

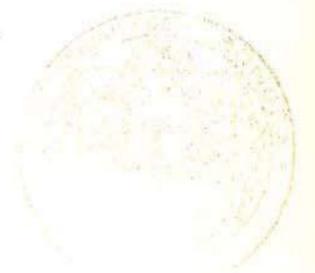
UNIVERSIDAD DE SONORA ESCUELA DE GEOLOGIA

EVALUACION GEOLOGICA – ECONOMICA
DEL DEPOSITO DE CUARZO "SAN MARCOS"
MUNICIPIO DE ENSENADA, B.C.

TESIS QUE PRESENTA PARA OBTENER EL TITULO DE
GEOLOGO

RAMON ASTORGA OTHON

ENSENADA, B.C., OCTUBRE 1989



EL SABER DE MIS HIJOS
HARA MI GRANDEZA
Escuela de Ingenieria
Depto. Geologia
BIBLIOTECA



EL SABER DE MIS HIJOS
HARA MI GRANDEZA
BIBLIOTECA DE CIENCIAS
EXACTAS Y NATURALES

Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON

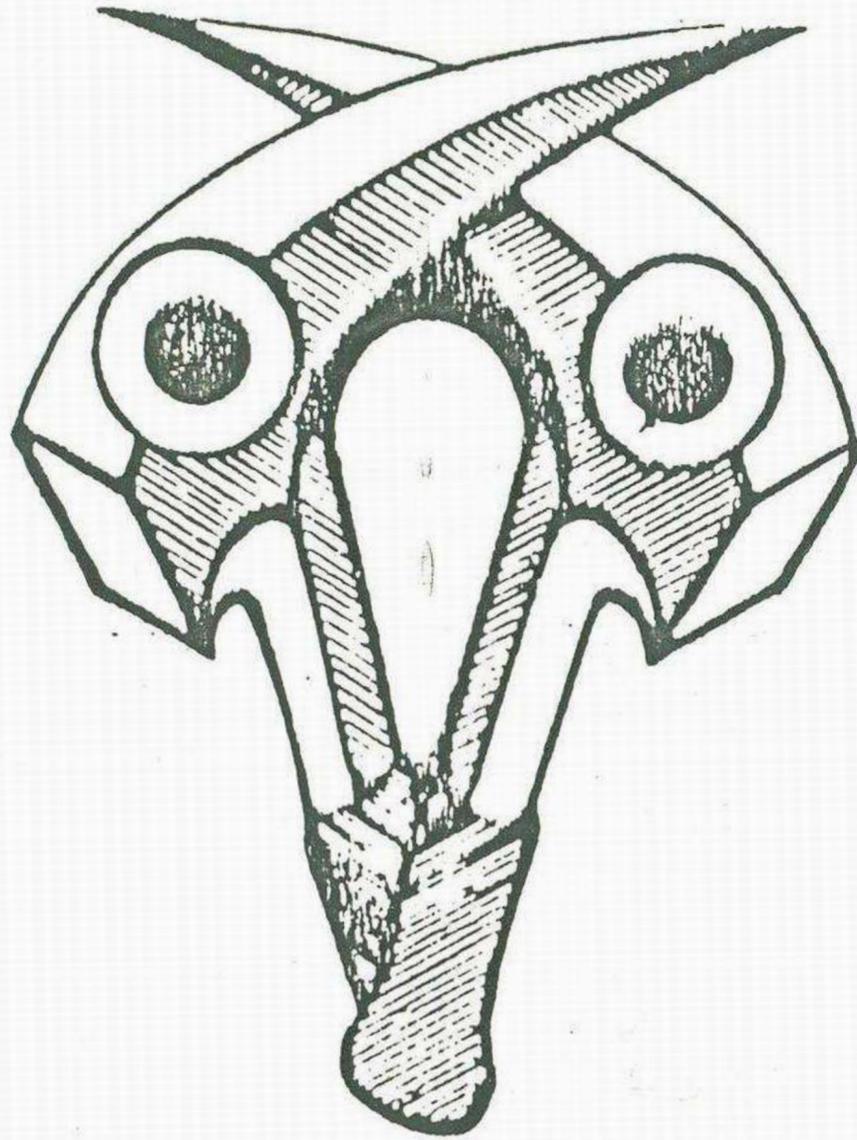


"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

DEPTO. DE GEOLOGIA



UNIVERSIDAD DE SONORA



EL SABER DE MIS HIJOS
HARA MI GRANDEZA
BIBLIOTECA DE CIENCIAS
EXACTAS Y NATURALES



EL SABER DE MIS HIJOS
HARA MI GRANDEZA
BIBLIOTECA DE CIENCIAS
EXACTAS Y NATURALES
Depto. Geología
BIBLIOTECA



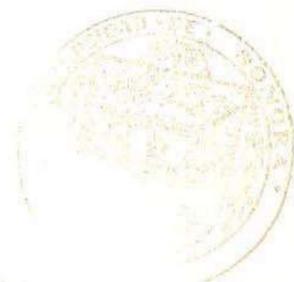
Departamento de Geología .

NOMBRE DE LA TESIS:

EVALUACION GEOLOGICA-ECONOMICA DEL DEPOSITO DE CUARZO "SAN MARCOS"
MUNICIPIO DE ENSENADA, B.C.

NOMBRE DEL SUSTENTANTE;

RAMON ASTORGA OTHON



EL SABER DE MIS HIJOS
HARA MI GRANDEZA
Secretaría de Ingeniería
Depto. Geología
BIBLIOTECA

El que suscribe, certifica que ha revisado esta tesis y que la encuentra en forma y contenido adecuada como requerimiento parcial para obtener el Título de Geólogo en la Universidad de Sonora.

DR. LUIGI RADELLI ROCCO

El que suscribe, certifica que ha revisado esta tesis y que la encuentra en forma y contenido adecuada como requerimiento parcial para obtener el Título de Geólogo en la Universidad de Sonora.

GEOL. OSCAR MONTIJO CONTRERAS

El que suscribe, certifica que ha revisado esta tesis y que la encuentra en forma y contenido adecuada como requerimiento parcial para obtener el Título de Geólogo en la Universidad de Sonora.

GEOL. JUAN RAMON GONZALEZ SANDOVAL

A T E N T A M E N T E
"EL SABER DE MIS HIJOS HARA MI GRANDEZA"

ING. RICARDO AMAYA MARTINEZ
Coordinador Ejecutivo

A MIS PADRES BIBIANO Y NORMA, POR HABERME
DADO SU APOYO Y CONVICCIONES PARA LOGRARLO.

A MIS HERMANOS BIBIANO, FCO. JAVIER,
CARLOS ALBERTO, JOSE ANTONIO, LEOBARDO
ARTURO, JUAN ADRIAN Y MA. NORMA DEL MILAGRO,
POR SU CONFIANZA Y UNION.

A MI ESPOSA LORENA POR SU PACIENCIA Y
EMPUJE.

A MI FAMILIA POR TODA LA AYUDA QUE ME
BRINDARON.

A MI ASESOR ING. GENARO SILVERA POR SUS
ENSEÑANZAS TANTO PROFESIONAL COMO MORAL.

A CEMENTOS GUADALAJARA, DIVISION
CALIFORNIA, PLANTA ENSENADA POR HABERME DADO
ESTA OPORTUNIDAD.

A TODOS AQUELLOS QUE INTERVINIERON E
HICIERON POSIBLE LA ELABORACION DE ESTA
TESIS.

G R A C I A S



EL SABER DE MIS HIJOS
HARA MI GRANDEZA
Escuela de Ingeniería
Depto. Geología
BIBLIOTECA



EL SABER DE MIS HIJOS
HARA MI GRANDEZA
BIBLIOTECA DE CIENCIAS
EXACTAS Y NATURALES

INDICE

CAPITULO I.	
INTRODUCCION.....	1
AREA DE ESTUDIO.....	3
METODO DE TRABAJO.....	4
TRABAJOS PREVIOS	6
CAPITULO II.	
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO.....	7
CAPITULO III.	
GEOLOGIA REGIONAL.....	9
ROCAS PREBATOLITICAS.....	10
ROCAS BATOLITICAS.....	11
ROCAS POSTBATOLITICAS.....	12
CAPITULO IV.	
GEOLOGIA LOCAL.....	13
ESTRATIGRAFIA.....	13
SECUENCIA ORDOVICICA ALOCTONA	13
SECUENCIA MESOZOICA AUTOCTONA	17
INTRUSIVO	19
ALUVION	20
CAPITULO V.	
GEOLOGIA ESTRUCTURAL	21
CAPITULO VI.	
GEOLOGIA HISTORICA	24
CAPITULO VII.	
CALCULO DE RESERVAS	25
ANTECEDENTES	25
PROCEDIMIENTO	26
DESCRIPCION	28
RESERVAS PROBABLES	30
RESERVAS POTENCIALES	35
CAPITULO VIII.	
EXPLOTACION.....	42
SISTEMA DE EXPLOTACION	43
EXPLOSIVOS	49
MAQUINARIA	53
PROBLEMATICA	53
COSTO DE EXPLOTACION POR TONELADA	55

CAPITULO IX.	
IMPORTANCIA DE LA ORTOCUARCITA	59
REQUERIMIENTOS MAXIMOS DE MATERIA PRIMA	59
COMPOSICION QUIMICA	59
CAPITULO X.	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	62
GEOLOGICAS	62
ECONOMICAS	64
BIBLIOGRAFIA	66
APENDICE	68
ANEXOS	73

LISTA DE FIGURAS

No. 1.- MAPA DE LOCALIZACION.....	2
No. 2.- COLUMNA ESTRATIGRAFICA DEL AREA	14
No. 3.- SECCION TIPO DEL AREA	22
No. 4.- SISTEMA DE EXPLOTACION	44
No. 5.- SECCION DEL BARRENO CARGADO	46

LISTA DE PLANOS

- PLANO No. 1.- PLANO GEOLOGICO DEL YACIMIENTO DE CUARZO "SAN MARCOS"
- PLANO No. 2.- SECCIONES GEOLOGICAS DEL YACIMIENTO DE CUARZO (EN ANEXOS)



EL SABER DE MIS HIJOS
HARA MI GRANDEZA
Escuela de Ingeniería
Depto. Geología
BIBLIOTECA

