



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI

---

ESCUELA DE INGENIERIA

**RECONOCIMIENTO GEOLOGICO Y BARRENACION EN LA  
SALITRERA, MPIO. DE ZARAGOZA, S. L. P.**

**TRABAJO RECEPCIONAL**

Que para obtener el Título de :

**INGENIERO GEOLOGO**

**P r e s e n t a :**

**PEDRO LEIJA CELESTINO**

SAN LUIS POTOSI, S. L. P.

1978



DIRECCION

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI  
**ESCUELA DE INGENIERIA**  
 AV. DE LOS POETAS NO. 1 TELEFONO 2-11-85  
 SAN LUIS POTOSI, S. L. P. - MEXICO

Enero 26, 1977

Al Pasante Sr. Pedro Leija Celestino

P r e s e n t e .

En atención a su solicitud relativa me es orato indicar a usted que el H. Consejo Técnico Consultivo de la Escuela de Ingeniería ha designado como Asesor del Trabajo Receracional que deberá desarrollar en su Examen Profesional de Ingeniero Geólogo, al Sr. Ing. Luis García Gutierrez. Así como el Tema propuesto para el mismo es:

"RECONOCIMIENTO GEOLOGICO Y BARRENACION EN LA SALITRERA, MPIO. DE ZARAGOZA, S.L.P."

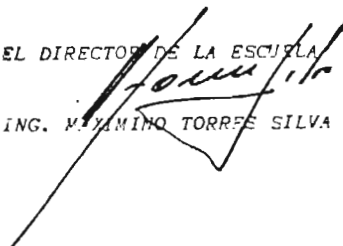
TEMARIO:

- I.- INTRODUCCION
- II.- DATOS FISICOS, ECONOMICOS Y SOCIALES
- III.- GEOLOGIA
- IV.- BARRENACION
- V.- CONCLUSIONES
- VI.- RECOMENDACIONES
- VII.- BIBLIOGRAFIA

Ruego a usted tomar debida nota de que en cumplimiento con lo especificado por la Ley de Profesiones debe prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sus tentar su Examen Profesional.

A t e n t a m e n t e .

"MODÔS ET CUNCTARUM RERUM MENSURAS AUDEBO"

EL DIRECTOR DE LA ESCUELA  
  
 ING. M. YAMINO TORRE SILVA

A MIS PADRES:

Aurelio Leija Alonso

Alejandrina Celestino de Leija

Que con sus sacrificios y esfuerzos  
hicieron posible la realización de  
mi carrera.

Con profundo amor y respeto.

A MIS HERMANOS:

Ernestina

Julieta

Ma. Celsa

Victoria

Ma. de Lourdes

Ma. del Pilar

Con afecto y cariño.

A MI ESPOSA DIANA BERTHA

*Con infinito cariño por su apoyo y comprensión.*

AL ING. LUIS GARCIA GUTIERREZ

*Por su desinteresada ayuda  
siempre y acertada asesoría.*

AL ING. JOSE ANTONIO NIETO G.

*Por su incondicional apoyo.*

AL ING. JUAN DUARTE MATOS

*Con infinito agradecimiento.*

A MIS MAESTROS

A MIS COMPANEROS

A MIS AMIGOS

## TEMARIO

- I INTRODUCCION
- II DATOS FISICOS, ECONOMICOS Y SOCIALES
- III GEOLOGIA
- IV BARRENACION
- V CONCLUSIONES
- VI RECOMENDACIONES
- VII BIBLIOGRAFIA

## CONTENIDO

I.- <u>INTRODUCCION</u> . . . . .	1
I. 1.- <i>Objetivo del Trabajo</i> . . . . .	2
I. 2.- <i>Método de Trabajo</i> . . . . .	4
I. 3.- <i>Trabajos Previos</i> . . . . .	7
I. 4.- <i>Agradecimientos</i> . . . . .	12
II.- <u>DATOS FISICOS, ECONOMICOS Y SOCIALES</u> . . . . .	14
II. 1.- <i>Localización</i> . . . . .	14
II. 2.- <i>Vías de Comunicación</i> . . . . .	14
II. 3.- <i>Clima y Vegetación</i> . . . . .	16
II. 4.- <i>Economía</i> . . . . .	20
II. 5.- <i>Educación</i> . . . . .	21
III.- <u>GEOLOGIA</u> . . . . .	23
III. 1.- <i>Fisiografía y Geomorfología</i> . . . . .	23
1. A).- <i>Orografía</i> . . . . .	24
1. B).- <i>Hidrografía</i> . . . . .	25
1. C).- <i>Geomorfología</i> . . . . .	26

III. 2. A).	- Geología Regional . . . . .	28
2. B).	- Geología Local . . . . .	30
2. C).	- Geología del Subsuelo . . . . .	34
2. D).	- Geología Económica . . . . .	39
III. 3.-	Estratigrafía . . . . .	40
3. A).	- Mesozoico (Sistema Cretácico) . . . . .	41
3. B).	- Cenozoico (Terciario-Cuaternario) . . . . .	44
III. 4.-	Geología Estructural . . . . .	49
III. 5.-	Historia Geológica . . . . .	51
III. 6.-	Yacimientos Minerales . . . . .	54
6. A).	- Mineralización . . . . .	57
6. B).	- Morfología de los Yacimientos . . . . .	60
6. C).	- Secciones Geológico-Estructurales . . . . .	61
IV.-	<u>BARRENACION</u> . . . . .	63
IV. 1.-	Introducción . . . . .	63
I". 2.-	Maquinaria . . . . .	66
IV. 2. A).	- Útiles de Diamante . . . . .	73
2. B).	- Tubería de Barrenación . . . . .	88
2. C).	- Tubería de Ademado . . . . .	94
IV. 3.-	Problemas Técnicos de Barrenación . . . . .	96
3. A).	- Velocidad de Penetración (Avance) . . . . .	96
3. B).	- Revoluciones por minuto (Rotación) . . . . .	101
3. C).	- Caudal de Agua (Bombeo) . . . . .	105
IV. 4.	Sondeos . . . . .	109
4. A).	- Localización de Barrenos . . . . .	113
4. B).	- Testigos . . . . .	114
IV. 5.-	Resultados . . . . .	116



V.- <u>CONCLUSIONES</u> . . . . .	119
VI.- <u>RECOMENDACIONES</u> . . . . .	121
<u>BIBLIOGRAFIA</u> . . . . .	123

## CAPITULO I

### INTRODUCCION

En el último siglo la minería se ha incrementado, gracias al adelanto técnico en los métodos de investigación para el auxilio de la prospección y aprovechamiento de los recursos minerales, que tan extensos son en algunas regiones de la República Mexicana.

La barrenación con diamante, como método directo en la búsqueda y evaluación de zonas potencialmente económicas, es una de las aplicaciones prácticas usadas en la actualidad con mayores aciertos, ya que las características de su aplicación son de resultados directos, aplicados a la estratigrafía, geología estructural, trabajos de investigación de yacimientos minerales, mantos acuíferos, depósitos de hidrocarburos, etc.

La Compañía Minera "Las Cuevas", S.A., para la cual presto mis servicios, en su afán de incrementar sus reservas de fluorita, encomendó al Departamento de Geología, con residencia en la mina "Las Cuevas", el levantamiento de planos geológicos de áreas con evidencias de fluorita, proporcionando a la vez maquinaria para investigar directamente los puntos con mayores probabilidades.

En el transcurso de este trabajo doy los detalles geológicos y de barrenación que se aplicaron en éste.

### 1. 1.- OBJETIVO DEL TRABAJO

La elaboración de este trabajo se basa, fundamentalmente, en la exploración y evaluación de depósitos de fluorita.

Se aprovechó la cercanía de múltiples afloramientos y diversas obras de explotación incluídas en el área de estudio, como son: "La Consentida", "La Esperanza", "El Herrero" y otras localizadas fuera de la zona, en las que se incluyen "La Purísima" y "Peña Prieta"; más algunas catas de explotación, siendo de suponerse que por su cercanía - podrían tener relación genética y posible comunicación estructural.

Parte de estas obras de explotación y exploración se encuentran incluídas en terrenos concesionados a la Compañía, y por este motivo se enfocaron las obras de exploración hacia dichos puntos, los cuales se planificaron para ser corroborados directamente con barrenación; es muy probable que logren cortarse algunos horizontes con mineralización de fluorita con los sondeos programados, ya que generalmente todas las obras mineras

del área tienen rasgos geológicos similares y, como se han seleccionado previamente las áreas basándose en dichas características, se espera que la barrenación sea satisfactoria.

Para el desarrollo de la exploración se nos suministraron dos máquinas marca Long Year N° 44 y 24 respectivamente, con Wire Line. La máquina 44, desplazándola a las zonas donde previamente se planeó el cuele de largo alcance y la máquina 24 para barrenos de menor penetración.

Los rasgos que se siguen para buscar continuidad en los depósitos o concentraciones desconocidas, se agrupan en dos clases:

- 1) FACTORES FISICOS.
- 2) FACTORES QUIMICOS.

Los rasgos de orden físico, como es la falla que atraviesa casi normalmente el tajo "La Consentida"; se tratará de buscar la continuidad de esta falla, ya que sobre el alto de la falla se concentra la fluorita.

Otro rasgo físico es el comportamiento estructural de las rocas sedimentarias con respecto al encape volcánico, buscando los puntos de menor espesor para eliminar cuele inefectivo; además, las zonas de brecha se pueden agrupar dentro de -

este grupo, ya que estructuralmente se comportan como encajonamiento de la mineralización.

En cuanto a los factores químicos, el de más importancia es el de las alteraciones superficiales, como guías o zonas anómalas en la investigación que se proyectaba llevar a cabo. Estas zonas alteradas consisten en argilización del material volcánico de composición silícica, cercano a los contactos y las zonas de caliche sobre rocas calizas; estas alteraciones superficiales se han encontrado en las zonas de explotación actual y por ese motivo se encaminó hacia ellas la investigación.

## I. 2.- METODO DE TRABAJO

El sistema de trabajo llevado a cabo en el desarrollo de este estudio, fué el que se usa convencionalmente en todo estudio encaminado a la exploración de yacimientos de rendimiento económico: elaboración de planos geológicos, topográficos y secciones geológico-estructurales, así como interpretación de fotografías aéreas y geología de campo.

### PLANOS TOPOGRAFICOS

Se elaboró un plano topográfico a escala - -

1:10,000, sacado de un levantamiento efectuado por Aerofoto Mexicana, S. A., a la misma escala y con curvas de nivel a cada 5 m; para completar dicho plano se usó una carta topográfica (Salitrera F-14-C\_15) de la Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL), a escala 1:50,000, con curvas de nivel a cada 20 m; para aumentar este plano a la escala de trabajo requerida (1:10,000) se usó un pantógrafo de escalas marca A.DTT Kemp-ten Bayern, N.º 6702, del cual se obtuvo el aumento deseado; obtenidas las partes del plano de Aerofoto Mexicana y el de la Comisión de Estudios del Territorio Nacional, se integraron para formar el plano general, requerido para la exploración proyectada.

