TR: factor de tiempo entre filas (ms/m)

B: piedra

$$tr = TR \cdot B$$

<i>constante TR (ms/m)</i>	<i>resultado</i>
6,6	tronadura de aire violenta, mucha quebradura
6,6 - 9,9	pila alta cercana a la cara del banco
9,9 - 13,1	pila altura promedio, tronadura de aire y quebradura promedio
13,1 - 19,7	pila diseñada con quebradura mínima

APENDICE B

PRODUCCIÓN ESTIMADA DE TRACTORES

Tractor	<u>Costos \$/Hr</u>			<u>producción</u> <u>Promedio</u> <u>material suelto</u> <u>cu vd /Hr</u>		<u>Costos c/ / cu vd</u>	
	Amortización	Operación	total	hoja U	hoja recta	hoja U	hoja recta
		*					
	potencia						
385-hp	12.00	13.00	25.00	750	640	3.3	3.9
270-hp	8.00	9.00	18.00	525	450	3.4	4.0
400-hp ruedas	10.00	12.00	22.00	525	450	4.2	4.9

* Incluye \$4.00 por hora para operador

* No incluye eficiencia de trabajo

Nota: Para excavación de banco o empuje de material fino con bloques de roca se aplica un factor de 0,75 a 0,80 a la producción promedio. Para 10% gradiente adversa sustraer 15% de la producción promedio, para gradiente a favor añadir 10% a la producción promedio.

APENDICE C

REQUERIMIENTOS DE AIRE COMPRIMIDO

FLUIDO DE BARRIDO

$$CFM = V (D_1^2 - D_2^2) / 183,3$$

donde:

CFM: aire para fluido de barrido, pies cúbicos por minuto.

V: velocidad de ascensión de los detritos, pies por minuto (5.000 fpm).

D₁ : diámetro del barreno, pulgadas.

D₂ : diámetro del varillaje, pulgadas.

AIRE REQUERIDO POR EL MARTILLO

Consumo de aire para martillos rotopercutivos al nivel del mar y a 100 Psi de Presión de aire.

Diámetro del barreno	Consumo de aire
in	Cfm
2 5/8	135
3	160
3 ½	195
4	275

Factor para el aire comprimido de martillos en varias altitudes

Altitud	0	1.000	2.000	3.000	4.000	5.000	6.000
Factor	1.00	1.03	1.07	1.1	1.14	1.17	1.21

APENDICE D

COMPARACION EQUIPOS DE EXCAVACION Y CARGA

Tipo	excavadora de cables				excavadora hidráulica			
Capacidad del cucharón, m³	2,5 - 3	3,5 - 4	75	9	2,5 - 3	3,5 - 4	75	9
Peso bruto, t	75	110	190	280	50	70	110	120
Potencia instalada, Kw	150	230	400	-	170	250	500	750
Capacidad de carga, t/h	350	500	900	1200	500	650	1100	1400
Fuerza de excavación	alto				muy alto			
Estabilidad	alto				alto			
Presión sobre el terreno	bajo				bajo			
Tipo de motor	motor eléctrico y/o diesel				máquina a diesel			
Equipo de excavación y carga	mecánica				hidráulica			
tipo de movilidad	alto				muy alto			
Fuerza de excavación	bajo				alto			
Mobilidad de equipo de excavación	bajo				moderado			
Maniobrabilidad	20 - 30				12 - 16			
Vida de servicio, hr * 1000	bajo				moderado			
Costos de mantenimiento	alto				alto			
Costos de inversión								
Aplicaciones	xcavación directa en el frente.				xcavación directa en el frente			
	movimiento limitado del cucharón				buena secuencia del movimiento			
	reduce capacidad de carga.				el cucharón, altas capacidades			
	fobilidad limitada a un solo sitio.				fobilidad relativa.			

Tipo	cargadora tipo tractor	cargadora de ruedas
Capacidad del cucharón, m ³	- 1,25 2 - 2,25 3 - 3,5 4,5	2,5 - 3 3,5 - 4 7,5 9
Peso bruto, t	12 20 28 42	12 20 55 70
Potencia instalada, Kw	80 150 180 260	75 150 280 520
Capacidad de carga, t/h	250 380 480 600	400 500 800 1100
Fuerza de excavación	medio	bajo
Estabilidad	alto	bajo
Presión sobre el terreno	muy bajo	alto
Tipo de motor	máquina a diesel	máquina a diesel
Equipo de excavación y carga		
tipo de movilidad	hidráulica	hidráulica
Fuerza de excavación	alto	bajo
Mobilidad de equipo de excavación	moderado	moderado
Maniobrabilidad	moderado	alto
vida de servicio, hr * 1000	5 - 8	8 - 10
Costos de mantenimiento	alto	alto
Costos de inversión	moderado	bajo
Aplicaciones	alta contracción sobre el terreno garantiza buena fuerza de excavación y relativamente buena sequencia de movimiento cuando excava. Mayor movilidad que excavadora de cables e hidráulica.	capacidad de excavación limitada por la reducida contracción sobre el terreno. por su movilidad puede ser usado en varios sitios.