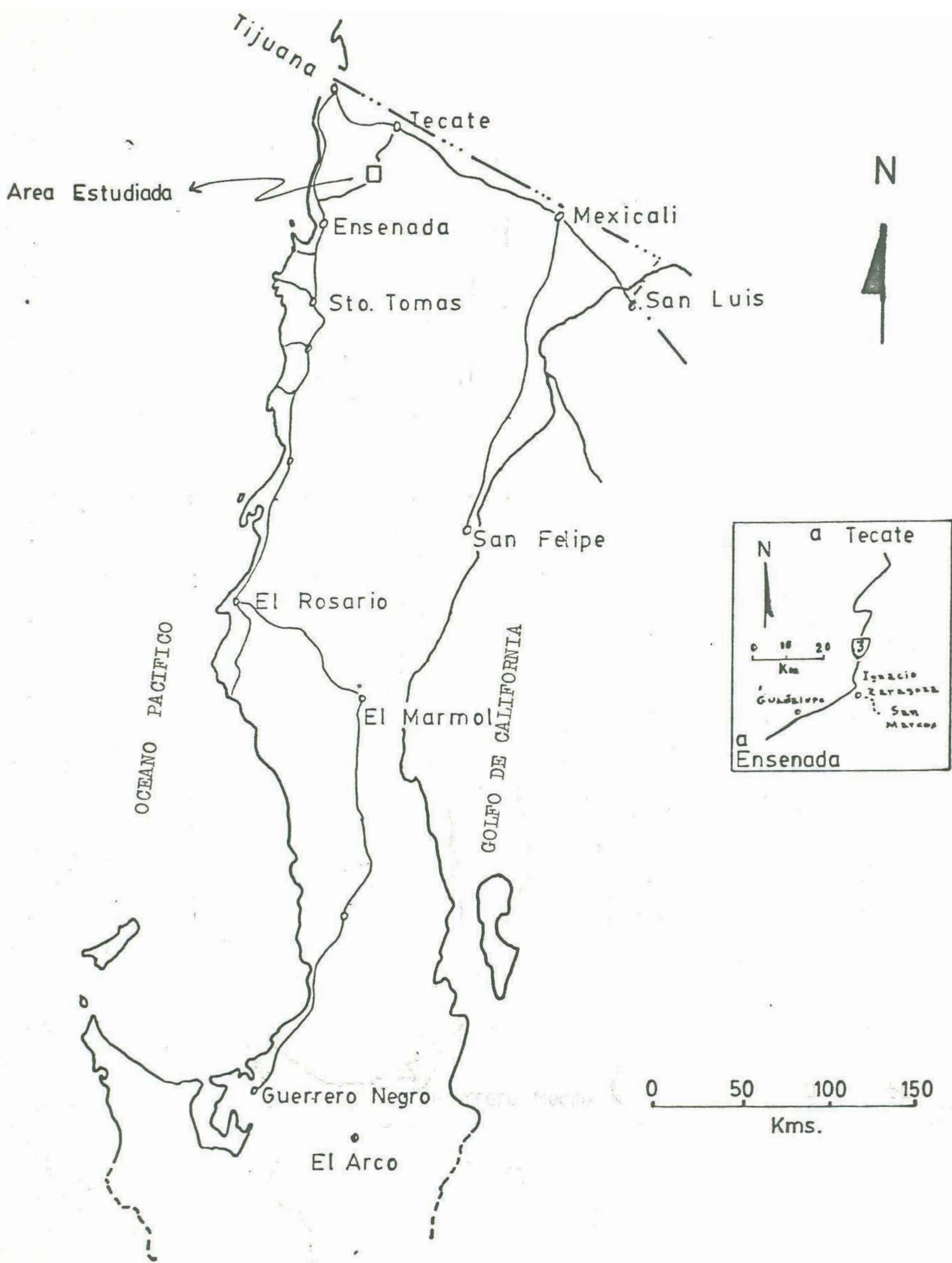
INTRODUCCION

El presente trabajo es un estudio geológico-económico de el área de explotación de la ortocuarcita denominada "San Marcos", llamada así por encontrarse dentro del ejido del mismo nombre.

Este estudio es con el fin de ubicar los diferentes contactos litológicos, para conocer los principales cuerpos y cuantificar reservas de esta roca y su distribución en el área, con el propósito de planear su explotación.

1.- LOCALIZACION Y VIAS DE ACCESO.

El área de estudio se localiza al NE de Ensenada aproximadamente a 50 km. de la carretera federal N°3 de Ensenada-Tecate, y de aquí se continúa al este por un camino de terracería, el cual a la altura del kilómetro 9 ya en terreno de el ejido "San Marcos", es donde se encuentra la mayor parte del cuerpo de Ortocuarcita. Sus límites geográficos son: $32^{\circ}10'05''$ y $32^{\circ}10'36''$ latitud norte y $116^{\circ}25'45''$ y $116^{\circ}26'20''$ longitud oeste (fig. N°1), dentro del mpio. de Ensenada, B.C..



R.A.O., 1989.

Fig. no.1.- Mapa de Localización.

Este estudio cubre alrededor de 3 km. cuadrados en la parte NW del cuerpo.

2. - AREA DE ESTUDIO.

Esta área esta caracterizada por cerros de una altura promedio de 700 metros.

En las cimas de éstos, por lo general aflora Ortocuarcita debido a su competencia con las demás rocas de el área y su yuxtaposición.

La pendiente de estos cerros en su mayoría es suave, con excepción de cañadas y pequeños escarpes.

Alrededor de el área estudiada se encuentran amplios valles que son aprovechados actualmente para siembra de temporal.

Las lluvias son principalmente en los meses de invierno con precipitaciones ocasionales en el verano.

El clima es seco a mediterraneo templado con temperaturas que varían de 25°C a 45°C durante los meses de verano y las temperaturas de invierno varían de 10°C a 25°C.

El promedio de precipitación anual es de 304.0 mm., ocurriendo entre los meses de noviembre y febrero.

En el área se tiene una vegetación de matorral inerme denominada chaparral, manzanita, caifornia sagebrosh. Los valles que rodean el área son tierras de cultivo y pastizales.

3. - METODO DE TRABAJO.

El metodo comprendió básicamente en: levantamiento topográfico, geología, cálculo de reservas y sistemas de explotación.

El area fue primeramente delimitada en el plano CETENAL I11D82 "FRANCISCO ZARCO" de escala 1:500 000 en donde se observo en un lomerío una franja de Ortocuarcita de 1 km. de ancho por 5 km. de largo, de los cuales en realidad, solo se observa en el campo de manera aislada afloramientos en las partes altas de estos lomeríos. En base a esto, se vió la necesidad de realizar un plano a escala mucho menor para delimitar y cuantificar esta roca con mas exactitud.

La escala que se considero adecuada, fue 1:2 000 y en base a ésta se hicieron el plano geológico-topográfico y secciones.

El trabajo de campo para este levantamiento tuvo una duración de seis semanas en los meses de mayo y junio de 1985.

Tomando en cuenta la variedad litológica, buena visibilidad de los afloramientos y el método de levantamiento empleado (plancheta y alidada), se tiene un plano con la exactitud requerida para este cálculo. Fue necesario realizar secciones transversales para auxiliar la plancheta, ya que ciertos puntos de el área no fueron posibles observarlos por medio de la alidada (plano N02).

Basandose en el plano N01 se efectuaron secciones (plano N03) para cuantificar reservas.

Debido al enfoque del uso de Ortocuarcita en la industria cementera, se realizaron dos análisis petrográficos de las rocas de mayor interés en el área, que son Ortocuarcita y Tonalita.

La Ortocuarcita fue clasificada basandose en Pettijohn (1957) y la Tonalita por las clasificaciones de Williams, Turner and Gilberts (1954).

4. - TRABAJOS PREVIOS.

Lothringer (1983) tomó ésta área para presentar su tesis de maestría de la Universidad Estatal de San Diego. El menciona la existencia de un aloctono aislado del Ordovicico inferior suprayaciendo rocas Mesozóicas autoctonas, posteriormente intrusionadas por diques Cretácicos.

Silvera (1983) realizó un estudio de reservas y emplazamientos de los cuerpos de Ortocuarcita para conocer sus posibilidades económicamente explotables de esta roca, presentandose como un informe geológico para la Gerencia Divisional de Cementos Guadalajara, planta Ensenada.

LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO

Antes de realizar este trabajo se contaba con planos del área de escalas muy grandes, como el CETENAL FRANCISCO ZARCO de 1:500,000 y de 1:200,000 publicado por Lothringer (1983).

Debido a esto se vio la necesidad de realizar un plano de menor escala, en el cual se pudiera visualizar con mas claridad y exactitud los principales rasgos geológicos, topográficos y de interés en el área. La escala que se escogió fue de 1:2,000 por ser la mas adecuada para el area a estudiar.

El método topográfico que se escogió fue el de alidada y la plancheta, ya que esta se ajusta a variados proyectos de campo y se utiliza para hacer levantamientos precisos.

El trabajo de plancheta para cubrir esta área, requirió de 20 estaciones, 527 radiaciones y 4 hojas de plancheta dando como resultado la topografía de plano N01 (anexo), así también la ubicación exacta de los principales contactos litológicos, campamento, caminos drenaje fluvial y otros puntos de interes del área. Al momento de estar levantando las estaciones se marcaban con estacas, así también ciertos puntos de las radiaciones se señalaban en el campo, esto con el fin de tener puntos de control para diferentes propósitos.

Uno de los principales fines de los puntos de control fue el de realizar secciones geológicas, para que a partir de ellas delimitar lo mejor posible los contactos litológicos en zonas donde las radiaciones de la plancheta no llegaban.

Se realizaron 7 secciones, ver plano N02 (anexos) las cuales además de darnos la estructura geológica de los principales cuerpos, también nos muestran el relieve topográfico. Estas secciones se levantaron por medio del método de brújula y cinta, tomándose los espesores, rumbos y echados de la litología que cortaban éstas.

Las curvas de nivel del plano N01 (ver anexos) fueron cada 10 metros donde las cotas de estas curvas, fue arbitraria y local, puesto que no se contó con mojoneras o algún punto de control para dar la cotación sobre el nivel del mar.

GEOLOGIA REGIONAL

La península de Baja California tiene aproximadamente 1,300 km. de largo y de 50 a 250 km. de ancho.

A lo largo de la porción central de la península, se encuentra el rasgo fisiográfico principal de ésta. El cual es la cordillera batolítica peninsular cretácica.

El principal tipo de roca expuesto de este batolito es cuarzodiorita, variando también la composición por diferentes eventos de gabbro a granito.

Al pie de las montañas entre esta sierra y la costa del pacífico están infrayacidas por rocas volcánicas prebatolíticas de composición variable de dacitas a andesitas principalmente (Schroeder, 1967).

Suprayaciendo estas rocas se tienen unidades sedimentarias postbatolíticas, como lo son terrazas y conglomerados (Schroeder, 1967).

1. - ROCAS PREBATOLITICAS

Estas son principalmente rocas de flujos interestratificados, tenemos tambien metasedimentarias, piroclásticas y sedimentarias. En su mayoría son brechas, flujos, tobas de basicas a intermedias y Rocas Sedimentarias de secuencia flysh.

El metamorfismo en estas rocas es variable, ya que en la zona costera es menor que en el área central de Baja California siendo en ésta muy intenso debido al intrusivo.

Las rocas más comunes encontradas son los flujos basalticos, intercalados en las unidades clasticas. Y brechas volcanicas variando de dacita a andesita (Schroeder, 1967 y Virgil A. Frizzel Jr., 1984).

En las sedimentarias se tienen areniscas, lutitas y grauvacas.

Estas rocas se les ha datado como Jurásico tardío (potlandiano) al Cretacico temprano (aptiano-albiano). Estas edades han sido determinadas por la correlación con rocas de la Formación Santiago Peak Volcanics (potlandiano) y por la Formación Alisitos (aptiano-albiano).

2. - ROCAS BATOLITICAS.

Las rocas prebatolíticas de B.C. han sido intrusionadas por plutones o bien cuerpos ígneos pequeños, estos últimos como parte de la cordillera batolítica peninsular.

El cuerpo plutónico tiene un eje que predomina el rumbo N-S en la península. En esta cordillera batolítica hay una mayor cantidad de cuarzodiorita con un 80% aproximado de las rocas plutónicas, siguiendo la granodiorita y por último presentes como pequeños sills y diques, la diorita y el gabro.

La edad de este plutón ha sido determinado por estudios geocronológicos tales como el análisis de la dilución del isotopo de una monzonita; como la granodiorita "La Grulla" datando una edad absoluta de 115 m.a.; también por otros estudios mediante el espectrográfo de masas, en muestras de rocas de diferentes localidades, se determinó una edad entre los 110 a 115 m.a. (Schroeder, 1967).

Tomando estos datos cronológicos, al batolito se le da una edad del Cretácico tardío, de ahí que es conocido como cordillera batolítica peninsular cretácica.



EL SABER DE MIS HIJOS
HARA MI GRANDEZA
BIBLIOTECA DE CIENCIAS
EXACTAS Y NATURALES

3. - ROCAS POSTBATOLITICAS.

Suprayaciendo las dos secuencias anteriores se observan rocas sedimentarias marinas y continentales, asociada a la formación Rosario del Cretácico superior.

Además continuando esta secuencia se tienen terrazas que consisten de areniscas pobremente clasificadas, conglomerados y grava. En estos conglomerados la composición de sus clastos predominan las rocas plutónicas.

También afloran rocas sedimentarias no marinas asociadas al evento volcánico del Cenozóico.