#### COORDENADAS

Para ligar todos los barrenos y puntos observados en el campo se usó un sistema de coordenadas cuadrangulares. Se tomó como línea base de partida un eje norte-sur, partiendo de un punto de control, previamente localizado por el Departamento de Topografía residente en la mina, mismo que se usa para los trabajos de explotación en el subsuelo; dicho punto se localiza en el centro de lo que fué un antiguo tajo (explotado), tomando en cuenta la declinación que corresponde a esta zona ( $9^{\circ} 30'$  hacia el este); se obtuvo así la lí-

nea deseada con el norte verdadero, lo cual se me  
tió al plano de control mencionado [origen] y se  
trazaron coordenadas norte-sur y este-oeste a ca-  
da 1,000 m, de acuerdo con la escala de trabajo.

### FOTOGRAFÍAS AEREAS

Se contó con fotografías aéreas verticales -  
de la Comisión de Estudios del Territorio Nacio--  
nal, en blanco y negro, a escala 1:25,000; además,  
un juego de 3 líneas de fotografías en blanco y -  
negro, en escala 1:10,000 para efectos de mayor -  
detalle; al ser interpretadas, se vaciaron los -  
detalles de geología y puntos de interés al plano  
geológico-topográfico.

### PLANO GEOLOGICO

Después de haber sido interpretadas todas -  
las fotografías aéreas verticales (escalas 1:25, -  
000 y 1:10,000), se vaciaron a un plano con topo-  
grafía y coordenadas todos los datos observados -  
en cada foto base, como son: contactos geológicos  
separando unidades litológicas no homogéneas, de-  
sagüe natural, datos estructurales contenidos en -  
cada uno de ellas, para así tener un plano gene--  
ral geológico-topográfico, que después sería veri-  
ficado directamente con observaciones de campo -

en el terreno.

### SECCIONES

Se elaboraron varias secciones geológico-estructurales con perfil topográfico, haciéndose pasar las mismas por los sitios escogidos previamente para fijar los puntos de rompimiento de los barrenos y vaciar ahí la litología cortada; el fin de las secciones elaboradas es tratar de definir el comportamiento estructural de las unidades litológicas por debajo de la línea de cota y reconstruir los efectos o perturbaciones (físicas o químicas) que se hayan llevado a efecto en el pasado geológico del área en exploración. Otra finalidad principal de las secciones es el proyectar barrenos futuros posibles, con mayores posibilidades económicas.

#### 1. 3.- TRABAJOS PREVIOS

Dentro de la zona de estudio existen 2 trabajos antecedentes a la elaboración de este estudio, consistentes en:

- 1º- Levantamiento geológico de subsuelo y superficial, efectuado por M.H. Frohber - (1958), de Fluorspar Mines L.T.H., Onta-



rio, Canadá.

2º- Levantamiento geológico-geofísico por la Compañía Norandex Inc., Exploration Division, Noranda Group.

El primer trabajo consistió en definir las rocas del subsuelo, dentro de las obras mineras (mina "Las Cuevas") y estudiar su relación con los depósitos de fluorita; con este estudio se definieron las siguientes rocas: Sedimentos marinos, calizos, macizos, mesozoicos, clasificándolos posteriormente Alejandro Bello Barradas y Eugene G. Cserna, como sedimentos de la Formación Doctor, de edad cretácica (Albiano-Cenomaniano) y en su trabajo denominado "Estudios Geológicos en los Estados de Durango y San Luis Potosí, 1963". Rocas de composición félsica, consistentes en brechas riolíticas intrusivas (Terciario), constituyendo el respaldo suroccidental de los yacimientos de fluorita; así mismo delimitaron en el nivel 70, un cuerpo de mineral, clasificándolo como mineral compacto y mineral diseminado.

Respecto a la geología superficial, el trabajo consistió únicamente en levantar el contacto geológico entre las rocas sedimentarias y las volcánicas.

Los afloramientos locales sedimentarios co--

responden a los mismos estudiados en el subsuelo (Formación Doctor) y las volcánicas observadas en la superficie corresponden a la misma composición de las brechas intrusivas, siendo el parámetro de diferencia la génesis o relación entre ambas.

Las rocas volcánicas aflorantes constituyen derrames potentes de riolita fluidal, de textura porfirítica muy compacta y afloramientos de piroclásticos de la misma composición.

Los siguientes trabajos, estimados como previos al presente, se desarrollaron en 1971 y 1972, respectivamente.

En 1971 la Compañía Minera "Las Cuevas", S.-A., solicitó los servicios de Norandex Inc. Exploration Division, Noranda Group, para llevar a cabo el levantamiento geofísico por el método de gravimetría, el cual fue de carácter terrestre, pues las características dimensionales del depósito así lo requirieron.

Primeramente, se levantó un plano geológico con curvas de nivel para referir a éste la altura sobre el nivel del mar de cada una de las estaciones y conocer el comportamiento superficial de las rocas del subsuelo, así como la distribución de sus densidades sobre la superficie del prospecto por explorar; sirvió como guía para la inter-

pretación y obtención de la distribución de las masas yacentes en el subsuelo.

El levantamiento consistió en correr una línea base (este-oeste), partiendo de un punto (cero u origen). Se corrieron 9 estaciones hacia el este y 11 hacia el oeste; calculándose al mismo tiempo por el método topográfico de altimetría la elevación sobre el nivel del mar (de mucha importancia en gravimetría para la corrección topográfica) de las estaciones gravimétricas. Sobre cada estación este se corrieron estaciones gravimétricas hacia el sur, a intervalos de 100 m entre una y otra, arrojando 20 puntos de toma por línea - - aproximadamente, para la obtención de la gravedad local (no se corrieron estaciones hacia el norte, por ser terreno privado, del fundo "La Consentida").

Respecto a las estaciones al oeste (11) se corrieron puntos de lectura para la gravedad local hacia el norte, resultando alrededor de 316 estaciones gravimétricas. Hacia el sur de dicha línea oeste se pusieron 101 puestos, para la obtención de la gravedad local. Nota: Sobre algunos de los intervalos de 100 m se intercalaron estaciones a cada 50 m, según lo iban requiriendo las necesidades de la prospección.

Para este levantamiento se usó la densidad -

de 2.6; con ésto y efectuados los cálculos y correcciones debidas, se elaboró un plano incluyendo la línea base, las líneas este-oeste y todas las estaciones norte-sur; se trazaron las curvas de igual valor de gravedad residual, teniéndose así el comportamiento y distribución de la gravedad de las rocas del subsuelo; así mismo, se vació la interpretación estructural y zonas de anomalías.

En 1972 se repitió el trabajo (por razones desconocidas por el autor), usando ahora la densidad de 2.7 y reduciendo el intervalo entre las estaciones para la obtención de la gravedad local observada. Resultando ahora un número mayor de puntos de toma gravimétrica, las líneas fueron las mismas (9 hacia el este y 11 hacia el oeste) y estaciones norte-sur respectivamente, sobre cada línea.

Resultado: Por el mayor detalle y por ser un relevamiento el del año 1972, arrojó mayores aciertos, ya que se han verificado en el subsuelo, partiendo de obras mineras y con barrenación de diamante algunas de las zonas anómalas, previamente determinadas y levantadas por la Compañía encargada del levantamiento.

Para fines del presente trabajo nos ha serví

do de mucho este levantamiento gravimétrico, ya que en la actualidad se han corroborado anomalías basadas en la interpretación gravimétrica anterior (en el Capítulo de Barrenación se explica - cuales fueron los barrenos con el objetivo de verificar dichas anomalías).

#### 1. 4.- AGRADECIMIENTOS

El autor del presente trabajo agradece gentilmente las facilidades prestadas por la Compañía Minera "Las Cuevas", S.A., para la realización de este estudio, en particular al Sr. Ing. - Eduardo Aguilar Martínez, Superintendente de la Mina "Las Cuevas", a los Departamentos de Topografía y Geología de la misma y, a todos aquellos que desinteresadamente colaboraron en la realización del estudio.

Hago patente mi más sincero agradecimiento - al Sr. Ing. Luis García Gutiérrez, por haber aceptado la dirección de este trabajo.

De la misma manera quiero agradecer al personal de Exploración con Diamante su cooperación y particularmente al Jefe de esa Dependencia, Ing. - Pablo Rivera, por sus atinados consejos; a la Srita. Blanca Estela Rodríguez G. por los trabajos mecanográficos y, en general, a todas las per-

*sonas que de alguna u otra forma colaboraron en la realización de este trabajo.*

## CAPITULO II

## DATOS FISICOS, ECONOMICOS Y SOCIALES

II. 1.- LOCALIZACION

El área de estudio se encuentra ubicada en la parte sur-oriental del Estado de San Luis Potosí; con respecto a las sierras, se localiza dentro de la subprovincia de Sierras Bajas, en la parte sur de la provincia denominada Sierra Madre Oriental.

Cubre la superficie de  $25 \text{ km}^2$ , entre los paralelos  $21^\circ 55' 28''$  a  $21^\circ 58' 10''$  de latitud norte; y los meridianos  $100^\circ 33' 43''$  a  $100^\circ 36' 41''$  de longitud oeste del meridiano de Greenwich, aproximadamente.

La mina "Las Cuevas" se encuentra a 48 km al SE de la Ciudad de San Luis Potosí, en línea recta aproximadamente.

El área está limitada al norte por el rancho Los Lirios; hacia el sur por Cieneguilla; al oriente por Puertecito de Escobas; y al poniente por La Labor, El Ranchito y Aguazarcá.