Equipo

		Equipo													
		Bulldozers	Scrapers					Truck			Train	Conveyor	Skip	Pipeline	
			Tractor-Drawn Scraper	Under-Powered, Rubber Tired Scraper	Full-Powered, Single Engine Scraper	All-Wheel Drive Scraper	Rubber-Tired Tractor with Trailer Scraper	Rear Dump	Semitrailer Rear Dump	Semitrailer Bottom Dump					
Flexibilidad bajo condiciones variadas	bueno	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
	medio	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3		4
	pobre	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4
Tasa diaria de producción	bajo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			3	4
	medio		3	3	2	1	1	1	1	1	1	2	2	2	4
	alto				2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	4
Tonelaje	pequeño	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
	medio		3	3	1	1	1	1	1	1	1	3	2	3	4
	grande				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4

1. A considerar
2. **Puede** ser considerado
3. Puede ser considerado bajo ciertas condiciones
4. Puede ser considerado bajo situaciones especiales

APENDICE F

DETERMINACION DEL NUMERO Y CAPACIDAD DE UNIDADES DE TRANSPORTE

En base a la duración del ciclo de un camión dado y a la producción estimada por hora, el número de camiones puede ser determinado. Minutos productivos por hora varían de acuerdo a costumbres locales referente a períodos de alimentación, cambios de turno y condiciones de caminos.

$$\text{Ton. por hora-camión} = \text{Ton. por camión} \times \frac{\text{minutos productivos por hora}}{\text{duración ciclo de transporte}}$$

$$\text{Camiones requeridos} = \frac{\text{Total toneladas por hora}}{\text{Ton. por hora-camión}}$$

Tiempos muertos por servicio y reparaciones deben ser incluidos cuando se hace una estimación del número de unidades, un factor de disponibilidad debe ser considerado:

$$\text{Número de camiones} = \frac{\text{camiones requeridos}}{\text{factor disponibilidad(decimal)}}$$

APENDICE G

INFORMACION TECNICA TRITURADORAS DE QUIJADAS TIPO BLAKE

abertura x ancho entrada	capacidades (a) por hora							
	abertura descarga	ton.	abertura descarga	ton.	abertura descarga	ton.	abertura descarga	ton.
7 x 10	3/4	2	1	2,5	1 1/2	4	2	5,5
9 x 15	1	5,5	1 1/2	8,2	2	9	2 1/2	11,2
10 X 20	1 1/2	12,5	2	16	2 1/2	18	3	20
12 X 24	1 1/2	20	2	25	2 1/2	25	3	30
15 X 24	1 1/2	15	2	18	2 1/2	25	3	33
15 X 30	2	23,5	3	37,5	4	50		
18 X 24	2	24	2 1/2	30	3	35	7	70
18 X 30	2	27,5	3	41	4	60	7	80
18 X 36	2	32,5	2 1/2	40	3	60		
24 X 30	2	40	2 1/2	45	3	50	7	90
24 X 36	2	37,5	3	55	4	75	5	90
30 X 36	2 1/2	48	5	90	6	112,5	7	125
30 X 42	3	66	4	102	5	128	6	150
30 X 48	4	95	5	122	6	170	7	225
30 X 72	4	150	5	180	6	220		
36 X 42	4	76	5	108	6	160	8	235
36 X 48	4	107	5	148	6	175	8	260
42 X 48	5	130	6	150	8	260	10	320
42 X 60	5	180	6	225	7	252	9	320
48 X 60	5	165	6	205	8	340	10	515
48 X 72	6	228	7	315	8	320	10	400
60 X 84	6	270	7	330	9	430	10	450
66 X 86	8	420	9	480	10	595	12	800

*a. Capacidades están en base a la trituración de caliza estratificada
de dureza moderada, pre-separación de material
sin reducción apreciable*

APENDICE H

LEY DE BOND

La energía requerida a producir una partícula de tamaño D_p desde una alimentación de tamaño infinito es proporcional a la longitud total de las nuevas superficies formadas, o

$$E \propto \frac{1}{\sqrt{D_p}}$$

Para reducción de tamaño D_1 a D_2 , Ley de Bond puede ser escrito:

$$E = K_3 \left[\frac{1}{\sqrt{D_2}} - \frac{1}{\sqrt{D_1}} \right]$$

La ecuación anterior es transformada para usos prácticos:

$$W = 10 W_i \left[\frac{1}{\sqrt{P}} - \frac{1}{\sqrt{F}} \right]$$

P: diámetro en micras por donde pasa el 80% del producto.