Sedimentos recientes como arenas de playa, dunas y aluvión cubren en parte la litología, como parte final de las rocas postbatolíticas.

GEOLOGIA LOCAL

La geología del área estudiada, consiste de un alóctono aislado del Ordovícico inferior, que suprayace rocas autóctonas mesozoicas (Lothringer, 1983). Estas dos unidades estratigráficas anteriores, han sido intrusionadas por una serie de diques derivados de las rocas graníticas de la Cordillera Batolítica Peninsular Cretácica.

Lo descrito en los capítulos de geología (local, estructural e histórica) está basado en la teoría propuesta por Lothringer, c.j. (1983), en su tesis de maestría.

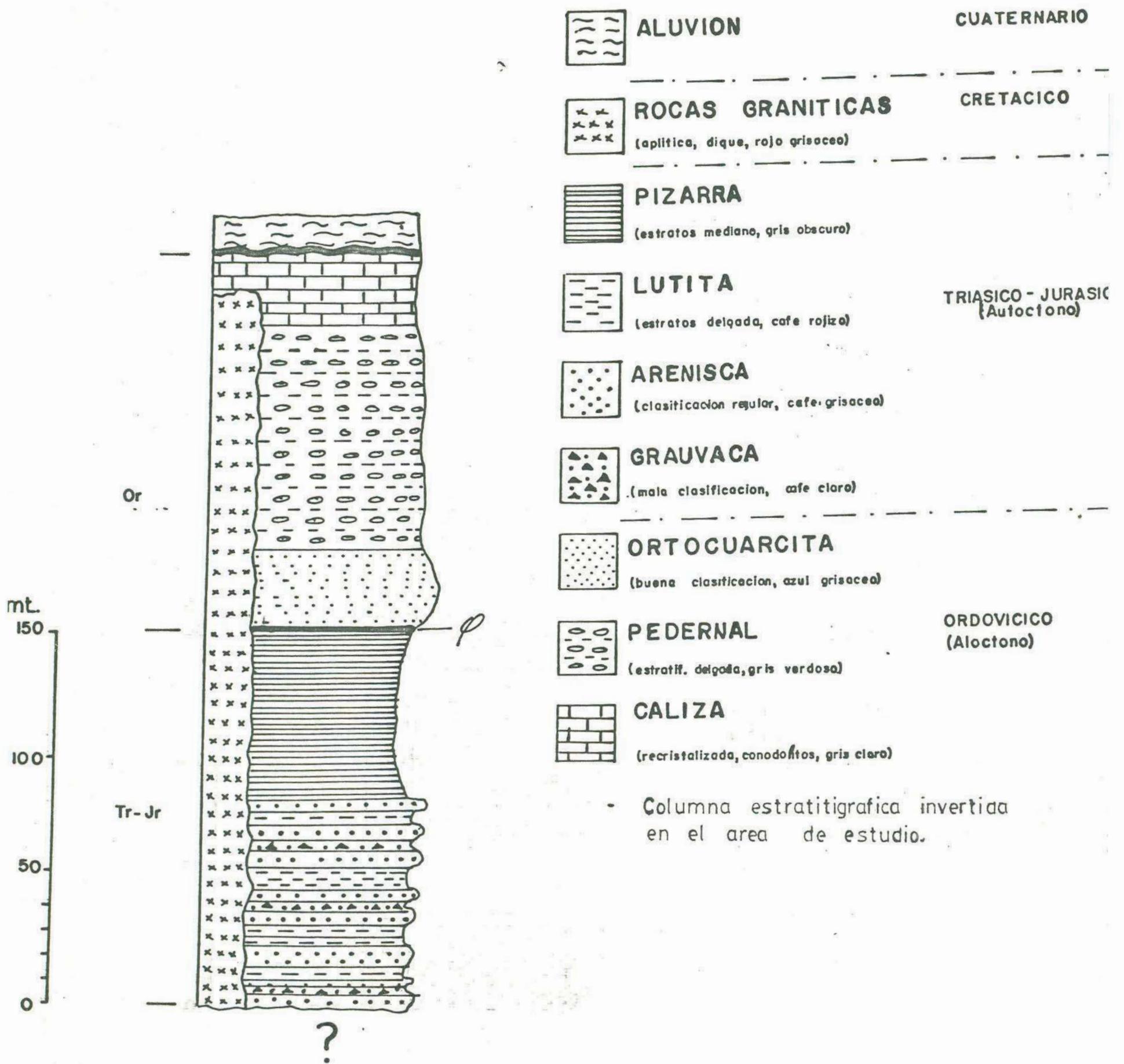
1. - ESTRATIGRAFIA.

1).- SECUENCIA ORDOVICICA ALOCTONA.

a).- CALIZA RECRISTALIZADA. En el análisis petrológico presenta variación de color gris claro a gris oscuro. Se presenta en estratificación gruesa.

LITOLOGIA

EDAD



R.A.O., 1989.

Fig. no. 2.- Columna Estratigráfica del Área.

Lothringer, 1983 reporta equinoideos, braquiopodos y principalmente conodontos (en base a estos últimos se fechó esta roca).

En campo la caliza forma pendientes suaves. La caliza presenta mayor recristalización entre más próxima esté a los diques. En la porción norte del área es encontrada en forma de lentes aislados. el espesor de esta unidad es de 30 m.

Fue determinada la edad del aloctono como Arenigiano (Ordovícico Temprano), mediante la recolección de conodontos en la caliza por Gastil and Miller, 1981 (citado en Lothringer, 1983).

b).- PEDERNAL. Petrologicamente se observa variación en coloración desde gris azulado, gris verdoso y gris obscuro. Muestra fractura concoidea y brillo ceroso. Se observa una estratificación de mediana a delgada (milimétrica).

En el campo forma pendientes suaves y se observa principalmente en la parte media de los cerros. El espesor de esta unidad es de 90m.

c).- ORTOCUARCITA. Esta roca en muestra de mano presenta un color gris rojizo a azul grisáceo, con brillo vitreo y grano del tamaño de la arena muy bien clasificados y redondeados, cementada por silice. La frontera del grano y matriz se pierde en parte y al romper esta roca lo hace a traves de los granos.

En estudios de lamina delgada efectuados sobre ésta roca, se observa un 85% de silice policristalino en granos del tamaño de la arena, su composición es de silice criptocristalino (pedernal). Estos granos estan cementados por limonita en un 10% por proceso diagenético y pasando por una silificación secundaria (5%) como etapa final, dandole el aspecto cristalino a la muestra de mano.

La ortocuarcita aflora en el área en cuerpos aislados de dimensiones variables, intemperizando en grandes bloques desde (0.5m - 5m.) de diametro y cuerpos de hasta 40 m. de longitud de formas no definidas en las partes altas de los cerros. Esta unidad tiene un espesor de 30 m.

2. - SECUENCIA MESOZOICA AUTOCTONA.

a).- GRAUVACA. Petrologicamente muestra variación de color café claro a gris, con litificación pobre y granos angulosos y con una escasa clasificación. Se observa cuarzo, pedernal y plagioclasa en matriz muy fina, laminación cruzada.

Intemperiza formando pendientes suaves en las laderas de los cerros, presentando coloraciones de gris a café grisáceo. Esta unidad tiene un espesor de 3 m.

b).- ARENISCA. En muestra de mano es de color café grisáceo y con cierta variación en el tamaño del grano por lo que presenta una clasificación regular, buena litificación y observandose biotita. Se presenta en el campo en estratificación de media a delgada, estratificación cruzada e interestratificada en lutita y grauvaca.

Esta unidad intemperiza de color café oscuro, con espesor de 3 m.

c).- LUTITA. Es de color café rojizo.

En el área se intemperiza fácilmente, por lo que presenta pequeños afloramientos interestratificados en las rocas autoctonas anteriores.

La grauvaca, arenisca y lutita se observan en los cerros que rodean al aloctono, formando lomas suaves de altura somera de alrededor de 30 a 40 m.

Su color al intemperismo es café claro y con espesor de 9 m.

d).- PIZARRA. En muestra de mano es de color gris obscuro y negro, con matices claros, de grano fino con buena litificación.

Esta presente en estratos medianos a delgados, con intercalaciones delgadas de grauvaca. El espesor de esta unidad es de 70 m.

Se presenta discordante bajo la ortocuarcita e indica el cambio de secuencia autoctona y aloctona, (ver fig. no.2).

Esta secuencia autoctona no contiene fósiles y se infiere la edad por correlación litológica. Lothringer menciona un cinturón prebatolítico de rocas de facies flysh del Triásico-Jurásico, y las rocas del área parecen ser litológica y geográficamente parte de este cinturón.

3.- INTRUSIVO.

a).- TONALITA. Esta unidad litológica consiste de una serie de diques aplíticos que en muestra de mano presenta coloración de rojo grisáceo a rosado y una textura sacaroides y afanítica de color leucocrático con cristales aislados de biotita.

En lámina delgada se observó textura holocristalina, hipidiomorfa inequigranular. Como minerales esenciales contiene: oligoclasa 35%, cuarzo 22%, mirmekita 26%, microclina 7%; minerales accesorios: biotita 5% y oscuros 1%; minerales secundarios: clorita 4%.

Clasificándose petrográficamente (Streckesen) como tonalita.

Aflora en el área con un espesor variable de 0.5 m. a 2.0 m. e intrusión las dos secuencias anteriores, alterando dicha litología en un radio de 0.5 m. a 1 m. alrededor del dique.

En la porción noroeste del área de estudio se observan cuerpos del intrusivo de área considerable.

Estos diques conservan el rumbo de la litología existente NW-SE.

Esta roca intrusiva se considera como producto de una de las etapas finales de la cristalización del magma de las rocas graníticas de la cordillera batolítica del cretácico peninsular.

4. - ALUVION.

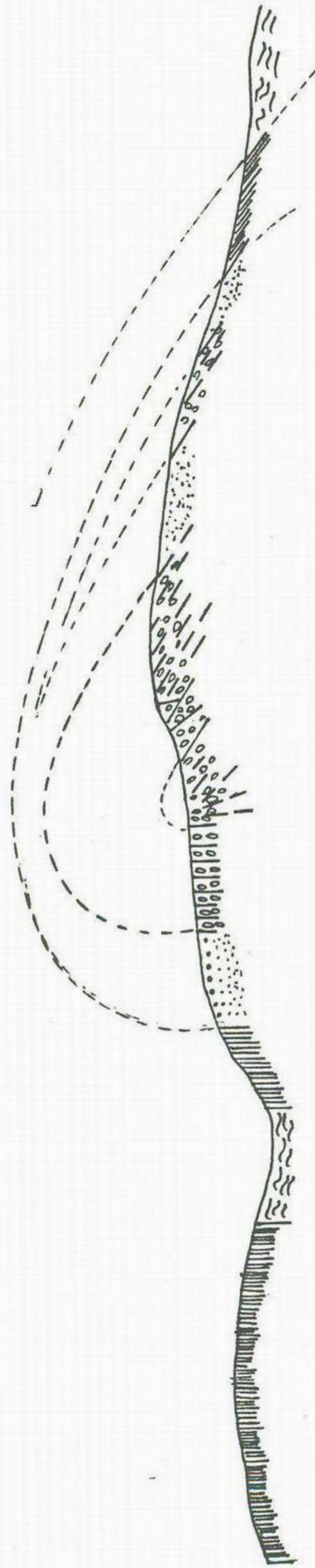
Estos sedimentos cubren la parte inferior de los cerros del área, formando valles entre ellos, producto de la erosión de las rocas anteriormente descritas y aunado al material que es acarreado por la acción eólica.

GEOLOGIA ESTRUCTURAL

Lothringer, (1983) propuso su teoría relacionada al cuerpo aloctono (caliza, pedernal y ortocuarcita) de San Marcos; que en síntesis se refiere a una correlación regional inferida de este aloctono ordovicico con el grupo Valmy de Nevada norte central, E.U.A., esto debido a la litología y paleontología de dicho grupo, el cual es muy similar a la de San Marcos.