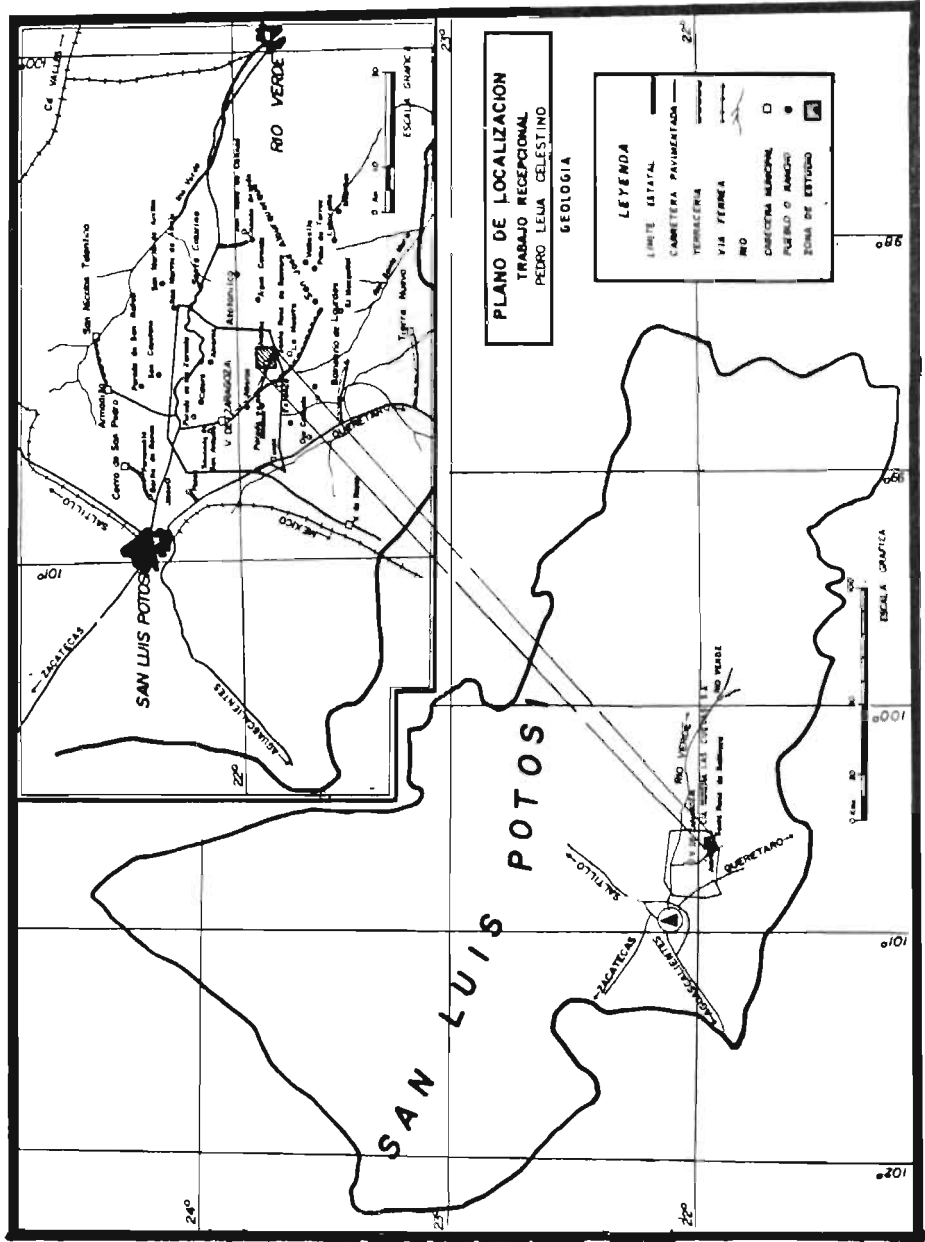
II. 2.- VIAS DE COMUNICACION

El acceso a la zona del trabajo, puede hacerse por la carretera federal 87, en el tramo que comunica la ciudad de San Luis Potosí con la ciudad de Río Verde, recorriendo aproximadamente 23 km al sureste, a partir de la capital del Estado hasta el rancho Santo Domingo; en este lugar se encuentra el entronque que, con distancia de 8 km al sur, comunica con el poblado de Villa de Zaragoza (capital del municipio de Villa de Zaragoza), todo esto por carretera pavimentada; de aquí se continúa por camino de terracería en buenas condiciones en tiempo de secas y algo dificultoso en temporada de lluvia; éste es apto para vehículos de rodada pesada o ligera, atravesando la longitud de 20 km hacia el sureste de Villa de Zaragoza y llegando úicho camino al rancho de "La Salitrera", Municipio de Villa de Zaragoza, S.L.P., donde se localizan las minas "Las Cuevas" y "La Consentida", encontrándose éstas dentro de la zona de reconocimiento.

#### COMUNICACION

El área de estudio se encuentra comunicada (en la vecindad de la mina) por vía postal. Se carece de comunicación telefónica, ya que esta extensión sólo llega hasta la población de Villa de Zaragoza. La única comunicación directa con la ciudad de San Luis Potosí es por medio de radio





transmisor de la planta de almacenamiento y embarque de la Compañía Minera "Las Cuevas", S.A. (Zona Industrial), con la mina "Las Cuevas".

### II. 3.- CLIMA Y VEGETACION

Existen cambios en el clima y vegetación en relación con los datos de la estación meteorológica de San Luis Potosí; cambios que se relacionan íntimamente con las variaciones en la topografía y su posición dentro de estos rasgos.

La temperatura, precipitación y vegetación, sufren modificaciones entre San Luis Potosí y cercanías al área de estudio, que se encuentra a 50 km aproximadamente, de la capital del Estado; esto es debido a la presencia de la Sierra de Alvarez.

Respecto a la precipitación, se puede tomar para el área de estudio como representativa la distribución de las lluvias en el área de paso de San Antonio (Estudio geológico en Durango y San Luis Potosí; geología de la parte central de la Sierra de Alvarez, Municipio de Zaragoza, Estado de San Luis Potosí. Eugene G. Cserna y Alejandro Bello Barradas), ya que ahí se localiza una estación meteorológica y se encuentra relativamente cercana al área de estudio.

Se registran 2 períodos anualmente: el seco de noviembre a abril y el lluvioso de mayo a octubre, coincidiendo los meses de precipitación abundante con los de temperaturas elevadas, siendo en el área de estudio agosto el mes más lluvioso y marzo el mes menos lluvioso.

En la ciudad de San Luis Potosí, se registra la menor precipitación (360 mm); en las partes más altas de la sierra de Alvarez 1200 mm; y para el área de estudio se calculó la precipitación media anual de 850, aproximada a la de pasc de San Antonio (530 mm).

Existen en el área otras formas de precipitación, como son: el rocío, la escarcha, el granizo y la nevada, siendo el primera el más frecuente.

La temperatura alta media anual es de  $21^{\circ}$  C y la media máxima mensual  $23^{\circ}$  C, siendo mayo el mes más caluroso. La temperatura baja media anual es de  $10^{\circ}$  C y la media mensual  $11^{\circ}$ , siendo enero el mes más frío. El promedio anual de la temperatura más alta y la más baja es de  $15^{\circ}$  C en el área de estudio.

Los vientos dominantes son los alisios, que transportan en forma de vapor el agua que, una vez condensada, se precipita en forma de lluvia.

o granizo.

La neblina es frecuente en épocas de temperaturas bajas y llega a ser tan densa que impide la visibilidad.

### VEGETACION

#### FLORA:

Todos los cambios climáticos enunciados anteriormente, se manifiestan en cambios de la vegetación. Así, la distribución de la vegetación depende de varios factores en la región de este reconocimiento: precipitación, substrato geológico, épocas del año, actividades del hombre, exposición y humedad edáfica y altura sobre el nivel del mar.

De acuerdo con esos factores y coincidiendo con Rzedowski, 1956 y 1961; Rzedowski, 1957 y con una sección a lo largo de la carretera San Luis Potosí-Río Verde [Estudio Geológico en Durango y San Luis Potosí; Geología de la Parte Central de la Sierra de Alvarez, Municipio de Villa de Zaragoza, Estado de San Luis Potosí; Eugene G. Cserna y Alejandro Bello Barradas], en el área de estudio se localizan los siguientes vegetales:

Encino - (*Quercus barbinerris*)

- Píno - (*Pinus leiophylla*)  
 Cedro - (*Juniperus Sp*)  
 Piñón - (*Pinus monophylla*)  
 Maguey - (*Agave atrovirens*)  
 Nopal - (*Opuntia tuna*)  
 Palma Samandoca- (*Yuca carnesorana*)  
 Mezquite - (*Prosopis juliflora*)  
 Pirul - (*Shinus molle*)  
 Biznaga - (*Echinocactus Sp*)

Estimados todos los factores descritos antecedentes, el área se encuentra clasificada, según la distribución de Koeppen (1948), como:

BShwg: Seco estepario, temporada de lluvias en el verano. Temperatura media anual mayor de 18° C; la temperatura máxima es anterior al solsticio de verano, la temporada más seca en invierno.

#### FAUNA:

La fauna viviente en la zona de estudio está constituida por las siguientes especies:

Roedores: ratas de campo, conejos y liebres.  
 Carnívoros: coyotes y zorras. Ofidios: predomina la víbora de cascabel; hay alicantes y chirriónes. Entre las aves existen varias clases: palomas, torcazas, huijotas, golondrinas, carpinteros. Gallináceas: codornices, faisanes, correcaminos. - -

Aves de rapiña: aguililla, gavilanes y búhos. Las de carroña: zopilotes y cuervos.

#### II. 4.- ECONOMIA

La principal fuente de ingresos de la mayoría de los habitantes de la región, es su participación en la extracción de fluorita, en las Compañías: Minera "Las Cuevas", S.A., en la mina "Las Cuevas"; y Minerales "Pennwalt", en la mina "La Consentida", respectivamente.

En los inicios de estas minas (24 años aproximadamente) los moradores se dedicaban al gambusinaje, siendo sus ingresos muy deficientes, lo cual terminó a la implantación de las Compañías mencionadas anteriormente. Gracias a la tecnificación y contratación de personal capacitado, ha aumentado la fuente de ingresos y el número de empleos para los habitantes del municipio de Villa de Zaragoza.

Secundando el trabajo minero como factor económico de la población, se manifiestan en escala mucho menor la agricultura y la ganadería.

#### AGRICULTURA

Debido a lo abrupto del terreno en que se asienta la población, los moradores carecen de terreno para la agricultura en grande escala, aprovechando sólo parcelas en terrenos nivelados y en algunas laderas, las cuales se aprovechan para el cultivo de maíz y algunos árboles frutales, como son: Durazno, manzano, higuera, membrillo y aguacate. Se aprovecha ésto como complemento en la alimentación de los pobladores. Todos estos productos se comercializan localmente.

#### GANADERIA

Generalmente las zonas ganaderas dependen directamente de la agricultura en escala considerable; por lo tanto, en la zona de estudio la ganadería se puede considerar como nula. Los habitantes se dedican a la cría de varias especies, como son: Aves de corral (gallina y guajolote); puercos de baja calidad. El ganado caprino y lanar son nulos y solamente se tienen vacas para uso doméstico.

Otra fuente de ingresos en escala pequeña es el comercio de abarrotes.

#### II. 5.- EDUCACION

En la localidad de Santa Rosa de Salitrera,-

se cuenta con una escuela primaria y secundaria de gobierno, las cuales tienen todos los grados de esas enseñanzas; tiene cada una maestros y profesionistas (de la mina "Las Cuevas") capacitados, lo cual hace que los alumnos egresen con buen aprovechamiento. El número de alumnos es de doscientos noventa y dos, aproximadamente.