F: diámetro en micras por donde pasa el 80% de la alimentación

W_i : índice de trabajo.

El índice de trabajo es el parámetro de la reducción de tamaño que expresa la resistencia del material a la trituración y molienda, numéricamente es el kilowatt

hora por tonelada corta necesario para reducir el material desde el tamaño teórico de alimentación infinito hasta que un 80% de él pase por la abertura de 100 μ m.

Indices de trabajo de Bond:

<i>Material</i>	<i>Indice de trabajo</i>	<i>Material</i>	<i>Indice de trabajo</i>
Barita	4,73	Feldespatos	8,91
Bauxita	8,78	Granito	15,13
Carbón	13,00	Grafito	43,56
Dolomita	11,27	Piedra Caliza	12,74
Esmeril	56,70	Cuarzita	9,58
Ferro-silicio	10,01	Cuarzo	13,57

BIBLIOGRAFIA

1. **CENTANARO, L** *Evaluación Geoeconómica del Yacimiento de Caliza de la Zona San Eduardo en el Km. 13½ vía a la Costa y Consideraciones Técnicas-Económicas de su Exploración.* (Tesis, Facultad de Ingeniería Geología, Minas y Petróleo, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1988)
2. **MENESES, A.** *Informe de Rehabilitación Precón,* Guayaquil, 1987.
3. **BENITEZ, S.** *Estratigrafía de las Formaciones Cayo y Guayaquil en la Cordillera Chongón Colonche: Hacia una redifinición,* Geociencia #4, Organo Informativo del Colegio de Ingenieros Geólogos, Minas y Petróleos del Guayas, pp. 18, 19.
4. **CAT,** *Manual de Rendimiento Caterpillar, edición 20,* Caterpillar Inc., Peoria, Illinois, E.U.A., Noviembre de 1989, pp. 17, 18, 45, 46, 61-65, 422.
5. **SME,** *Mining Engineer Handbook,* Society for Mining, Metallurgy and Exploration, Inc., volume II, sections 11, 17, 18, 27, 28, 31.
6. **HOLDERBANK,** *Stone & Ready Mixed Concrete,* "Holderbank" Management and Consulting LTD., 1983, Part C 1, 2, 3.
7. **COLUMBIA QUARRY Co.'s,** *New Equipment Revamps Quarry,* Rock Products, A Maclean Hunter publication, Vol. 94 No.2, February 1991, pp. 43.

8. **RUKAVINA, M.** *Utelite Proving it can Compete*, Rock Products, A Maclean Hunter publication, October 1990, pp. 49-51.

9. **SINGHAL, R** *Mine Planing: The Key to Profits*, World Mining Equipment, vol. 14 No . 1, January 1990, pp. 32-35

10. **CARDONA, R. BERLANGA, J.** *Plan de Minado para la Explotación a Cielo Abierto en los Yacimientos Cupríferos La Mexicanay Cabrestante, Concepción del Oro, Zacatecas*, Geominet # 158 XVI, Abril-Mano 1989, pp. 7-29

11. **WRIGHT, H.** *The Bethlehem Project of Bethlehem Copper Corporation, Lid, Highland Vailey, British Columbia*, pp. 199-203.

12. **TAGGART, A.** *Handbook of Mineral Dressing*, Wiley, New York, 1945, sections 3, 4.

13. **WILLS, B.** *Tecnología de procesamiento de minerales: Tratamiento de menas y recuperación de minerales*, Editorial Limusa, 1987, pp. 135-152.

14. **KELLY, E. SPOTTISWOOD, D.** *Introducción al Procesamiento de Minerales*, Editorial Limusa, pp. 143,144,153-157.

15. **TELSMITH,** *Manual Telsmith*, Divisão Telsmith, Baber Greene Company, edicao brasileira 1980, pp. 5-8, 12,13, 29-31, 35, 78,79, 147-149.

16. **LEWIS, M. BHAPPU, R** *Evaluating Mining Ventures Via Feasibility Studies*, Mining Engineers, October 1995, pp. 48, 49.

17. CAMARA DE LA CONSTRUCCION DE GUAYAQUIL, *Boletín estadístico* Diciembre 1995, p. 43.