Esta correlación es apoyada por los fósiles encontrados en la caliza, con pequeña diferencia de edad, siendo la de San Marcos un poco más antigua (Arenigiano) que la caliza del grupo Valmy (Llandeiliano - Caradociano). Y las rocas ordovicicas más cercanas de litología y paleontología similar, son las del grupo antes mencionado.

Además apoya esta correlación, la teoría del megashear Mohave-Sonora de Silver y Anderson, que explica el transporte sinistral de 800 km. sobre el megashear, y posteriormente sufriendo una traslación de 300 km. hacia el norte sobre el lado derecho del sistema Neogeno de la falla de San Andres, por lo cual se deberían encontrar rocas del grupo Valmy en las latitudes de San Marcos.



100
50
0

-  Aluvion
-  Pizarra
-  Ortocuarcita
-  Pedernal

0 50 100 150 200
metros

SECCION D - D'
Rbo. N35E
Escala 1:5,000
Mirando al NW

Fig. no. 3 .- SECCION TIPO NO FORMAL DEL AREA.

Despues de este transporte, las rocas ordovicicas fuerón depositadas sobre las rocas mesozoicas y posteriormente plegadas, intrusionadas y falladas sucesivamente.

La ortocuarcita por ser la roca de mayor competencia es ampliamente plegada.

La repetición de capas en el area es el resultado de un Anticlinal, ilustrandose en la sección tipo (fig. no.3), donde se muestra un plegamiento con plano axial SE-NW. Esta serie de plegamientos se observa graficamente en el plano no. 2.

En el area de estudio existen una serie de fallas normales, pero la falla de interes regional es la falla lateral-derecho Vallecitos.

GEOLOGIA HISTORICA

La litología en el área de estudio, los fósiles y las rocas datadas por otros métodos, nos dan una idea de la secuencia geocronológica de los eventos.

Se tiene primeramente rocas de facies flysh, que son el producto de relleno de sinclinales o cuencas hundidas por sedimentos provenientes de las montañas aledañas. Después de sedimentados y litificados esta facie (Triásico-Jurásico), viene el desplazamiento del Megashear (Jurásico Medio-Tardío) que ocasiona el emplazamiento del aloctono ordovícico (Arenigiano) sobre el autoctono mesozoico de facies flysh.

Posterior al emplazamiento, sufre el área plegamientos y después intrusiones de diques, producto de hipofisis de la cordillera batolítica peninsular cretácica.

Por último en el área ocurre un episodio de fallamiento, el cual corta la litología existente.

En las partes bajas del área estudiada es cubierta por aluvión, producto del intemperismo de la zona.

CALCULO DE RESERVAS

1. - ANTECEDENTES.

Actualmente en este tipo de industria, se considera que un yacimiento es económicamente explotable si se puede extraer de él un tonelaje cuando menos para 15 años de consumo.

Anteriormente a este trabajo el cálculo que se tenía era el cuantificado mediante un mapa base que se tomó del plano CETENAL I11D82 "FRANCISCO ZARCO", de escala 1:500,000. Se consideró en este cálculo toda la ortocuarcita cartografiada en el plano y que en realidad resultó ser de mucho menor volumen, ya que solo se observa ortocuarcita en las partes altas de los cerros en cuerpos aislados.

El tonelaje cuantificado mediante el cálculo anterior fue de 56'058,000 toneladas.

Teniendo en cuenta lo anterior, se vió la necesidad de realizar otro cálculo de mas exactitud. Para esto se tendría que realizar otro plano de escala mucho menor en el cual la cartografía realizada en éste fuera clara, así también el emplazamiento de los cuerpos principales. Ver plano no. 1 (en anexos).

2. - PROCEDIMIENTO.

Basado en el levantamiento Geológico-Topográfico (capítulo II) y ya hecho en el plano, se requirió trazar un sistema de coordenadas N-S y E-W, esto con el fin de realizar secciones litológicas de cada coordenada norte de ese plano, (ver plano no. 1 en anexos).

Estas coordenadas tienen una separación entre ellas de 50 m. y descritas en el plano como coordenada norte (ejm. 200 N) y coordenada este (ejm. 200 E) debido a que la progresión numérica es hacia el rumbo descrito respectivamente.

En base a las coordenadas norte del plano no. 1, se procedió a realizar secciones litológicas de ortocuarcita. Se tomarón de las coordenadas ON a 1,600N.

Cada coordenada norte del plano no. 1 representa una sección, tomando en cuenta la configuración de ortocuarcita existente.

Las secciones se realizarón siguiendo el metodo habitual, el cual consiste en seguir la línea de la sección en el plano horizontal, midiendose las distancia entre cada curva de nivel y extrapolando los contactos de ortocuarcita que corta ésta; así teniendo todos los datos de cada sección se dibujan en el plano vertical con los echados correspondientes a cada una de ellas.

Debido a la falta de barrenación exploratoria para conocer los diferentes espesores de los principales cuerpos de ortocuarcita y poder calcular reservas positivas de este yacimiento, se consideró mediante la geología levantada en el área, un espesor minimo de 30 m. y un maximo variable, este último depende de la altura del afloramiento de ortocuarcita hasta la curva de nivel 0. Cabe aclarar, que a causa de la variación de el emplazamiento de los cuerpos, no se tomó el espesor de 30 m. que se consideró en la columna geológica para el cálculo de reservas potenciales (ver fig. no. 2).

Apoyado en los datos anteriores se establecieron dos tipos de reservas a calcular: probables y potenciales.

2.a).- PROBABLES. El cálculo de estas reservas se hizo teniendo en consideración la explotación ya realizada en el área. Se observó que la ortocuarcita a los 30 m. (promedio) de explotarse afloraba la pizarra, por consecuencia se tomo este espesor.

2.b).- POTENCIALES. Este cálculo se realizó, tomando en cuenta la altura de el afloramiento hasta un límite de profundidad que es la curva de nivel 0.

Despues de ilustradas graficamente las secciones e incluidas las consideraciones anteriores, se procedió a el uso del planímetro polar de brazo trazador ajustable, para obtener el área de cada sección y convertirlas posteriormente a volúmenes y por último a toneladas.

3.- DESCRIPCION.

Cada cuerpo de ortocuarcita de cada una de las secciones se planimetró y calculó su área de la siguiente manera:

El planímetro nos da una lectura de cuatro dígitos; para obtener una cuantificación lo más real de estos cuerpos, se recorría el perímetro de estos cuerpos ilustrados, varias veces. Cuando el recorrido de éste es con el sentido de las manecillas del reloj, la segunda lectura se resta de la primera y la tercera de la segunda y así sucesivamente, cuando es el sentido en contra de las manecillas, la primera lectura se resta de la segunda, la segunda de la tercera y así sucesivamente. En este caso se llevó el sentido contrario de las manecillas. Se consideraba la lectura correcta cuando el resultado de una de las sustracciones era igual a cualquiera de las anteriores de ese mismo cuerpo. Para efecto de cálculo a la superficie medida de cada cuerpo se le denomina $(a_1, a_2, a_3, \dots, a_n)$ donde n es el número de cuerpos de ortocuarcita en esa sección. Una vez obtenidas estas, se sumaban todos los cuerpos resultando las "A", la cual se multiplicaba por el factor 40, que es el factor que indica el manual de el planímetro, para dar el área correcta en m^2 , según la escala que se está usando (1:2,000).

A todas las secciones se les aplica el método anterior y tenemos las áreas $A_{0N}, A_{30N}, \dots, A_{1600N}$ de todas las secciones.

El volumen se obtiene multiplicando la semisuma de las áreas entre cada sección, por la distancia entre ellas (50 m.), de acuerdo con la fórmula siguiente:

Volumen de las secciones 0N a 50N =

$$V_{0N} - V_{50N} = \frac{A_{0N} + A_{50N}}{2} (50)$$

Volumen de las secciones 50N a 100N =

$$V_{50N} - V_{100N} = \frac{A_{50N} + A_{100N}}{2} (50)$$

El volumen de cada sección se multiplica por el peso volumétrico de la ortocuarcita in situ que es de 2.8ton/m³ obteniéndose las toneladas de estos cuerpos.

A continuación se presenta un desglose de las operaciones y resultados obtenidos de los cálculos, tanto de las reservas probables como potenciales:

RESERVAS PROBABLES:

Sección:

$$A_{0N} = a_1 + a_2 = 71 + 12 = 83(40) = 3320m^2$$



EL SABER DE MIS HIJOS
HARA MI GRANDEZA
BIBLIOTECA DE CIENCIAS
EXACTAS Y NATURALES

$$A_{50N} = a_1 + a_2 + a_3 = 31 + 5 + 102 = 138(40) = 5520m^2$$

$$A_{100N} = a_1 + a_2 = 15 + 70 = 85(40) = 3400m^2$$

$$A_{150N} = a_1 + a_2 + a_3 = 11 + 6 + 31 = 48(40) = 1920m^2$$

$$A_{200N} = a_1 = 21 = 21(40) = 840m^2$$

$$A_{250N} = a_1 = 15 = 15(40) = 600m^2$$

$$A_{300N} = a_1 = 7 = 7(40) = 280m^2$$

$$A_{350N} = a_1 = 46 = 46(40) = 1840m^2$$

$$A_{400N} = a_1 + a_2 = 55 + 31 = 86(40) = 3440m^2$$

$$A_{450N} = a_1 + a_2 + a_3 = 27 + 2 + 31 = 60(40) = 2400m^2$$

$$A_{500N} = a_1 + a_2 + a_3 = 41 + 106 + 18 = 165(40) = 6600m^2$$

$$A_{550N} = a_1 + a_2 + a_3 = 115 + 8 + 13 = 136(40) = 5440m^2$$

$$A_{600N} = a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + a_5 = 20 + 30 + 7 + 33 + 49 = 139(40) = 5560m^2$$

$$A_{650N} = a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + a_5 = 3 + 37 + 106 + 5 + 34 = 185(40) = 7400m^2$$

$$A_{700N} = a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + a_5 = 43 + 54 + 33 + 14 + 20 = 164(40) = 6560m^2$$

$$A_{750N} = a_1 + a_2 + a_3 = 94 + 15 + 10 = 119(40) = 4760m^2$$

$$A_{800N} = a_1 + a_2 + a_3 = 119 + 12 + 12 = 143(40) = 5720m^2$$

$$A_{850N} = a_1 + a_2 + a_3 = 223 + 15 + 74 = 312(40) = 12480m^2$$

$$A_{900N} = a_1 + a_2 = 284 + 43 = 327(40) = 13080m^2$$

$$A_{950N} = a_1 + a_2 = 223 + 18 = 241(40) = 9640m^2$$

$$A_{1000N} = a_1 = 303 = 303(40) = 12120m^2$$

$$A_{1050N} = a_1 = 162 = 162(40) = 6480m^2$$

$$A_{1450N} = a_1 + a_2 = 52 + 19 = 71(40) = 2840m^2$$

$$A_{1500N} = a_1 = 203 = 203(40) = 8120m^2$$

$$A_{1550N} = a_1 = 70 = 70(40) = 2800m^2$$

Secciones Norte:

$$0 - 50 = \frac{(3320 + 5520)m^2}{2} (50m) = 221000m^3$$

$$50 - 100 = \frac{(5520 + 3400)m^2}{2} (50m) = 223000m^3$$

$$100 - 150 = \frac{(3400 + 1920)m^2}{2} (50m) = 133000m^3$$

$$150 - 200 = \frac{(1920 + 840)m^2}{2} (50m) = 69000m^3$$

$$200 - 250 = \frac{(840 + 600)m^2}{2} (50m) = 36000m^3$$

$$250 - 300 = \frac{(600 + 280)m^2}{2} (50m) = 22000m^3$$

$$300 - 350 = \frac{(280 + 1840)m^2}{2} (50m) = 53000m^3$$

$$350 - 400 = \frac{(1840 + 3440)m^2}{2} (50m) = 132000m^3$$

$$400 - 450 = \frac{(3440 + 6400)m^2}{2} (50m) = 246000m^3$$

$$450 - 500 = \frac{(6400 + 6600)m^2}{2} (50m) = 325000m^3$$

$$500 - 550 = \frac{(6600 + 5440)m^2}{2} (50m) = 301000m^3$$

$$550 - 600 = \frac{(5440 + 7400)m^2}{2} (50m) = 321000m^3$$

$$600 - 650 = \frac{(7400 + 5560)m^2}{2} (50m) = 324000m^3$$

$$650 - 700 = \frac{(5560 + 6560)m^2}{2} (50m) = 303000m^3$$

$$700 - 750 = \frac{(6560 + 4760)m^2}{2} (50m) = 283000m^3$$

$$750 - 800 = \frac{(4760 + 5720)m^2}{2} (50m) = 262000m^3$$

$$800 - 850 = \frac{(5720 + 12480)m^2}{2} (50m) = 455000m^3$$

$$850 - 900 = \frac{(12480 + 13080)m^2}{2} (50m) = 639000m^3$$

$$900 - 950 = \frac{(13080 + 9640)m^2}{2}(50m) = 568000m^3$$

$$950 - 1000 = \frac{(9640 + 12120)m^2}{2}(50m) = 544000m^3$$

$$1000 - 1050 = \frac{(12120 + 6480)m^2}{2}(50m) = 465000m^3$$

$$1450 - 1500 = \frac{(2840 + 8120)m^2}{2}(50m) = 274000m^3$$

$$1500 - 1550 = \frac{(8120 + 2800)m^2}{2}(50m) = 273000m^3$$

$$TOTAL..... = 6,472,000m^3$$

RESERVAS POTENCIALES:

Sección: *Elavilina*

$$A_{0N} = a_1 + a_2 = 173 + 17 = 190(40) = 7600m^2$$

$$A_{50N} = a_1 + a_2 + a_3 = 81 + 5 + 315 = 401(40) = 16040m^2$$

$$A_{100N} = a_1 + a_2 = 54 + 33 = 87(40) = 3480m^2$$

$$A_{150N} = a_1 + a_2 + a_3 = 32 + 5 + 132 = 169(40) = 6760m^2$$

$$A_{200N} = a_1 = 99 = 99(40) = 3960m^2$$

$$A_{250N} = a_1 = 68 = 68(40) = 2720m^2$$

$$A_{300N} = a_1 = 7 = 7(40) = 280m^2$$

$$A_{350N} = a_1 = 164 = 164(40) = 6560m^2$$

$$A_{400N} = a_1 + a_2 = 82 + 75 = 157(40) = 6280m^2$$

$$A_{450N} = a_1 + a_2 + a_3 = 27 + 2 + 299 = 328(40) = 13120m^2$$

$$A_{500N} = a_1 + a_2 + a_3 = 41 + 240 + 40 = 321(40) = 12840m^2$$

$$A_{550N} = a_1 + a_2 + a_3 = 285 + 52 + 40 = 377(40) = 15080m^2$$

$$A_{600N} = a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + a_5 = 3 + 37 + 317 + 17 + 75 = 449(40) = 17960m^2$$

$$A_{650N} = a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + a_5 = 71 + 78 + 69 + 53 + 78 = 349(40) = 13960m^2$$

$$A_{700N} = a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + a_5 = 20 + 30 + 7 + 117 + 112 = 286(40) = 11440m^2$$

$$A_{750N} = a_1 + a_2 + a_3 = 212 + 24 + 24 = 261(40) = 10440m^2$$

$$A_{800N} = a_1 + a_2 + a_3 = 318 + 33 + 46 = 397(40) = 15880m^2$$

$$A_{850N} = a_1 + a_2 + a_3 = 476 + 15 + 136 = 627(40) = 25080m^2$$

$$A_{900N} = a_1 + a_2 = 548 + 49 = 597(40) = 23880m^2$$

$$A_{950N} = a_1 + a_2 = 502 + 18 = 520(40) = 20800m^2$$

$$A_{1000N} = a_1 = 342 = 342(40) = 13680m^2$$

$$A_{1050N} = a_1 = 162 = 162(40) = 6480m^2$$

$$A_{1450N} = a_1 + a_2 = 146 + 40 = 186(40) = 7440m^2$$

$$A_{1500N} = a_1 = 250 = 250(40) = 10000m^2$$

$$A_{1550N} = a_1 = 113 = 113(40) = 4520m^2$$

Secciones Norte: (las Norte)

$$0-50 = \frac{(7600 + 16040)m^2}{2} (50m) = 591000m^3 = 591000m^3$$

$$50 - 100 = \frac{(1640 + 3480)m^2}{2}(50m) = 488000m^3$$

$$100 - 150 = \frac{(3480 + 6760)m^2}{2}(50m) = 256000m^3$$

$$150 - 200 = \frac{(6760 + 3960)m^2}{2}(50m) = 268000m^3$$

$$200 - 250 = \frac{(3960 + 2720)m^2}{2}(50m) = 167000m^3$$

$$250 - 300 = \frac{(2720 + 280)m^2}{2}(50m) = 75000m^3$$

$$300 - 350 = \frac{(280 + 6560)m^2}{2}(50m) = 171000m^3$$

$$350 - 400 = \frac{(6560 + 6280)m^2}{2}(50m) = 321000m^3$$

$$400 - 450 = \frac{(6280 + 13120)m^2}{2}(50m) = 485000m^3$$

$$450 - 500 = \frac{(13120 + 12840)m^2}{2}(50m) = 649000m^3$$

$$500 - 550 = \frac{(12840 + 15080)m^2}{2} (50m) = 698000m^3$$

$$550 - 600 = \frac{(15080 + 17960)m^2}{2} (50m) = 826000m^3$$

$$600 - 650 = \frac{(17960 + 11440)m^2}{2} (50m) = 735000m^3$$

$$650 - 700 = \frac{(11440 + 13960)m^2}{2} (50m) = 635000m^3$$

$$700 - 750 = \frac{(13960 + 10440)m^2}{2} (50m) = 610000m^3$$

$$750 - 800 = \frac{(10440 + 15880)m^2}{2} (50m) = 658000m^3$$

$$800 - 850 = \frac{(15880 + 25080)m^2}{2} (50m) = 1024000m^3$$

$$850 - 900 = \frac{(25080 + 23880)m^2}{2} (50m) = 1224000m^3 - 1224000m^3$$

$$900 - 950 = \frac{(23880 + 20800)m^2}{2} (50m) = 1117000m^3 - 1117000m^3$$

$$950 - 1000 = \frac{(20800 + 13680)m^2}{2} (50m) = 862000m^3$$

$$1000 - 1050 = \frac{(13680 + 6482)m^2}{2} (50m) = 504050m^3$$

$$1450 - 1500 = \frac{(7440 + 10000)m^2}{2} (50m) = 436000m^3$$

$$1500 - 1550 = \frac{(10000 + 4520)m^2}{2} (50m) = 363000m^3$$

$$TOTAL..... = 13,163,000m^3$$

El consumo anual de esta roca en Cementos Guadalajara planta Ensenada, es de 37,000 ton an el año.

Concluyendo, se tienen las siguientes reservas:

PROBABLES PROBABLES

18' 121,600 toneladas. toneladas.

POTENCIALES

36'856,540 toneladas.

Para este cálculo se tomó un peso volumétrico de 2.8ton/m³.
El peso volumétrico especificado de la ortocuarcita in situ,
ya triturada es de 1.55ton/m³.

EXPLORACION

1. - ANTECEDENTES.

La mayoría de la materia prima utilizada en esta industria lleva un proceso de explotación, acarreo, trituración, molienda y calcinación.

Debido al propósito de esta tesis, se hablará únicamente en este capítulo de explotación.

En algunas de las materias primas [arcilla común (andesita), arcilla bajo álcalis (ortopiroxenita), puzolana y yeso] se explota usándose únicamente tractor bulldozer para extraer el material.

En otras como la caliza, hematita y ortocuarcita es necesario usar primeramente barrenación y explosivos para efectuar la explotación, esto se debe a la dureza y cohesividad de estas rocas, donde las primeras son menos duras y cohesivas en comparación a las que si se necesitan explosivos.

El uso de explosivos en estas rocas, proporciona grandes ventajas tales como; aumento considerable de la producción, fragmentación adecuada, control del sistema de explotación y mayor vida útil de la maquinaria pesada (tractor y cargador frontal).

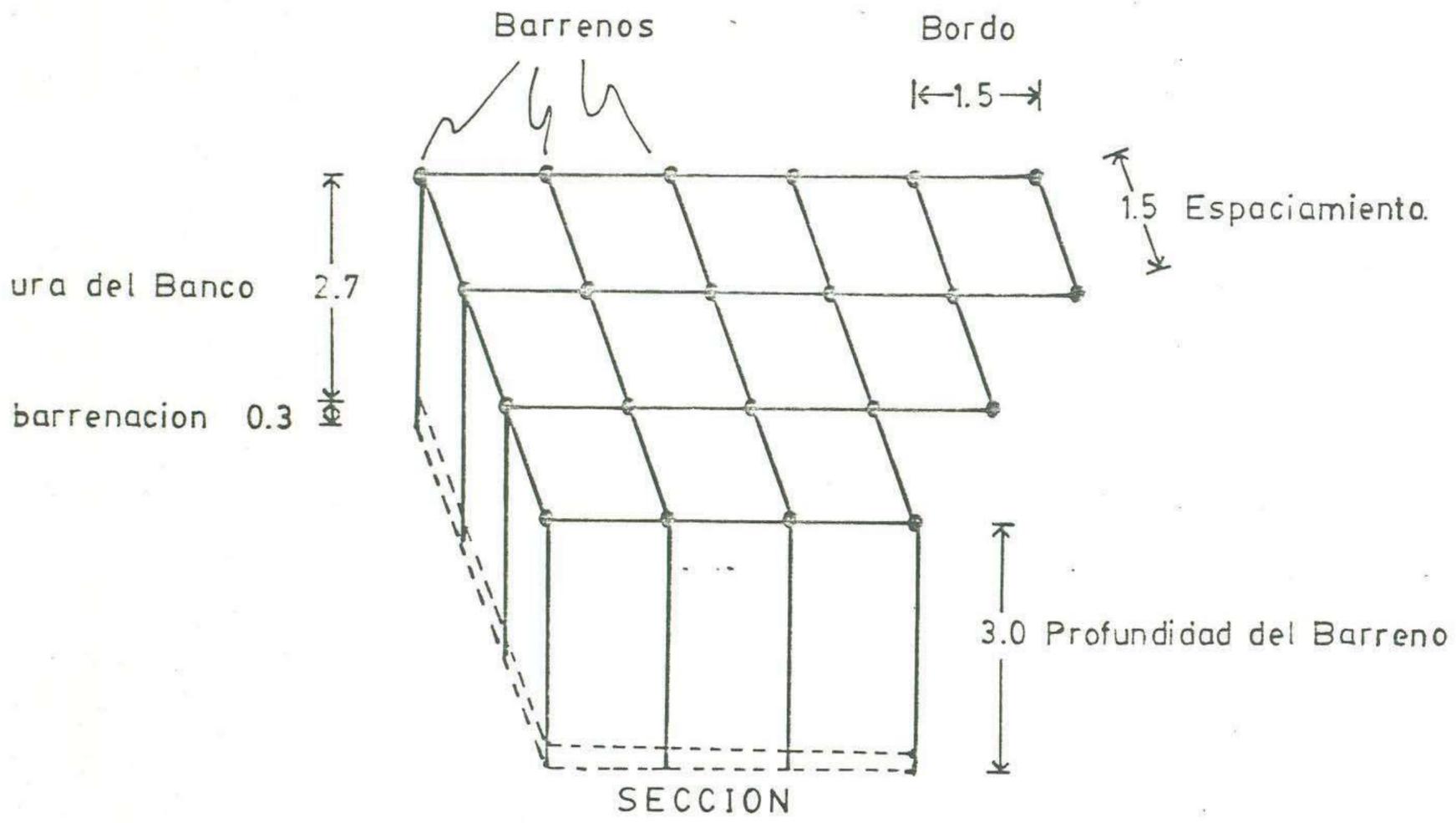
2.- SISTEMA DE EXPLOTACION.

a).- DESCRIPCION:

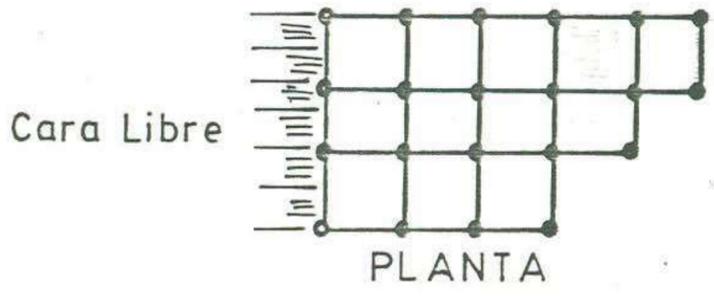
En base a este punto se tiene la fragmentación requerida para la trituración de la roca.