Dentro del medio social, el último censo arrojó la población de ochocientos sesenta y tres habitantes, de los cuales la mayoría de las personas mayores son analfabetas y la población infantil y juvenil alfabetos.

La población estuvo ocupada en tiempos remotos por grupos guachichiles; actualmente todos los habitantes hablan castellano.

Medios de diversión: Cine, campos deportivos, ferias, exposiciones y jaripeos. La afluencia literaria es deficiente, ya que el único medio de difusión son los periódicos de la capital del estado.



## CAPITULO III

## GEOLOGIA

III. 1.- FISIOGRAFIA Y GEOMORFOLOGIA

Según la clasificación de las provincias fisiográficas de la República Mexicana (Raisz W., 1959), el área de estudio abarca una parte de la porción suroriental de la subprovincia denominada de Sierras Bajas, perteneciente a la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Oriental. Dicha subprovincia se encuentra limitada al norte y al oriente por la subprovincia de Sierras Altas; al sur, por la provincia fisiográfica Eje Neovolcánico; y al occidente, por la Meseta Central.

La parte cartografiada se encuentra en la estribación suroriental de la Sierra de Alvarez, que es un parteaguas de considerable altitud, el cual sirve de límite natural a dos cuencas hidrográficas de mucha importancia en esta zona; una de estas dos cuencas es el valle de San Luis Potosí, con altura media de 1,850 a 2,000 m.s.n.m. La otra cuenca se denomina de Río Verde, situada al este y oeste de la Sierra de Alvarez y su altura media es de 1,000 m.s.n.m. (Eugene G. Cserna y Alejandro Bello Barradas).



LOCALIZACION DEL AREA EN LAS PROVINCIAS FISIOGRAFICAS DE E RAISZ (1959)

Fisiográficamente la zona de estudio y partes aledañas, se pueden considerar dentro del ciclo de erosión joven a maduro temprano; principalmente en las partes constituidas por las rocas volcánicas - de composición silícica, que son de picachos abruptos, a diferencia de las de relieve de lomerío moderado, constituidas por piroclásticos y rocas de origen marino, de composición calcárea.

La altura media del relieve en la zona de estudio es de 2,080 m, siendo la más baja de 1,840 m y la más alta de 2,300 m.s.n.m.

#### 1. A).- OROGRAFIA

El área planificada, orográficamente se formó por el levantamiento de los sedimentos marinos, a consecuencia de la Revolución Laramídica a fines - del Cretácico Superior y principios del Terciario; aunado a esto, el intenso vulcanismo de gran parte del Terciario.

Consiste de cerros arredondados, formados por sedimentos marinos calcáreos y material piroclástico; sierras alargadas de pendientes mayores que -- forman cañones profundos, compuestos por rocas de origen volcánico. El cerro más notable por su altura, es el cerro del "Organo", que consiste de riolita de estructura columnar y tiene elevación de -

2,295 m.s.n.m.

La formación de todos los cerros, cordilleras y demás rasgos físicos, tal vez también se llevó a cabo por el levantamiento de los sedimentos marinos mesozoicos, a causa de intrusiones mayores profundas, ya que en el área de estudio no aflora ningún intrusivo de dimensiones considerables al que se le atribuya el levantamiento de las rocas marinas. Solamente existen en el área (mina "Las Cuevas") intrusiones menores de material porfídico, al cual no se le atribuye o considera formador de los rasgos físicos, por lo reducido de su escala. Otro factor formador de la topografía existente fue el vulcanismo, ya que las zonas de mayor altura consisten de material efusivo, como: andesitas, riolitas y material piroclástico.

#### 1. B).- HIDROGRAFIA

Localmente la red hidrográfica es de tipo dendrítico, marcándose más en las rocas volcánicas, sobre todo en material tobáceo.

Los arroyos llevan agua solamente en épocas de lluvia, estando secos la mayor parte del año. Todo el desagüe dentro de la zona es juvenil, de corriente rápida y las aguas meteóricas se pierden en parte por filtración y evaporación. El único

arroyo de aguas calmadas y también de temporal, es el arroyo de La Salitrera, el cual es afluente del río de Santa María y corre en dirección oriente-poniente.

Regionalmente el desagüe consiste en dos sistemas principales: El primero fluye en dirección - al oriente, hacia la cuenca de Río Verde; y el segundo corre hacia el poniente, a la cuenca de San Luis Potosí, la cual es endorreica.

#### 1. C).- GEOMORFOLOGIA

Las sierras de la región y en la zona de estudio son alargadas, preferentemente con orientación NE-SW. Se presentan picachos y zonas de escarpas - donde los fenómenos de la denudación han sido más severos, y formas arredondadas de lomeríos suaves, en rocas de menor resistencia a los agentes físicos y químicos.

Regionalmente, en las partes altas se observa alineamiento de ejes de anticlinales; en cambio, los sinclinales se observan en las partes bajas. - La altura máxima de las formas del relieve en la zona de estudio es de 2,300 m.s.n.m., siendo 1,840 m.s.n.m. la elevación más baja.

Geomorfológicamente, el área de estudio se en

cuentra en el estado de juventud a madurez temprana. La topografía presenta rasgos que manifiestan etapas avanzadas en el ciclo de erosión; esto sobre todo en las rocas calcáreas, que presentan sumideros y agrietamiento, presentando topografía kárstica hacia el norte del área planificada, en la cual se observan algunas dolinas.

En cambio, las partes más elevadas son en forma de picachos y zonas de escarpas, sobre todo en riolitas de estructura columnar. Dentro de estas sobresale el cerro del "Organo", con altura de 2,295 m.s.n.m.

Los arroyos que cruzan el área lo hacen sin mostrar dirección preferente, siendo el tipo de de sagüe dendrítico, el cual presenta pendientes grandes en las partes altas, debido a su juventud erosional, y en las partes más bajas son de caudal más lento. Entre éstos se encuentran: el de La Salitrera y el de Juárez, siendo los principales que cruzan el área planificada. Todos son de régimen intermitente, llevando aguas sólo en épocas de lluvia, estando secos la mayor parte del año. El agua de lluvia no es retenida en la superficie, filtrándose rápidamente y por otra parte la evaporación influye grandemente en la desaparición del agua superficial.

### III. 2. A).- GEOLOGÍA REGIONAL

La mayor parte de la información para cubrir el desarrollo de este tema, fué obtenida del trabajo realizado por Eugene G. Cserna y Alejandro Bello Barradas (Geología de la Parte Central de la Sierra de Alvarez, Municipio de Villa de Zaragoza, Estado de San Luis Potosí).

La parte sur-central del estado de San Luis Potosí, está comprendida regionalmente por dos regiones geológicas importantes en México. La primera de ellas es la Mesa Central, que se localiza al poniente de la zona en reconocimiento; y la segunda es la Sierra Madre Oriental, que se extiende en dirección NNW-SSE.

La Mesa Central está constituida por pliegues modificados por fallas normales, los cuales están separados por amplios valles. Todos estos pliegues fueron formados en sedimentos mesozoicos marinos de edad jurásica y cretácica, los cuales consisten de calizas, calizas arcillosas, areniscas y lutitas. Los estudios de la secuencia estratigráfica y las relaciones tectónicas, se estudiaron en pocos lugares y se sabe que la deformación que dió origen a las estructuras plegadas, se llevó a cabo a principios del Terciario, al cual siguió un largo período de erosión, fallamiento en bloques y sedimentación continental. Después de -

todos estos acontecimientos, se llevó a cabo un período de vulcanismo, teniendo principalmente como producto material riolítico, el cual cubre en parte las estructuras plegadas mencionadas anteriormente. El último período o acontecimiento geológico, consistió en erosión, principalmente de los terrenos volcánicos, la cual ha sido acompañada por fallamiento en bloques. Además se presentan extrusiones de material máfico, consisten en derrames basálticos, los cuales al ser erosionados han formado peniplanicies de suelos máficos.

La Sierra Madre Oriental está constituida por una cordillera de montañas alargadas, las cuales consisten también de sedimentos marinos mesozoicos con rumbo general NNW-SSE, consistentes en calizas, calizas arcillosas, calizas carbonosas, lutitas y areniscas. Los sedimentos fueron acumulados en un geosinclinal, que tenía caracteres de autogeosinclinal, durante el Argoviano-Neocomiano; de un miogeosinclinal en el Albiano-Cenomaniano; y de un exogeosinclinal, durante el Turoniano-Paleoceno (Kay, 1951). El plegamiento de estos sedimentos se efectuó durante el Eoceno y resultó con la formación de anticlinorios y sinclinorios complejos. El plegamiento fue seguido por fallamiento en bloques y erosión. Parece que el vulcanismo terciario riolítico que afectó a la Mesa Central no se intensificó ni extendió de manera importante al oriente, hacia esta provincia, pero



la presencia de derrames basálticos si atestigua - la actividad volcánica hacia el final del Cenozoico en la Sierra Madre Oriental.

## 2. B).- GEOLOGIA LOCAL

### ROCAS SEDIMENTARIAS:

Localmente, la zona en reconocimiento está - constituida por rocas marinas mesozoicas del Albiano-Cenomaniano, pertenecientes a la Formación El Doctor (Wilson, Hernández y Meave, 1955, Distrito Minero El Doctor, Qro.); posteriormente Bodenlos - (1956) identificó esta unidad al norte de la localidad tipo.

Los sedimentos marinos están bien consolidados, formando bancos y capas de espesores variables, que van desde unos cuantos centímetros hasta 40 y 50 cm de espesor; presentan horizontes muy fósilíferos; son calizas criptocristalinas, de color grisáceo, intemperizándose a colores crema, crema pálido, gris y gris oscuro; presentan líneas de calcita blanca.

Se extienden hacia la parte norte y norte-occidental del área de estudio y se localizaron los siguientes fósiles: Baculites Sp, Turritella Sp, Hippurites, Seudorbitoides (redondos), Lepidorbis

toides (alargados), (Vázquez Rosillo).

#### ANDESITAS:

Localmente se presentan afloramientos de rocas de composición intermedia, consistentes en andesitas, que suprayacen directamente a las rocas descritas anteriormente. Se observan sobre todo en los arroyos, presentándose a manera de corrientes lávicas. Tienen textura porfirítica de grano fino y matriz vítrea, con fenocristales de hornblenda y algunas micas; son de color verde oscuro a claro, presentando color gris claro de intemperismo. En las cercanías de los sedimentos marinos se encuentran las juntas con relleno de carbonato de calcio y algunas fracturas están propilitizadas. Las corrientes se han localizado preferentemente hacia la parte sur del área en reconocimiento. El espesor medio medido en el área va en acunamiento, desde unos cuantos metros hasta 100 m de espesor en las partes más altas.