El sistema creado para la explotación de la ortocuarcita es el siguiente (ver fig. 4 y fig. 5).

Diametro de la barrenación	3"
Patrón de barrenación (cuadrícula) ...	1.5m.x1.5m.
Altura del banco	2.7 m.
Sub-barrenación	0.3 m.
Profundidad de barrenación	3.0 m.



Escala 1:100



Escala 1:200

R.A.O., 1989.

Fig. no.4.- Sistema de Explotacion.

Peso volumetrico del material 2.8 ton/m³

Carga de fondo (40%) 2.7 kg.
(tovex)

Carga de columna (60%) 4.0 kg.
(mexamón)

Total de explosivo 6.7 kg.

Producción por barreno: 1.5 m. x 1.5 m. x 2.7 m. x 2.8
ton/m³ = 17.0 ton. (por barreno).

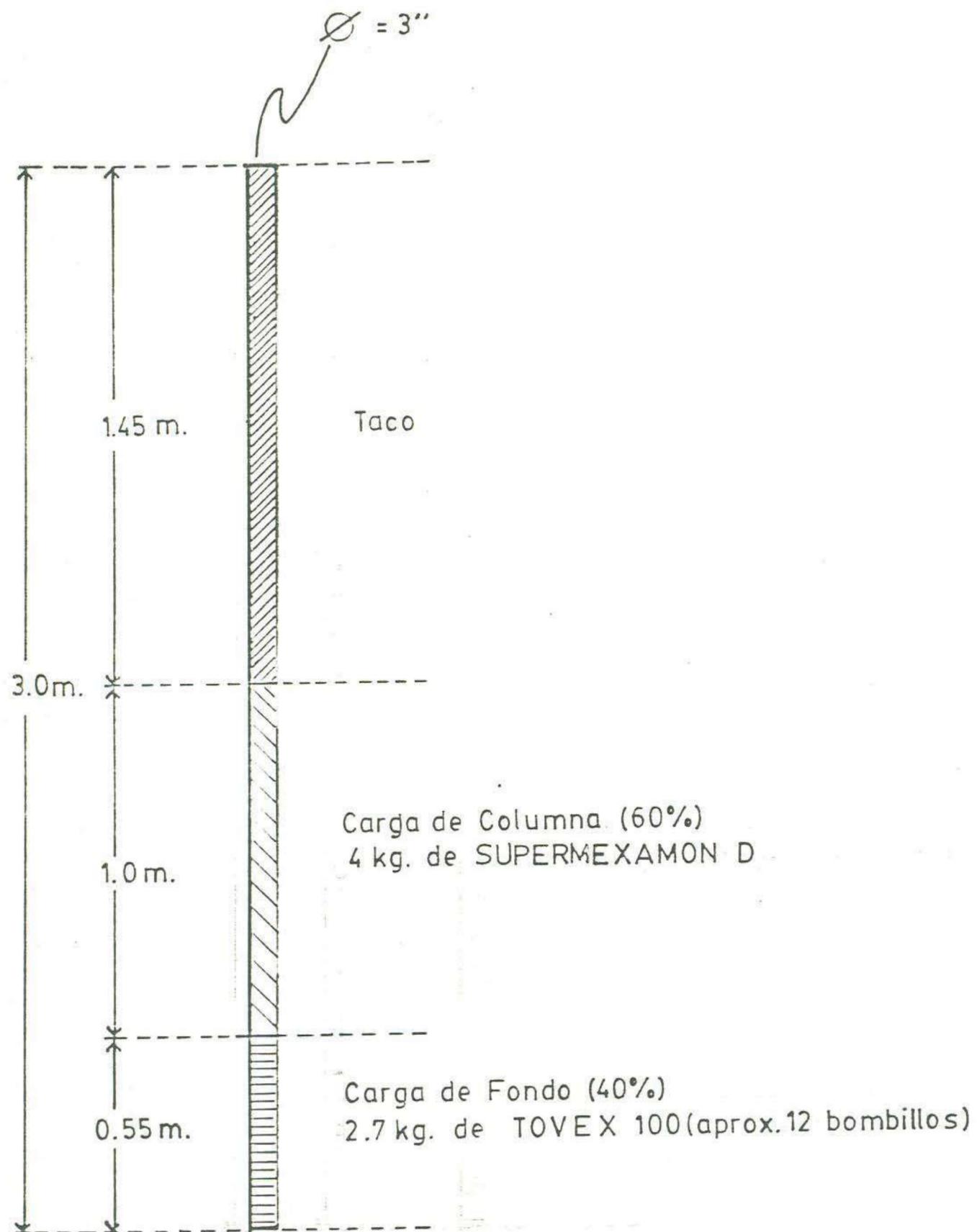
Factor de carga = 6.7 kg. / 17.0 ton = 0.394 kg./ton.

Carga de fondo 0.55 m.

Carga de columna 1.00 m.

Taco 1.45 m.

Profundidad del barreno 3.00 m.



R.A.O., 1989.

Fig. no. 5.- Seccion del Barreno Cargado.

El patrón de barrenación y el factor de carga establecido es al cual se ha llegado mediante varias pruebas de voladuras realizadas en esta cantera. Las pruebas que se han tenido, van desde cuadrículas de 1.5 m. x 2.0 m. y con factores de carga de hasta 0.57 kg./ton.

El resultado de este sistema es la fragmentación requerida, dispersión mínima de la tronada, factor de carga controlado.

b).- PRODUCCION Y FRAGMENTACION.

Producción.- Un tractor CAT D8-H en buenas condiciones y despalmado material de blando a duro, nos produce aproximadamente 300 ton./hr., la producción en esta cantera de ortocuarcita se abate bastante, por su alta dureza y maquinaria de baja disponibilidad. La opción adecuada es el uso de explosivos mediante barrenos hechos por perforadora pneumatic, la cual tiene un promedio de 6 m/hr.

Tomando en cuenta la cuadrícula (1.5 m. x 1.5 m.), la profundidad del barreno (2.7 m.) y el peso volumétrico in situ (2.8 ton/m³) se tiene una producción aproximada de 38 ton./hr.

Fragmentación.- Antes de el uso de los explosivos en esta cantera, la función del tractor CAT D8-H era cortar y despallar.

Esto nos producía un tamaño de roca muy variable, no teniendose uniformidad de tamaño (rocas muy grandes y rocas muy pequeñas). El problema de esto son las rocas grandes, iguales o mayores de 18" x 36". Esta medida es de la roca con la cual se alimenta la trituradora de quijada. Estas rocas al no pasar por la tolva de alimentación de la trituradora se desecha, o en ocasiones se rompe con marro hasta darle el tamaño requerido.

Resumiendo lo anterior, se trata de visualizar que aparte del trabajo de corte y despalme realizado por el tractor, que en esta cantera disminuye considerablemente, no toda su producción se aprovechaba en triturarse, en ocasiones hasta un 20% se desechaba reduciendo aun mas la producción.

El uso adecuado de el explosivo: (plantilla de barrenación, factor de carga, cara libre, amarre de linea, uso de retardadores) nos da una uniformidad de tamaño de roca evitandose con esto las rocas de sobretamaño hasta en ocasiones el 1%.

3. - EXPLOSIVOS. (TIPO DE EXPLOSIVOS Y DISPOSITIVOS).

El explosivo que se usa actualmente (ANFO e HIDROGELES) hace posible un fácil manejo de estos, que los anteriormente usados.

a). - EL ANFO. (siglas en ingles de Nitrato de Amonio - Aceite Combustible). Es un producto que bien se usa en la agricultura como fertilizante o como explosivo. La diferencia se basa en que el sodio granulado mas adecuado para uso explosivo (voladura) son por lo general mas porosos, menos densos y se usa menos antiaglutinante que los granulados fertiizantes.

El SUPER MEXAMON D, es el ANFO utilizado en esta cantera como agente explosivo, el cual produce una minima cantidad de gases.

b). - HIDROGELES (WATER GELS).

Explosivo compuesto principalmente de sales oxidantes, combustibles y sensibilizadores disueltos en fase líquida e inmediatamente espesada la mezcla y hecha resistente al agua mediante geletinizadores.

Las principales ventajas del hidrogel a la dinamita son las siguientes:

- mayor control de la densidad del barrenado.
- flexibilidad en la carga.
- excelente fragmentación.
- propagación de barrenado a barrenado mínimo.
- eliminación de dolores de cabeza.
- resistencia al agua.

El hidrogel utilizado es el Tovex 100 el cual tiene las siguientes características:

DIAMETRO	DENSIDAD	VELOCIDAD	RESIST. AL AGUA
(Pulg.)	(Gr./Cm ³)	(m./seg.)	
1-1 3/4	1.10	4500	Excelente

c).- CORDON DETONANTE.

Cordón redondo flexible el cual tiene un núcleo explosivo de alta velocidad, con sensibilidad al fulminante usualmente PTN (tetranitrato pentaeritritol), recubierto de combinaciones de materiales textiles a prueba de agua y maltratos físicos, etc., que se usa para:

- detonar otro explosivo con el que éste entra en contacto.

- transmitir una onda de detonación de cordón detonante a cordón detonante o a un conector de retardo.

Este cordón detona a una velocidad de 6,700 m/seg (mas de cuatro millas/seg.).

El cordón detonante utilizado es el PRIMACORD tipo E-CORD.

d).- CONECTORES MS.

Son dispositivos de retardo en milisegundos, no-eléctricos, de intervalo corto el cual es usado en voladuras de tiempo iniciadas en la superficie con cordón detonante.

Consiste principalmente de una pieza de plástico moldeado con un elemento de retardo dentro del tubo de cobre en la porción central. A los lados se ajusta el cordón detonante.

El conector que se ha usado con mayor efectividad para los fines requeridos es el MS-9, conector de 9 milisegundos.

e).- FULMINANTE Y MECHA.

El disparo de la tronada se inicia por medio de el fulminante y mecha.

e.1).- El FULMINANTE es un casquillo de aluminio de tres cargas: la primera, en la parte superior es pólvora de ignición la cual capta la flama que proviene de la mecha, la segunda en la parte media es una carga primaria, la cual convierte la combustión en detonación y la tercera en la base (explosivo de alta velocidad) inicia la carga de alto explosivo.

e.2).- La MECHA es un cordón de materiales textiles el cual en el centro lleva pólvora negra fuertemente envuelta. Este es el medio por donde la flama es conducida para la ignición del fulminante.

4. - MAQUINARIA.

En la cantera de esta materia prima se utiliza la siguiente maquinaria:

a).- Track Drill - Compresor.

Perforadora pneumatic Ingersoll Rand CM-2 alimentada ésta por el compresor Ingersoll Rand 600.

En esta perforadora se utiliza broca de 3" con barras acoplables de longitud variable.

b).- Tractor.

Bulldozer CATERPILLAR D8-H con ripper hidraulico.

c).- Cargador Frontal.

Cargador CATERPILLAR 966-B con capacidad del bote de

3yd³

5. - PROBLEMATICA.

a).- Yuxtaposición litologica. La cerrada yuxtaposición de ortocuarcita con la pizarra (contacto

inferior) y los diques de tonalita que intrusión toda la secuencia litológica, hace que se implemente un sistema de explotación selectivo para esta roca.

b).- Contaminación litológica. La tonalita y pizarra tienen con respecto a la ortocuarcita menor porcentaje de sílice y mayor porcentaje de álcalis (Na y K). Debido a esto y además que frecuentemente la barrenación de una línea corta el contacto de la pizarra y en ocasiones diques y la siguiente línea no corta rocas que contaminen la ortocuarcita, ocasiona ya en la tronada una litología variable.

c).- Cribado. El sistema de explotación ocasiona una tronada con bastantes finos (la pizarra y tonalita no son rocas tan cohesivas y duras como la ortocuarcita y con un factor de carga alto, como el utilizado, se fragmentan con mucha mayor facilidad, creando mayor cantidad de finos en la tronada) el cual para separarlo se utiliza una criba de 3 m. x 3 m. con malla de 1 3/4", donde el gruesos (mayores de 1 3/4") es el que se envía a Ensenada, evitándose con esto la contaminación litológica.

d).- Vida útil de la maquinaria.

Cuando se explotaba esta cantera con el tractor D8, se despalmaba, cortaba y se acercaba el material al cargador.

para su cribado, El trabajo que implicaba mayor esfuerzo, es el corte de la roca. Aquí el tractor sufre un desgaste excesivo en los gabilanes, cuchillas, zapatas, roles, ripper, casquillo, etc. elevando bastante los costos.

Además el motor, transmisión, mandos finales, etc., tenían un trabajo severo, produciéndose en repetidas ocasiones mantenimientos correctivos de hasta 2 meses, en estos casos se renta otro tractor, encareciendo aún mas los costos.

En el caso del cargador frontal el problema era menor, pero el cortar con el tractor producía rocas de tamaño variable y las mas grandes al atacarlas el cargador es donde sufría el mayor desgaste y esfuerzo.

Lo anterior se reduce bastante ayudado con la barrenación (track drill - compresor) y uso de explosivo.

6. - COSTO DE EXPLOTACION POR TONELADA.

En forma periodica se efectuan ajustes de precios con los proveedores. Con el objeto de llegar a precios lo mas cercanos posibles a la realidad se realizan calculos detallados de los costos de las materias primas analizando

los costos por hora de maquinaria, fletes y trituración. En este punto se trata únicamente del costo de explotación por tonelada, que a continuación se presenta:

COSTO HORA MAQUINA DIRECTO POR MAQUINA:

COSTO HORA MAQUINA DIRECTO DEL TRACTOR

CAT D8-H = \$49,511.00

COSTO HORA MAQUINA DIRECTO DEL CARGADOR

CAT 966-B = \$37,285.00

COSTO HORA MAQUINA DIRECTO DEL

COMPRESOR-TRACK I.R. 600-CM2 = \$37,738.00

COSTO HORA MAQUINA DIRECTO DEL

COMPRESOR-PISTOLA I.R. 600 = \$22,852.00

(ver anexos los CHMD en apendice).

Los CHMD de cada máquina se calculan en dolares, puesto que las refacciones de éstas son compradas en esa moneda y como es visto que en cada uno de estos costos el diesel y lubricantes no representarán ni siquiera el 5% a excepción del compresor. Cuando se desea un reajuste de precio, únicamente se toma el tipo de cambio actual del peso frente al dolar contra el cálculo del CHMD. También E.U.A. tiene un proceso inflacionario pero mucho mas lento; por lo cual a determinado periodo se tiene que volver a calcular cada CHMD.

1.- Preparación y despalle.

compresor-pistola. costo/hora = \$22,852.00

a) una pistola produce: 5.6 ton/m, 8m/hr x 5.6
ton/m = 45 ton/h, 45 ton/hr x 7 hrs = 315 tons.

\$22,852.00 x 7 hrs. = \$159,964.00 \$/turno

\$159,964.00 \$/turno / 315 ton/turno = \$ 507.00

b) dos hora de tractor.

\$49,511.00 x 2 hrs. = \$99,022.00 / 507 ton. = \$ 195.00

\$ 702.00

2.- Barrenación.

Compresor-track. costo/hora = \$37,738.00.

un track produce 5.6 ton/m.

a 7m/hr x 5.4 ton/m = 38 ton/hr.

\$37,738.00/hr. / 38 ton/hr. = \$ 993.00

3.- Arranque de material.

Tractor bulldozer. costo por hora = \$49,511.00

\$49,511.00/hr. x 7 hr. = \$346,577.00

\$346,577.00/turno / 300 turno = \$ 1,155.00

4. - Cribado.

Cargador. costo por hora = \$37,285.00

\$37,285.00/hr x 7 hr. = \$ 260,995.00

\$ 260,995.00/turno / 300 ton/turno = \$ 1,305.00

5. - Carga.

Cargador. costo por hora = \$37,285.00

\$37,285.00/hr. x 7 hr. = \$260,995.00

\$260,995.00/turno / 300 ton/turno = \$ 870.00

S U B T O T A L = \$ 5,025.00

Administración y Utilidad (20%). = \$ 1,005.00

Regalias = \$ 280.00

T O T A L F I N A L = \$ 6,310.00

El costo por tonelada de ortocuarcita a negociar es de \$6,310.00 puesta en patios de la trituradora con la calidad requerida.

IMPORTANCIA DE LA ORTOCUARCITA

1.- REQUERIMIENTOS MAXIMOS DE MATERIAS PRIMAS

PLANTA ENSENADA:

MATERIA PRIMA	REQ. MENSUAL.
. Caliza	80,500
. Ortopiroxenita	7,250
. Andesita	4,417
. Puzolana	4,000
. Ortocuarquita	3,083
. Yeso	2,500
. Hematita	1,167

TOTAL MATERIAS PRIMAS = 102,917 ton/mes.

El máximo requerido de ortocuarquita significa aproximadamente el 3% promedio de el total de materias primas.

2.- COMPOSICION QUIMICA.

Composición química promedio de la ortocuarquita "San Marcos":

$SiO_2 = 95.04\%$

$Al_2O_3 = 1.48\%$

$Fe_2O_3 = 0.77\%$

$MgO = 0.63\%$

$K_2O = 0.2\%$

$Na_2O = 0.15\%$

$CaO = 0.47\%$

$P.I. = 0.82\%$

La ortocuarcita así como la ortopiroxenita y hematita se úsan exclusivamente para la elaboración de clinker o bien cemento de bajo contenido en álcalis (Na_2OyK_2O).

Esta roca se utiliza en la planta debido a su pureza y gran porcentaje de sílice en su composición, por lo cual se usa como corrector de sílice en la "harina cruda", dependiendo de la cantidad de silicatos que contenga la "arcilla" que se está utilizando. Si esta arcilla está teniendo bajo contenido en sílice, se repone agregando ortocuarcita según sea el porcentaje que se abate, en ocasiones variando del 1% al 7%.

Cabe aclarar que la composición química expuesta en este capítulo, es el producto de trituración y molienda de ortocuarcita y en mínimas cantidades pizarra y aun menos tonalita, por esta razón el porcentaje de sílice baja de un 99% cuando es ortocuarcita pura a 95%.

CONCLUSIONES



1. - GEOLOGICAS.

a).- Se observó en la región, un cuerpo aloctono de 5 km². aproximadamente el levantamiento geológico cubrió una superficie de 3.4 km². de dicho cuerpo.

Este aloctono litológicamente consiste de ortocuarcita, pedernal y caliza.

b).- Infrayaciendo discordantemente al aloctono, se tiene una secuencia autoctona de grauvaca, arenisca, lutita y pizarra.

c).- Se observa la repetición de estratos de la ortocuarcita y pedernal, debido al intenso plegamiento sufrido localmente.

d).- La litología del área es afectada a determinada profundidad debido al emplazamiento del intrusivo, creando alteraciones en las rocas encajonantes.

e).- Estudios realizados en esta área dieron edades en el aloctono de Ordovícico temprano y en el Autoctono de Triásico-Jurásico.

f).- La pizarra señala el cambio de secuencia del ordovicico y triasico-jurasico, ya que esta es la roca que se observa en el contacto superior de la secuencia Mesozoica.

g).- Toda la litología existente en el área tiene un rumbo promedio de N40°W.

h).- Los echados de la litología, cambian debido al plegamiento y fallamiento existente.

RECOMENDACIONES:

i).- es necesario hacer estudios posteriores en el área para definir unidades, miembros, formaciones, etc.; esto tal vez con otra tesis donde el enfoque de el área sea mas regional y asi correlacionar la litología existente.

j).- Se recomienda una fotointerpretación a detalle del area, para delimitar correctamente el aloctono y ubicar la serie de fallas que afecta el area.

NOTA: de una manera general se trata de explicar la teoría de este aloctono (lothringer, 1983) pero aun presenta controversia. El geólogo investigador de la universidad de sonora Luigi Radelli, visitó esta zona en el verano de 1987 y contrapone (información verbal) la teoría anterior. Como consecuencia, es necesario un mayor estudio geológico del área.

2.- ECONOMICAS.

a).- Se realizarón dos calculos de reservas (probables y potenciales); el resultado nos da una clara idea del volumen e importancia de esta cantera para la planta Ensenada.

b).- Con el plano realizado (plano no. 1), es posible programar futuros bancos de explotación en este yacimiento.

c).- Actualmente se tiene un control de esta cantera en lo que respecta a la litología contaminante y material de sobretamaño.

d).- La producción de ésta se elevo y se redujerón los costos de explotación.

e).- En el area estudiada afloran varios cuerpos de ortocuarcita. Estos pertenecen originalmente a una sola unidad, pero debido al plegamiento y fallamiento sufrido en la región, se observa esta variedad.

f).- Las reservas probables son calculadas de acuerdo al emplazamiento del intrusivo; por lo que la reserva puede variar debido a esto.

g).- Las reservas potenciales sigue la estructura del plegamiento "inferido" hasta el nivel O.

h).- La forma de explotación actual en los cuerpos que se trabaja, es correcta; pero al cambiarse de lugar de explotación, los echados cambian, teniendo la ortocuarcita suprayacida por el pedernal, por lo tanto cambiaría la forma de explotación.

RECOMENDACIONES: Para tener un cálculo de reservas más exacto (positivas) es necesario realizar cuadrículas de barrenación en el área, no realizándose, por el alto costo de la barrenación exploratoria. Otra alternativa más barata es en base a la experiencia de los bancos ya explotados donde se tiene una idea más exacta de la profundidad real del cuerpo. Se puede tomar como patrón estas profundidades y ubicar nuevamente los cuerpos que quedan por explotar, por medio de nuevas secciones.

BIBLIOGRAFIA

Czernin, Wolfgang. *La Quimica del Cemento.* pg. 7 - 15.

Duda, Walter H., 1977. *Manual Tecnologico del Cemento.*
Editores tecnicos asociados, pg. 1 - 11.

Frizell, V. A. Jr., ed. 1984, *The Geology of The Baja California Peninsula: Pacific Section S.E.P.M.*, vol. 39, pg. 17 - 22.

Gastil, G. and Lilegraven, J., 1974. *Geology of Peninsular California: Pacific Section AAPG, SEPM and SEG.* pg. 1 - 138.

Gastil, G. and Miller, R., 1983. *Prebatholitic Paleogeography of Peninsular California and Adjacent Mexico: Department of Geological Sciences, San Diego State University, San Diego Ca.* in Frizzel Virgil A. Jr., ed. 1984. *Geology of Baja California Peninsula: Pacific Section SEPM*, vol. 39, pg. 9 - 16.