#### RIOLITAS:

Cubriendo los derrames andesíticos se extiende hacia el sur, sur-poniente y sureste una serie de derrames de composición riolítica de estructura columnar, compacta, textura porfirítica y matriz -

vítrea, con fenocristales de cuarzo y sanidina en matriz afánítica de ortoclasa y sanidina. Su color es rosado, con tonalidades de gris a pardo y se intemperizan a colores violáceos.

Dentro de esta área de emplazamientos riolíticos se observan intercalaciones de vitrofiro, en los cuales se observan claramente cristales orientados que marcan la dirección del flujo cuando éstos fueron emplazados; su color es de pardo a pardo oscuro y son muy ligeros; tienen pocos metros de espesor.

#### BRECHA INTRUSIVA:

Sobre las márgenes de arroyos y obras mineras aledañas a la mina "Las Cuevas", se pueden observar estructuras de carácter brechoide, de composición riolítica (antemineralización). Contienen fragmentos angulosos que varían desde unos cuantos centímetros hasta bloques de 50 cm, los cuales no guardan orientación preferente. Sus colores son claros y tienen textura porfirítica gruesa, con fenocristales de feldespato, los cuales se encuentran muy caolinizados; el tamaño de los fenocristales es variable, habiéndolos hasta de 6 mm. Se han localizado esas estructuras en obras profundas, en contacto con las rocas sedimentarias y se les puede definir como brechas in-

trusivas. Algunas veces se presentan cuerpos brechoïdes (postmineralización) compuestos por fragmentos de riolita, andesita, caliza y fluorita, en matriz arcillosa y riolítica; por otra parte, los fragmentos son menos angulosos, encontrándose algunos redondeados; su tamaño es variable, de unos cuantos centímetros hasta bloques de 40 y 50 cm; son de colores claros y rojizos.

#### TOBAS:

Estas se localizan en las partes bajas de los derrames riolíticos. Consisten en una sucesión de materiales piroclásticos, que se encuentran en estados diversos de consolidación; presentan color rosado claro a crema y tienen espesores variables. Su composición puede ser riolítica, encontrándose de composición andesítica.

#### CALICHE:

Este se localiza directamente encima de las calizas, las cuales son muy porosas; por solubilidad y por evaporación capilar, depositan carbonato de calcio en la superficie, formando costras de caliche de color blanco y crema, con tonalidades rojizas. El espesor del caliche es variable, alcanzando en promedio 2.50 m.

### MATERIAL ALUVIAL:

Finalmente, se encuentran en los lechos, márgenes y cambios de cursos de los arroyos y en algunas superficies horizontales, acumulaciones de material de acarreo no consolidado o semiconsolidado, de cantos rodados de diferentes composiciones, mal cementados por material arcilloso.

### 2. C1.- GEOLOGIA DEL SUBSUELO

Las rocas localizadas en el subsuelo, han sido observadas directamente en obras mineras (mina "Las Cuevas") y por medio de barrenación con diamante.

Todas estas observaciones han mostrado la secuencia geológica observada en la superficie local y regionalmente en parte; esto es debido al gran espesor de las unidades litológicas reconocidas.

En el subsuelo se ha observado una serie de sedimentos marinos, macizos, de carácter arrecifal, los cuales corresponden a la misma Formación El Doctor (Wilson, Hernández y Meave, 1955, Distrito Minero El Doctor, Qro.). En obras mineras como "Las Cuevas", se le ha observado con horizontes muy fosilíferos, consistentes en macrofósiles, dentro de los cuales fueron identificados algunos mo-

lucos y protozoarios, por ejemplo: *Baculites* Sp., *Turritella* Sp, *Hipurites* Sp., (rudistas), *Seudorboides* (redondos) y *Lepidorbitoides* (arredondados y alargados), (Vázquez Rosillo).

La formación no presenta estratificación y es de estructura maciza, textura criptocristalina, de color gris claro, con estilolitas de calcita. En los contactos con las rocas volcánicas y mineralización, se le observa recrystalizada a calcita de color blanco y tiene, en algunas ocasiones, tonalidades grises claras y blanquecinas.

Hacia la parte norte de la mina "Las Cuevas" la formación si tiene estratificación, lo cual sugiere un cambio de facies. Las capas en esta zona van desde unos cuantos centímetros, hasta capas medianas, de 40 y 50 centímetros de espesor; también son criptocristalinas, de color gris claro, que se intemperizan a colores crema y crema pálido.

#### ANDESITAS:

Con las obras directas en la zona de estudio, se ha confirmado que existe hacia el sur una gran corriente andesítica, la cual se ha observado en contacto con caliza y mineralización de fluoruro de calcio. Es de color verde oscuro y textura porfirítica, de grano fino en matriz vítrea; contiene

algunos fenocristales de plagioclasa tabular y menor cantidad de hornblenda y mica. Tiene juntas, - las cuales están rellenas con carbonato de calcio. Su espesor en las partes bajas es pequeño, pudiéndose medir en la parte más alta; tiene como promedio 90 m de espesor.

#### RIOLITA:

En el subsuelo la riolita tiene poco espesor, como 50 m de promedio cerca del contacto con las - rocas calcáreas, aumentando hacia la parte sur y - surponiente del área planificada. Son derrames de estructura columnar, compactas cuando no se encuentran muy alteradas y deleznales cuando lo están; - las juntas y diaclasas tienen diferente orienta- - ción. Son de textura porfirítica, con fenocrista- - les de cuarzo y sanidina en matriz afanítica; son - de color gris claro y rosado y son las rocas domi- nantes superficialmente en el área.

#### BRECHA Y RIOLITA INTRUSIVA:

Estas se localizan en contacto con la minera- lización, así como intrusionándola; se comportan - como cuerpos intrusivos tabulares dentro de la for- mación sedimentaria.

La explicación de como han sido emplazadas, es la siguiente: Las fisuras, fracturas y fallas preexistentes en los sedimentos calcáreos, de diferentes magnitudes (1 cm hasta varios metros), fueron ensanchadas por la inyección de brecha riolítica y riolita porfirítica en algunos casos; por otra parte, la presión hidrostática del material en fusión, superó la presión litostática de los sedimentos marinos invadidos, formándose así emplazamientos riolíticos hipabisales.

La mecánica de estos emplazamientos, al romperse el equilibrio litostático al ir avanzando el material de intrusión, va separando las paredes elástica o plásticamente, consolidándose posteriormente el material introducido. Por otro lado, se pudo dar el caso de que las fracturas preexistentes fueran abiertas por fuerzas tensionales y en este caso el magma fluyó sin esfuerzo en la cavidad; por otro lado, si no hubo fuerzas, el magma relleno la fractura por inyección forzada (Billings)

#### RIOLITA INTRUSIVA:

Es porfirítica con fenocristales de feldespatos, color blanco muy alterados (caolinizados), textura no compacta, deleznable, de color gris claro a pardo; esta riolita intrusiva suele ser más sódica que la riolita extrusiva, que es más potásica.



Los diques suelen ser pequeños, habiéndolos de varios metros. En cambio, la brecha intrusiva está más extendida en la zona de contacto, teniendo gran extensión. Contiene fragmentos angulosos de composición riolítica de color gris a rosado, las que van desde unos cuantos centímetros hasta bloques de 40 y 50 cm. Se le considera como brecha riolítica intrusiva (antemineralización). Por otra parte, se localizó en algunas zonas una brecha no heterogénea en su composición (postmineralización); contiene fragmentos menos angulosos, encontrándose algunos con bordes arredondados.

Los fragmentos contenidos en esta brecha son de caliza, andesita, riolita extrusiva, riolita intrusiva, calcita y fluorita; todos ellos contenidos en matriz arcillosa y riolítica, presenta coloraciones claras y rojizas.

#### CALCITA:

Esta se localiza cerca de los contactos con la mineralización y en drusas de calizas y cavidades cercanas a las brechas. Es de color blanco a rosado y en ocasiones casi transparente.

#### LODO:

Este se presenta rellenando fracturas y fallas y se le observa con mayor frecuencia y abundancia en contactos y más aún en cavidades de disolución de diferentes medidas. Presenta diferentes fases de compactación, encontrándose en ocasiones consolidado; es pastoso combinado con el agua y su color es pardo, castaño y rojizo; se cree que ha sido introducido por aguas meteóricas filtrantes en los rellenos y por fricción en las fallas.

#### FLUORITA:

Es un depósito que se encuentra entre el contacto de rocas volcánicas intrusivas y sedimentos marinos calcáreos; forma un cuerpo de reemplazamiento y relleno de cavidades; la fluorita es compacta casi en su totalidad, habiéndola de textura sacarosa en algunos sitios del depósito. Su color es rosado, oscuro, castaño y azulado; es fosforescente.

## 2. D].- GEOLOGIA ECONOMICA

El distrito minero de Villa de Zaragoza ha sobresalido notablemente, sobre todo en los últimos años, gracias al incremento en la producción de la Compañía Minera "Las Cuevas", S.A., la cual

es la principal fuente de explotación del Distrito, ya que ha venido de menos a más, explotando cerca de 300,000 toneladas anuales, de las cuales más de 100,000 toneladas son concentradas al grado ácido. El tonelaje sobrante es de grado metalúrgico. Estos datos, comparándolos con los de las demás compañías que se dedican a la explotación de espato flúor, equivale al 50% más o menos de la producción nacional de fluorita.

Dentro del distrito minero de Villa de Zaragoza, se localizan otras obras de explotación de fluorita; entre las que se encuentran: La Purísima, Peña Prieta, El Herrero, La Esperanza y La Consentida. Todas estas minas, a excepción de La Consentida, han dejado de explotar espato flúor y Minerales Pennwalt, en La Consentida, casi ha agotado totalmente sus reservas aseguradas. Por lo tanto, la mina "Las Cuevas" será el único productor en años venideros en el distrito fluorífero de Villa de Zaragoza.

### III. 3.- ESTRATIGRAFIA

Las rocas más antiguas que afloran en el área en reconocimiento, son formaciones sedimentarias, las cuales son del Mesozoico y pertenecen al Cretácico Inferior (Albiano-Cenomaniano) y Cretácico Superior (Turóniano).

ERA	SISTEMA	SERIE	PISO EUROPEO	EDAD	PARTE CENTRAL DE LA SIERRA DE ALVAREZ S.L.P. (1)	AREA ESTUDIADA (2)	GUANAJUATO NORTE (3)	AREA (4)	
CENOZOICA	TERCIARIO	RECIENTE PLEISTOCENO		1	[Hatched pattern]	ALUVION	ALUVION	ALUVION	
		PLIOCENO		13		ROCAS IGNEAS EXTRUSIVAS	ALUVION ?	ROCAS IGNEAS EXTRUSIVAS	
			MIOCENO				23		RIOLITAS
		OLIGOCENO		36			TOBAS DE COLORES CLAROS		
		EOCENO		59			ANDESITAS		
		PALEOCENO		63			TOBAS ROJAS		
MESOZOICA	CRETACICO	SUPERIOR	MAESTRICHTIANO	72				CARDENAS	
			SINIENSO	CAMPANIANO		CAPAS CARDENAS			
				SANTONIANO	84				
				CONIACIANO					
				TURONIANO	90		SOYATAL	SOYATAL	AGUA NUEVA SOYATAL
			CENOMANIANO	110					
	INFERIOR	COMANANSA	SUPERIOR		EL DOCTOR	EL DOCTOR	EL DOCTOR	EL DOCTOR	
			MEDIO						
			INFERIOR	120					
		BARRADAS	APTIANO					HORIZ OTATES	
			BARREMIANO						
			HAUTERIANO						
			VALANSINIANO						
BERRIASIANO	135								

\* EDAD MILLONES DE AÑOS

1 - E. G. CSERNA Y A. B. BARRADAS, 1963.

2 AREA LA SALITRERA, MPIO. V. DE ZARAGOZA, S.L.P.

3 A. ESPINOSA G. 1976, MPM. VICTORIA GTO. (TESIS PROFESIONAL).

4 PETROLEOS MEXICANOS TABLA DE CORRELACION ESTRATIGRAFICA.



FALTA DE AFLORAMIENTO



AUSENCIA DE FORMACIONES INTERMEDIAS.

U.A.S.L.P.	
GEOLOGIA	ESC. DE INGENIERIA
TABLA DE CORRELACION ESTRATIGRAFICA	
1978	PEDRO LEIJA CELESTINO
	TRABAJO RECEPCIONAL

De acuerdo con las observaciones en el campo y comportamiento en el subsuelo, se observó la siguiente secuencia estratigráfica: Los sedimentos más antiguos corresponden a la Formación El Doctor, del Cretácico Inferior. Suprayaciendo esta unidad, descansa a través de un contacto transicional, la Formación Soyatal, del Cretácico Superior, la cual no aflora en el área de estudio, pero se le observan escasos remanentes de su transición.

En el Terciario empieza la actividad volcánica, consistente en intrusiones riolíticas y emanaciones volcánicas riolíticas, andesíticas y piroclásticas, las cuales descansan en discordancia angular sobre los sedimentos marinos mesozoicos.

Finalmente, el Cuaternario es el testigo de los últimos acontecimientos geológicos en el área. Se encuentra representado por material de acarreo de diferente composición.

### 3. A).- MESOZOICO

#### SISTEMA CRETACICO:

##### FORMACION EL DOCTOR.-

Esta unidad aflora en gran parte del área en reconocimiento. Su base en obras directas no se ha

conocido y su cima cambia a la Formación Soyatal, - a través de un contacto transicional.

La Formación El Doctor fue definida por B. W. Wilson, J. P. Hernández y E. Meave (1955), al estudiar las cercanías del distrito minero El Doctor, - el cual se localiza al oriente en el estado de Querétaro. Consiste en depósitos arrecifales de grano grueso, en capas gruesas de edad albiana.

En el área Bernal-Jalpan, del estado de Querétaro, Segerstrom (1961) empleó el nombre de El Doctor, para una secuencia de calizas muy variada, - tanto en composición y espesor como en edad, abarcando desde el Albiano Temprano hasta el Cenomaniano Temprano. En esa área de Bernal-Jalpan (Querétaro), el espesor en la parte noroccidental es de 15 a 30 m; mientras que en la parte suroriental alcanza hasta 1500 m de espesor. Segerstrom dividió la formación en tres unidades: A, B y C.

En el área en reconocimiento aflora (en las - zonas aledañas a la mina "Las Cuevas") esta formación; en la parte sur del área no presenta estratificación, por lo tanto es de estructura maciza, - textura criptocristalina de color gris claro a - blanquecino, con estilolitas de calcita de color - blanco. Se han localizado zonas de caliza muy fósilífera (coquinoidea) y caliza de oolitas; algunas - de estas capas dan aspecto de textura gráfica. Su -

base no se ha conocido con obras directas en la mina y su cima cambia transicionalmente a la Formación Soyatal, la cual se extiende hacia la parte noroccidental del área.

Al norte del área planificada se localiza la caliza con estratificación, en capas que van desde unos cuantos centímetros, hasta 40 y 50 cm de potencia. Son de color gris claro y gris oscuro, con textura criptocristalina. La presencia de estratificación sugiere un cambio de facies en la formación.

#### FORMACION SOYATAL:

Fue nombrada por Wilson en 1955, en la parte central-oriental del estado de Querétaro, donde comprende rocas sedimentarias del Cretácico Superior (Turoniano).

Anteriormente White (1948), cartografió y describió esta unidad, en el distrito minero de Soyatal, sin que la haya definido formalmente.

Bondelos (1955), empleó este nombre para estratos de edad turoniana, que alcanzan aproximadamente 150 m de espesor; consisten en calizas de color gris oscuro, interestratificadas con lutitas calcáreas; en la región que se extiende hacia el po-

niente de Zimapán y Jacala, en el estado de Hidalgo. Estas unidades sedimentarias tienen la particularidad de partirse en lajas delgadas, a lo largo de planos que son de color rojizo. En el área de Bernal-Jalpan, Segerstrom (1961), definió la Formación Soyatal de edad turoniana y coniaciana.

En la Sierra de Alvarez, la Formación Soyatal, Eugene G. Cserna y Alejandro Bello Barradas (1963), la definieron como una secuencia de calizas que alternan con lutitas y pedernal, sobreyaciendo directamente a la Formación El Doctor.

Esta unidad queda fuera del área de trabajo, pero se han localizado vestigios de transición en el extremo noroccidental del área planificada, y presentan alternancia de capas de calizas color gris claro y gris oscuro, con capas de lutitas calcáreas de color pardo y rojizo; las capas son medianas generalmente, observándoseles laminares, sobre todo en horizontes de calizas bituminosas. Transicionalmente la Formación Soyatal sobreyace a la Formación El Doctor.

### 3. B).- CENOZOICO (TERCIARIO-CUATERNARIO)

#### TERCIARIO:

Está representado por rocas de origen volcáni-



co de composición diversa. Se extienden por toda la parte suroccidental y suroriental del área reconocida. Se les puede observar como remanentes erosionados en áreas de sedimentos marinos.

#### ANDESITAS:

Se extienden hacia la parte sur del área de estudio. Se les observa en contacto directo con calizas. Se les puede ver también en cortes de arroyos, donde se presentan muy alteradas por acción de las aguas. Su comportamiento es de derrames lávicos. Son de color verde oscuro cuando no están intemperizadas y de color claro cuando lo están. Tienen textura porfirítica de grano fino y matriz vítrea; contienen cristales tabulares de plagioclasa (andesina) y algunos de hornblenda y mica, todos éstos en matriz afanítica. Su espesor es variable, teniendo unos cuantos metros en las partes bajas, hasta 60 y 90 m de espesor. En los bordes de los contactos las juntas y diaclasas se encuentran rellenas de carbonato de calcio de grano fino y color blanco. Estos depósitos son de probable edad miocénica (Eugene G. Cserna y Alejandro Bello Barradas).

#### BRECHA INTRUSIVA:

Se emplaza a manera de diques y chimeneas de diferentes magnitudes; contiene fragmentos angulosos de composición riolítica, de color gris claro y violáceo, en ocasiones con tonalidades pardas. Los fragmentos son de varias medidas, desde unos cuantos mm hasta bloques de 40 y 50 cm. Tienen textura porfirítica gruesa, con fenocristales de feldespato, el cual se encuentra muy caolinizado. Se le considera como medio físico del transporte de los fluidos que dieron origen a la mineralización. También se localizó una brecha postmineral, de fragmentos menos angulosos, algunos con bordes arredondados, de diversas composiciones; andesítica, riolítica, calcárea y fluorita, todos en matriz arcillosa y riolítica.

#### RIOLITA:

En las zonas aledañas a la mina "Las Cuevas", las riolitas tienen poco espesor, aproximadamente 50 m de promedio, el cual aumenta hacia el sur del área. Son derrames con estructura columnar, maciza, compacta, aunque hay zonas en las cuales se observa muy alterada y es deleznable. Las juntas y diaclasas tienen diferentes orientaciones; preferentemente son verticales, aunque las hay horizontales. La riolita es de textura porfirítica, con fenocristales de cuarzo y sanidina en matriz afanítica. Es de color gris a violáceo y rosado;

en ocasiones se le puede observar con estructura vesicular. Se ha localizado en el subsuelo una riolita más sódica, la cual es intrusiva, con fenocristales de feldespato de color blanco, muy alterado y de color gris a violáceo. Cerca de la superficie se localizó un vitrofiro de color oscuro y probable composición riolítica, en el cual se observa claramente alineamiento en los cristales, que marcan la dirección del flujo cuando se depositó.

#### MINERALIZACION:

El depósito se encuentra en contacto entre rocas intrusivas y sedimentos marinos calcáreos. Es un cuerpo de reemplazamiento y relleno de cavidades. La fluorita es compacta casi en su totalidad, encontrándose zonas donde es deleznable, con textura sacaróide; es de color rosado, oscuro, castaño y violáceo. Se le considera también de edad terciaria.

#### MATERIAL PIROCLASTICO:

Se localiza en las partes bajas de los derrames riolíticos; tiene diferentes estados de consolidación y es de poco peso; sus colores son claros. Es el único material expelido aéreamente de un conducto volcánico en la localidad. Se le observa co-

mo tobas soldadas y tobas poco consolidadas, algo delezna**bles**. Su composición es principalmente riolítica, aunque lo hay también de composición intermedia.

Considerando la naturaleza erosionada de las rocas volcánicas y la correlación que guardan, aparentemente, con los demás depósitos volcánicos y continentales terciarios y cuaternarios del valle de San Luis Potosí, todas las rocas volcánicas descritas anteriormente son del Terciario y probablemente se depositaron durante el Mioceno [Eugene G. Cserna y Alejandro Bello Barradas].

#### CUATERNARIO:

Está formado por caliche y depósitos aluviales.

#### CALICHE:

Se localiza directamente encima de la superficie de las rocas calcáreas, las cuales, por su solubilidad, son de alta porosidad secundaria y por evaporación depositan carbonato de calcio en la superficie, formando costras de espesores variables, teniendo como promedio 2.5 m. Preferentemente se han localizado en las cercanías de la mineraliza-

ción de fluoruro de calcio y cerca de contactos - entre rocas volcánicas y sedimentarias.

#### MATERIAL ALUVIAL:

Dentro del área no se localizan depósitos - aluviales de mucha extensión, por lo abrupto del terreno, aunque en las partes bajas y planas, se concentran suelos residuales de diferentes composiciones y sobre las márgenes de los arroyos se acumulan materiales de arrastre, de diferentes tamaños y diversas composiciones.