Huang, Walter T., 1968. *Petrología.* UTEHA.

Lothringer, C. J., 1983. *Geology and Tectonics of an Isolated Lower Ordovician Allocton, Rancho San Marcos, Northwestern Baja California, Mexico: Master's thesis, San Diego State University, San Diego, Ca.*

Manual para el Uso de Explosivo hecho por DUPONT, 1980.
DUPONT S.A. de C.V. - Mexico. 574 pg.

Pearl, Richard, 1971. *Geología.* Cia. Editorial Continental, S.A. de C.V.

Pettijhon, Potter and Siever. *Sand and Sandstone.* pg. 214 - 394.

Schroeder, James E., 1967. *Geology of a Portion of the Ensenada Quadrangle, Baja California, Mexico*: San Diego State College, Master's thesis, 71 pg.

Silvera, G., 1983. *Informe Geológico "Cuarzo San Marcos"*. Reporte a Gerencia Divisional de Cementos Guadalajara, S.A., Division California, Planta Ensenada, 10 pg.

Williams, H., Turner, F. and Gilbert, Ch., 1954. *Petrography*. W.H. Freeman and Company.

APENDICE

CEMENTOS GUADALAJARA S.A.

COSTO HORA MAQUINA DIRECTO

OBRA: EXPLOTACION CUARZO
 Maquina: TRACTOR BULLDOZER
 Modelo: CAT D8-H
 Datos Adic.: RIPPER HIDR.
 Hoja No: R. ASTORGA
 Calculo: ING. G. SILVERA
 Fecha: 29-JULIO-87

EXPLORACION CUARZO
 Datos Adic.: 1
 Fecha Cotizacion: MAYO '87
 Vida Economica (Ve) en Horas: 8,000.00
 Horas Por A#o (Ha): 1,600.00
 Hp del Motor: 270.00
 Tipo: DIESEL
 Factor Operacion: 0.90
 Potencia Operacion en Hp (P): 243.00
 Coeficiente de Almacenaje (K): 0.01
 Factor Mantenimiento (Q): 0.90

I.- CARGOS FIJOS.
 a) Depreciacion: $D = \frac{(Va - Vr) / Ve}{((Va + Vr) / (At + Ha))}$ i = \$ 8.00
 b) Inversion: $I = \frac{S}{((Va + Vr) / (At + Ha))}$ s = \$ 1.80
 c) Seguros: $S = A \cdot KD$ s = \$ 0.30
 d) Almacenaje: $A =$ KD s = \$ 0.00

SUMA CARGOS FIJOS POR HORA = \$ 10.10

II.- CONSUMOS.
 a) Combustible: E=epc P 243 5.83
 DIESEL 0.16 C 0.15
 b) Otras fuentes de Energia:
 Otras Fuentes de Energia:
 GAVILAN, CUCHILLA, CASQUILLO 8.08
 c) Lubrificantes: L=ape
 Capacidad del Carter: C= 80.00
 Cambios de Aceite: t= 100.00
 $a = C/t =$ 1.30
 d) Llantas: $Ll = VLL/HV$ 1.04
 Vida Economica = Hv = 0.00
 Valor de Llantas = VLL = 0.00
 e) Mantenimiento: M = 7.20
 f) Otros: 0.69
 ACBILOS VARIOS = 0.69

SUMA CONSUMOS POR HORA = \$ 22.84

III.- OPERACION.
 Salarios: (S) 13.75
 Operador: 0.00
 Ayudante(s): 0.00

Sal/turno prom: (H) 13.75
 Factor Rend. 0.875
 Horas 7
 Operacion = 0 = S/H = 0.875

SUMA OPERACION POR HORA = \$ 1.96
 COSTO HORA-MAQUINA DIRECTO (HMD) = \$ 34.99

OBRA EXPLOTACION CUARZO EXPLOTACION Maquinaria CARGADOR FRONTAL Hoja No: R-ASTORGA
 Modelo: CAI 966-B Datos Adic: 3 YD. 3 Calculo: ING. G. SILVERA
 Reviso: 29-JULIO-87
 Fecha: MAYO-87

DATOS GENERALES:
 Tipo de Cambio: 1 Fecha Cotizacion: DISESEL
 Precio Adquisicion: \$50,000.00 Vida Economica (Ve) en Horas: 7,000.00
 Equipo Adicional: \$10,000.00 Hp del Motor: 170.00
 Valor Inicial (Va): \$60,000.00 Factor Operacion: 0.80
 Valor Rescate (Vr): \$12,000.00 Potencia Operacion en Hp (P): 136.00
 Tasa Interes (i): 20.00% Coeficiente de Almacenaje (K): 0.01
 Prima de Seguros (s): 1.00% Factor Mantenimiento (Q): 0.90

I.-CARGOS FIJOS:
 a) Depreciacion: $D = \frac{(Va - Vr) / Ve}{(Va + Vr) / (At + Ha)}$ = \$ 6.86
 b) Inversion: $I = \frac{(Va + Vr) / (At + Ha)}{i}$ = \$ 1.54
 c) Seguros: $S = \frac{(Va + Vr) / (At + Ha)}{s}$ = \$ 0.26
 d) Almacenaje: $A = \frac{KD}{Q}$ = \$ 0.07

SUMA CARGOS FIJOS POR HORA = \$ 8.73

II.-CONSUMOS:
 a) Combustible: E=ePc e P 0.17 136 3.93
 DIESEL
 b) Otras Fuentes de Energia: 0.00

c) Lubricantes: L=aPe
 Capacidad del Carter: C= 80.00
 Cambios de Aceite: t= 100.00
 a=C/t = 0.80
 L=a*s = 1.30
 d) Llantas: LI=VLL/Hv
 Vida Economica = Hv = 1,400.00
 Valor de Llantas=VLL= 5,600.00

e) Mantenimiento: M = QD = 6.17
 f) Otros: = \$ 0.52
 ACEITES VARIOS = 0.52
 SUMA CONSUMOS POR HORA = \$ 15.66

III.-OPERACION:
 Salarios: (S) 13.75
 Operador: 0.00
 Ayudante(a): 13.75

Sal/turno prom:(H) 8
 Factor Rend. 0.875
 Operacion=O=S/H= 1.96

SUMA OPERACION POR HORA = \$ 1.96
 COSTO HORA-MAQUINA DIRECTO (HMD) = \$ 26.35

EXPLOTACION CUA
 DATOS GENERALES
 Tipo de Cambio
 Precio Adquisición
 Equipo Adicional

VALOR NUMERO
 1
 \$14,000.00
 \$10,000.00
 \$24,000.00
 \$4,800.00
 20.00%
 6.00%
 1.00%
 I.-CARGOS FIJOS

Valor Inicial
 Valor Rescate
 Tasa Interés
 Prima de Seguro

Fecha Cotización: MAYO-87
 Vida Económica (Vel) en Horas: 7,000.00
 Horas Por Ato (Ha): 1,400.00
 Hp del Motor: 350.00
 Tipo: DIESEL
 Factor Operación: 0.90
 Potencia Operación en Hp (P): 315.00
 Coeficiente de Almacenaje (K): 0.01
 Factor Mantenimiento (Q): 0.90

I.-CARGOS FIJOS
 a) Depreciación
 b) inversión
 c) Seguros
 d) Almacenaje

$D = \frac{(Va - Vr) / Ve}{((Va + Vr) / (At + Ha))}$ = \$ 2.74
 $I = \frac{(Va + Vr) / (At + Ha)}{((Va + Vr) / (At + Ha))}$ = \$ 0.62
 $S = \frac{KD}{((Va + Vr) / (At + Ha))}$ = \$ 0.10
 $A = \frac{KD}{((Va + Vr) / (At + Ha))}$ = \$ 0.03
 SUMA CARGOS FIJOS POR HORA = \$ 3.49

II.-CONSUMOS
 a) Combustible
 DIESEL
 b) Otras Fuentes de Energía
 c) Lubrificantes
 Capacidad del Carter
 Cambios de Aceite

II.-CONSUMOS
 a) Combustible: E=ePc 315 0.16 8.57
 b) Otras Fuentes de Energía: BROCA, BARRA, ZANCO 7.66
 c) Lubrificantes: L=aPe 0.45 1.30 0.59
 Capacidad del Carter: C= 45.00
 Cambios de Aceite: t= 100.00
 $a = C/t = 1.30$
 d) Llantas: L=VLL/Hv 3,000.00 0.11 0.11
 Vida Económica: Hv= 340.00
 Valor de Llantas: VLL= 340.00
 e) Mantenimiento: M = 2.47
 f) Otros: OD = 1.90
 ACEITES VARIOS: 1.90

III.-OPERACION
 Salarios
 Operador
 Ayudante

III.-OPERACION
 Salarios: (S) 8.28
 Operador: 4.94
 Ayudante(s): 13.22
 Sal/turno prom: (H) 7
 Factor Rend. 0.875
 Operacion=0=S/H= 1.89

IV.-OPERACION
 Sal/turno
 Operación

IV.-OPERACION
 Sal/turno 7
 Operación 26.67
 COSTO HORA-MAQUINA DIRECTO (HMD) = \$

EXPLOTACION CUARZO
 Modelo: INGENSOLL KAND
 Datos Adic: 600V
 Fecha Cotizacion: MAYO '87
 Tipo de Cambio: 1
 Precio Adquisicion: \$8,600.00
 Vida Economica (Va) en Horas: 7,000.00
 Equipo Adicional: 80.00 Hp del Motor: 350.00
 Tipo: DIESEL

Valor Inicial (Va): \$8,600.00 Factor Operacion: 0.90
 Valor Rescate (Vr): \$1,720.00 Potencia Operacion en Hp (P): 315.00
 Tasa Interes (I): 20.00%
 Prima de Seguros (S): 6.00%
 Coeficiente de Almacenaje (K): 0.01
 Factor Mantenimiento (Q): 1.00%
 Factor Almacenaje (A): KD = \$ 0.01

I.- CARGOS FIJOS
 a) Depreciacion: $D = \frac{(Va - Vr) / Ve}{((Va + Vr) / (At \cdot Ha)) \cdot i}$ = \$ 0.98
 b) Inversion: $I = \frac{(Va + Vr) / (At \cdot Ha)}{((Va + Vr) / (At \cdot Ha)) \cdot S}$ = \$ 0.22
 c) Seguros: $S = \frac{(Va + Vr) / (At \cdot Ha)}{((Va + Vr) / (At \cdot Ha)) \cdot S}$ = \$ 0.04
 d) Almacenaje: $A = \frac{KD}{KD}$ = \$ 0.01
SUMA CARGOS FIJOS POR HORA = \$ 1.25

II.- CONSUMOS
 a) Combustible: E = $\frac{P}{C}$ = 0.17
 DIESEL 0.16 315 0.17 8.57
 b) Otras Fuentes de Energia: 3.84
 c) Lubrificantes: L = aPe
 Capacidad del Carter: C = 45.00
 Cambios de Aceite: t = 100.00
 $a = C/t = 0.45$
 $L = a \cdot S = 1.30$
 d) Llantas: Ll = $\frac{VLL}{Hv}$
 Vida Economica = Hv = 3,000.00
 Valor de Llantas = VLL = 340.00
 e) Mantenimiento: M = QD = 0.88
 f) Otros: = 0
ACEITES VARIOS: 0.00
SUMA CONSUMOS POR HORA = \$ 13.99

III.- OPERACION
 Salarios (\$) 6.36
 Operador: 6.36
 Ayudante(s): 0.00
 Sal/turno prom: (H) 6.36
 Horas 8 Factor Rend. 0.875
 Operacion = 0 · S/H = 7

SUMA OPERACION POR HORA = \$ 0.91
COSTO HORA-MAQUINA DIRECTO (HMD) = \$ 16.15