#### III. 4.- GEOLOGIA ESTRUCTURAL

Estructuralmente existen en el área de estudio 2 tipos generales de unidades litológicas: marinas y continentales. Las unidades marinas están formadas por sedimentos calcáreos, los cuales en algunas zonas se encuentran topográficamente más elevadas que las continentales. La Revolución Laramide, de fines del Cretácico y principios del Terciario, produjo movimientos que dieron lugar a la formación de plegamientos, fallas y fracturas, responsables de los principales rasgos estructurales en esta unidad sedimentaria.

La orientación preferente del fallamiento en

esta zona es NW-SE y el comportamiento de las fallas se desconoce; la única falla de la cual se tienen evidencias directas es la que sirvió de control físico a la mineralización en la mina "Las Cuevas", la cual tiene orientación N  $48^{\circ}$  W y buza de  $40^{\circ}$  a  $50^{\circ}$  hacia el noroeste; esta falla se ha considerado como inversa.

El plegamiento en esta unidad en la zona no fué tan intenso como se observa hacia el noroeste y el noreste de la zona de estudio (La Calera, Cerro de San Pedro, El Milagro, San Francisco y otras zonas); sin embargo, se pudieron observar en cortes de arroyo plegamientos que forman anticlinales y sinclinales y pliegues menores recostados del tipo chevron, con diferentes orientaciones en sus ejes, teniendo preferencia hacia el NW. Las tensiones que originaron estos plegamientos predominantemente han sido compresionales, sin descartar los tensionales, aunado a éstos los empujes verticales de esta unidad. Los esfuerzos de compresión, tal vez fueron del SW al NE.

El fracturamiento y la deformación se destacan sobre todo en los límites de la zona mineralizada.

Al norponiente del área planificada, la Formación Soyatal suprayace a la Formación El Doctor en forma transicional; mientras que al norte y NNE,

se extiende la formación, únicamente interrumpida - en la superficie por depósitos de origen volcánico.

La otra unidad considerada como continental, es de origen volcánico y descansa en discordancia angular sobre los sedimentos marinos más antiguos. El contacto entre estas dos unidades en la superficie y subsuelo tiene orientación al NW-SE. Hacia el norte, norponiente y suroccidente, la unidad volcánica se observa como remanentes de erosión depositados directamente sobre la unidad sedimentaria. En el subsuelo la unidad volcánica tiene carácter intrusivo, cortando los sedimentos en cuerpos tabulares no uniformes, de espesores variables.

Dentro de esta misma unidad volcánica, se localizan varias etapas de depósito de material volcánico de composición andesítica, riolítica y piroclástica, el cual, en el contacto con la unidad sedimentaria, es de pocos metros de espesor, el que aumenta considerablemente hacia el sur, surponiente y suroriente, que es la zona hacia donde se extiende esta unidad volcánica regionalmente. El fracturamiento de esta unidad es más intenso y se localiza en las juntas y diaclasas de diferentes magnitudes, que preferentemente son en el sentido vertical.

### III. 5.- HISTORIA GEOLOGICA

La historia geológica de la región se interpreta con datos recabados de las informaciones y evidencias que provienen de las regiones circundantes, así como en lo particular del estudio del área, de los afloramientos observados y de las relaciones estructurales que estos afloramientos guardan entre sí.

No existen datos directos para conocer la naturaleza del basamento en el área de estudio, ni en áreas inmediatamente circundantes.

Los acontecimientos e historia geológica del área, comienzan en la Era Mesozoica, en el Cretácico Inferior, durante los principios del Albiano. En condiciones marinas normales, después de una transgresión hacia el poniente y el norte, hubo hundimiento a lo largo de numerosas fallas; movimientos repetidos a lo largo de estas fallas y temblores asociados, causaron el deslizamiento hacia abajo de los sedimentos todavía no consolidados y a su vez formaron depósitos con estratificación gradual. El ladeo de la superficie de depósito produjo estructuras de deslizamiento (Eugene G. Cserna y Alejandro Bello Barradas).

En el área de estudio la estructura es maciza en parte y con estratificación compacta por otra, lo que sugiere un ambiente de depósito normal, formado por debajo del nivel del oleaje, ya que no se



observan estructuras de turbulencia, ni brechas de derrame de lodo submarino.

Todos los movimientos mencionados anteriormente facilitaron el depósito de los sedimentos calcáreos de tipo arrecifal [que también se encontraron en el área de estudio] de la Formación El Doctor, dentro de la Plataforma Valles-San Luis Potosí.

Durante la misma era, pero en el Cretácico Superior [Turoniano-Coniaciano], se origina un cambio en el arreglo tectónico de la cuenca de sedimentación y se origina un ambiente nuevo de depósito, con la introducción a la cuenca de sedimentación de limo y arcilla, que, combinados con carbonato de calcio, dieron origen a las capas delgadas de lutitas calcáreas, calcarenitas, calcilutitas y limolitas de la Formación Soyatal. Debido a los disturbios orogénicos de la Revolución Laramide, que elevaron los terrenos de la Formación El Doctor, hubo un cambio en la sedimentación de calizas y aparece fuera de la zona de estudio, transicionalmente por no depósito, la Formación Soyatal.

Al proseguir las deformaciones de la Revolución Laramide, la sedimentación cesa y los sedimentos son comprimidos y deformados por fuerzas que tal vez actuaron del SW al NE, plegándolas cóncava y convexamente.

Durante el Mioceno la actividad volcánica y una serie de intrusiones, que dieron origen a la mineralización, crearon nuevas perturbaciones en los sedimentos preexistentes, produciendo fracturamiento y fallamiento en los mismos.

Al terminar las perturbaciones de la Revolución Laramide, sigue un largo período de erosión, acumulación de suelos residuales, depósitos aluviales y depósitos de carbonato de calcio en forma de caliche.

### III. 6.- YACIMIENTOS MINERALES

Algunas de las minas del distrito minero de Villa de Zaragoza se encuentran dentro del área de estudio; por orden de importancia son: "Las Cuevas", "La Consentida", "La Esperanza" y "El Herrero". Aproximadamente a 3 km al noroccidente y fuera del área de trabajo, se localizan otras: "La Purísima" y "Peña Prieta", estando actualmente todas, a excepción de "Las Cuevas" y "La Consentida", abandonadas. Se hará mención sólo de las que se encuentran actualmente en actividad.

#### MINA "LAS CUEVAS"

Actualmente es el principal productor de espato flúor en el distrito minero de Villa de Zaragoza.

za. El depósito se localiza en las calizas de la Formación El Doctor y constituye un depósito macizo de reemplazamiento metasomático casi en su totalidad y, en menor escala, relleno de cavidades y fracturas. Se ha localizado diseminación de fluorita en brecha y fragmentos compactos de diversos tamaños en brechas que se han considerado postminerales.

El depósito se alinea a lo largo de un contacto con brechas intrusivas de composición riolítica y se comporta en algunos niveles uniforme en rumbo y echado. El control de la mineralización, se llevó a cabo a través de una falla inversa, entre las calizas, quedando en contacto con las mismas brechas intrusivas riolíticas y con las andesitas.

El frente de la mineralización en el contacto reemplazó y relleno cavidades, tal vez de suroeste a noreste, resultando finalmente el depósito de reemplazamiento mencionado. La mineralización de espato flúor o fluorita, tiene como ganga sílice ( $\text{SiO}_2$ ) y calcita ( $\text{CaCO}_3$ ).

La explotación en esta mina fue en sus inicios a cielo abierto y actualmente la explotación es subterránea.

MINA "LA CONSENTIDA"

Se localiza aproximadamente 500 m al norte de "Las Cuevas" y se encuentra topográficamente más - arriba. Constituye, igualmente, un depósito de - - reemplazamiento en calizas de la Formación El Doctor, de estratificación mediana uniforme. El control físico de la mineralización se llevó a cabo - también por una falla inversa en los sedimentos cal cáreos, quedando en el contacto brechas riolíticas intrusivas, que sirvieron de medio poroso a los - fluidos mineralizantes, a través de los cuales se desarrolló un frente de mineralización, reemplazan do a los sedimentos calcáreos.

La mineralización de fluorita tiene como gan- ga sílice ( $\text{SiO}_2$ ) y calcita ( $\text{CaCO}_3$ ).

Esta mina, desde sus inicios, se ha explotado a cielo abierto y en la actualidad ha agotado casi totalmente sus reservas aseguradas, careciendo de probables y posibles.

Las minas "La Esperanza" y "El Herrero", son depósitos con las mismas características genéticas y estructurales que las mencionadas anteriormente. Se explotaron subterráneamente y se encuentran - - abandonadas en la actualidad.

Las minas "La Purísima" y "Peña Prieta", son depósitos de reemplazamiento y relleno de cavida- des, en sedimentos de la Formación Soyatal. El con

trof físico de la mineralización se efectuó a través de planos de estratificación, ya que la formación tiene horizontes arcillosos. En estos depósitos la mineralización fue selectiva, reemplazando las capas más calcáreas y menos arcillosas, dando como resultado final, horizontes muy variables en ley de espato flúor, éstos mucho más pobres en las minas mencionadas anteriormente. Los depósitos también se localizan en contacto con material riolítico y el tipo de explotación fue subterráneo.

#### 6. A).- MINERALIZACION

Todas las observaciones anteriores nos han llevado a clasificar el tipo de mineralización en las minas "Las Cuevas" y demás, dentro del grupo de los yacimientos hidrotermales de la clasificación de Lindgren. El yacimiento se clasificó como epitermal; o sea que se formó en condiciones de temperaturas y presiones bajas, ya que el depósito se emplazó muy cerca de la superficie. Según la clasificación de Lindgren para depósitos epitermales, la temperatura y presión fueron bajas.

No se tienen evidencias de un intrusivo cercano al que se le atribuya la aportación de los fluidos mineralizantes; solamente se ha encontrado riolita en intrusivos. El autor piensa que si no existe un intrusivo de dimensiones considerables y de

composición riolítica, que sea el causante directo de la mineralización en el distrito, ésta debió ser causada por las intrusiones riolíticas localizadas dentro de los sedimentos calcáreos. Tal vez hubo varias etapas de emplazamiento y a esto se debió la mineralización. Fuera del área de estudio, en dirección al surponiente, como a 15 km (cerca de San José Albuquerque), aflora un intrusivo de composición félsica, pero por su lejanía no se le puede relacionar con la mineralización del área en estudio.

La mineralización fué consecuencia de una serie de disturbios, como fallamiento, fracturamiento (porosidad secundaria) en los sedimentos calcáreos, que física y químicamente quedaron aptos para ser buenos receptores de la mineralización. Por el fallamiento y fracturamiento, se emplazaron varias etapas de material extrusivo e intrusivo riolítico y andesítico; quedando en contacto con los sedimentos marinos, una brecha intrusiva de composición riolítica, la cual se ha considerado como medio poroso para la transminación de los fluidos mineralizantes que, al ponerse en contacto con las rocas de carbonatos ( $\text{CaCO}_3$ ), formaron un frente de reemplazamiento (de suroeste a noreste) y relleno de cavidades.

El frente de reemplazamiento paró cuando las condiciones de presión, temperatura y cantidad d-

fluidos, disminuyeron. Esto explica por qué los contactos de la caliza con la mineralización de fluorita ( $\text{CaF}_2$ ), en algunas condiciones son francos, sin alteración alguna.

Se ha localizado diseminación de fluorita en la brecha intrusiva. Tal vez al paso de los fluidos mineralizantes por ésta, los feldespatos reaccionaron con el flúor, dando como resultado el mineral que se encuentra diseminado dentro de la brecha. También se han localizado fragmentos de mineral de diversos tamaños, pero el origen de éstos es postmineral, ya que en la brecha también se encuentran fragmentos angulosos de rocas riolíticas, andesíticas, de caliza, etc.

Los minerales de alteración del depósito, relacionados con la mineralización, consisten únicamente de recristalización de la caliza a calcita; aunque la andesita se encuentra propilitizada y la riolita y brechas intrusivas caolinizadas.

#### GANGA:

Los minerales de ganga que se localizan en la mineralización de espato flúor en el área son: sílice y carbonato de calcio; los cuales son separados del fluoruro de calcio ( $\text{CaF}_2$ ) por flotación, en la planta de beneficio de "Las Cuevas".

### FLUORITA:

Es un mineral no metálico; cristaliza en el sistema isométrico y se usa en las plantas siderúrgicas como fundente, para la elaboración de esmaltes, en la fabricación de ácido fluorídrico, etc.- En "Las Cuevas" se presenta con estructura compacta, de peine y en relleno de cavidades como maclas cúbicas de fluorita. Sus colores son castaño, pardo, rojizo y tono obscuro, no encontrándose el color violeta, que es tal vez formado por bombardeo radiactivo y baja temperatura. En algunas ocasiones la fluorita se presenta deleznable, como de textura sacarosa.

### 6. B).- MORFOLOGIA DE LOS YACIMIENTOS

Los yacimientos del distrito minero de Villa de Zaragoza, se encuentran entre el contacto de rocas marinas y unidades volcánicas. La forma de los depósitos es muy variable, formando cuerpos irregulares de reemplazamiento, en forma de chimeneas y horizontes reemplazados. Las capas reemplazadas conservan la estructura primaria de las rocas reemplazadas, a manera de reliquias o estructuras fósiles. En el relleno de cavidades se observan maclas cúbicas de fluorita y calcita; las drusas son comunes en los niveles superiores.



En la mina "Las Cuevas", se localiza el depósito de mayores dimensiones y mejor ley. Es un - - cuerpo alineado en contacto con brechas intrusivas riolíticas, de rumbo N 48° W y buzamiento de 40° a 50° al norponiente; tiene aproximadamente 80 m de anchura y unos 300 m de longitud.

Su profundidad se desconoce (la conocida no se puede mencionar por razones privadas de la Compañía Minera "Las Cuevas"). En los niveles explotados su perímetro es más o menos regular, siempre siguiendo el rumbo general al noroccidente. En los niveles superiores se comportó a manera de islas o apófisis, los cuales fueron explotados. En los niveles más bajos ha tomado forma unitaria, es decir, constituye un solo cuerpo.

Como se mencionó antes, se desconoce el fondo mineralógico, pero se supone que al llegar a éste no terminará bruscamente el depósito, sino que se irá acuñando hasta llegar a los conductos o accesos de los fluidos mineralizantes que dieron origen al depósito.

#### 5. C).- SECCIONES GEOLOGICO-ESTRUCTURALES

Las secciones presentadas en este trabajo fueron integradas con datos directos de obras mineras y barrenación con diamante; en algunos casos, cuan

do se careció de ellos, se dedujeron los datos según el comportamiento de las unidades conocidas. - Algunos barrenos en las proyecciones no son reales, ya que las mismas se elaboraron con una traza tal que intersecara el depósito y las estructuras relacionadas con él. La mineralización cortada por la barrenación con diamante, tampoco es fidedigna - - (por razones privadas de la Compañía); pero sí muestran el comportamiento del depósito y el encajonamiento relacionado con el mismo, así como las características de las estructuras existentes.

## CAPITULO IV

## BARRENACION

IV. 1.- INTRODUCCION

El método de obtener muestras o testigos de las rocas del subsuelo es de origen muy antiguo. Tuvo sus principios en los Estados Unidos de Norte América; su invención se debió a las inquietudes de la exploración del petróleo y al Sr. William A. Smith, perforador de la "Seneca Oil Company" - - - (1858), a quien se le puede considerar como el padre de la barrenación, con fines exploratorios.

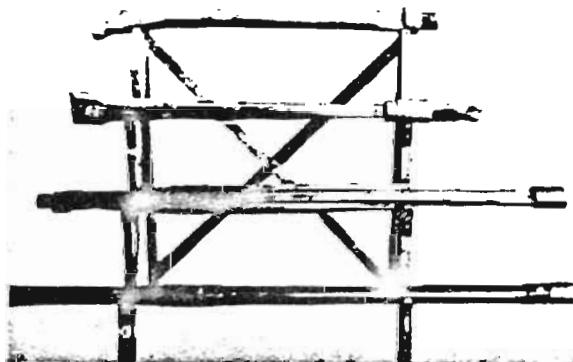
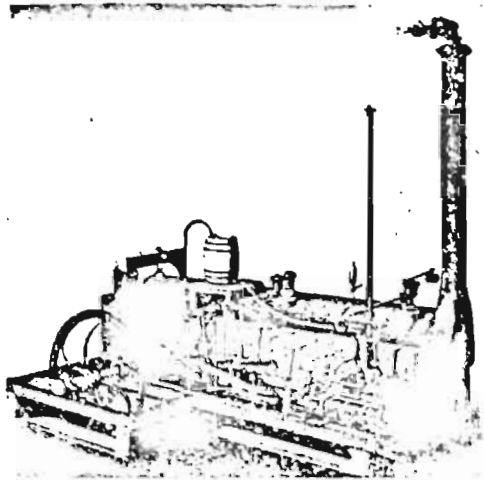
El 23 de marzo de 1858, los principales accionistas de la "Pennsylvania Rock Oil Company of New York", fundada el 30 de diciembre de 1854, descontentos por la inactividad de la Compañía, decidieron fundar la "Seneca Oil Company", siendo sus fundadores: el Dr. Francis Brewer, Lic. George H. Bissel, Dr. Dixie Crosby, Albert H. Crosby y James M. Townsend.

Debidamente legalizada la asociación, el Sr. Bissel, a quien debe considerarse como el primero en concebir la idea de buscar petróleo en Estados Unidos, contrató los servicios del Profesor Benjamin Silliman, Jr., como químico; del coronel Edwin

L. Drake, como superintendente; de William A. - -  
Smith, como perforador; y de Charles y Frank Smith,  
como ayudantes. con excepción de Silliman, los de-  
más fueron enviados a trabajar a la finca que per-  
teneciera a J. O. Angier, en el arroyo llamado - -  
"oil Creek", cerca de Titusville, Pennsylvania, -  
propiedad para entonces de la compañía.

El coronel Drake construyó una casa de máqui-  
nas, de madera y una torre del mismo material, pa-  
ra alzar las herramientas de perforación e instaló  
un motor y una caldera. Un tubo de acero fué intro-  
ducido 10.40 m a través de la arena suelta y la -  
arcilla, hasta llegar a la roca sólida. Las herra-  
mientas de perforación fueron colocadas en el inte-  
rior del tubo y a mediados de agosto comenzaron a  
perforar, logrando un promedio de 97.5 cm diarios;  
se alcanzó la profundidad de 24.40 m, cuando el ba-  
rreno cayó en una hendedura, resbalando 15 cm ha-  
cia abajo, terminando las labores del día. Al día  
siguiente William A. Smith fué a inspeccionar el  
pozo, descubriendo que tenía aceite flotando sobre  
el agua. Este pozo se llamó "Bissel-Drake" y es el  
primero que se perforó en América.

En esta perforación, el Sr. William A. Smith  
usó un motor de seis caballos de fuerza, una calde-  
ra estacionaria y barras de perforación (Petróleos  
Mexicanos: "El petróleo", México, 1971).



MOTOR DE SEIS C. F. CALDERA TUBULAR ESTACIONARIA Y HERRAMIENTAS DE  
PERFORACION USADAS POR DRAKE EN 1859

El empleo de los útiles de diamante es muy antiguo. Existen indicios de que hace miles de años los egipcios sacaron testigos de formaciones duras; sin embargo, el conocimiento de la perforación con diamante se perdió más tarde. El uso de útiles de diamante empezó de nuevo en 1862, cuando George - August Leschot, de Suiza, desarrolló la primera máquina perforadora en Europa y el útil de perforación de diamante [Longyear, "Útiles de diamante y su empleo en sondeos poco profundos"].

Es así como se inició la historia de la perforación para uso en la exploración. Primeramente tuvo como finalidad la exploración para la búsqueda de hidrocarburos [William A. Smith, 1858]. En el último siglo, se ha incrementado no sólo en la exploración del petróleo y gas natural, sino que se ha utilizado aún más en la búsqueda de yacimientos minerales de rendimiento económico, abastecimiento de aguas, estudios geológicos, estratigráficos, etc.

La finalidad de este estudio es la de mostrar de manera general los puntos más importantes básicos de la barrenación con diamante y detalles de la maquinaria utilizada en el desarrollo de la misma. También se dan a conocer los resultados de la barrenación y algunas recomendaciones. La maquinaria que se usó es marca Longyear; se usaron dos tipos o modelos de esta maquinaria: Una máquina Long

year 44 y una 24.

#### IV. 2.- MAQUINARIA

Existen varias marcas de maquinaria para barrenación de mucho uso en México: Longyear, Joy - Sullivan, Chicago Pneumatic, etc.

Muchas unidades mineras y de exploración tienen preferencia por la marca Longyear. La Compañía Minera "Las Cuevas", S.A., la utiliza y se ha usado para la exploración dentro del subsuelo y en la superficie, con buenos resultados. Para fines del trabajo presente se usaron dos tipos de máquinas - Longyear, números 44 y 24, respectivamente; todas con sistema Wire Line para recuperación de testigo. Debido a sus distintas características y su potencia, se trasladaron a los lugares en los cuales se planeó dar más cuele en los barrenos.

En seguida se dan las características generales de cada una de las máquinas utilizadas.

##### MAQUINA LONGYEAR 24

Existen tres diferentes perforadoras de este tipo:

1.- Máquina Longyear 24 - Standard con motor

de gasolina, cabezal hidráulico, malacate y montada en patines.

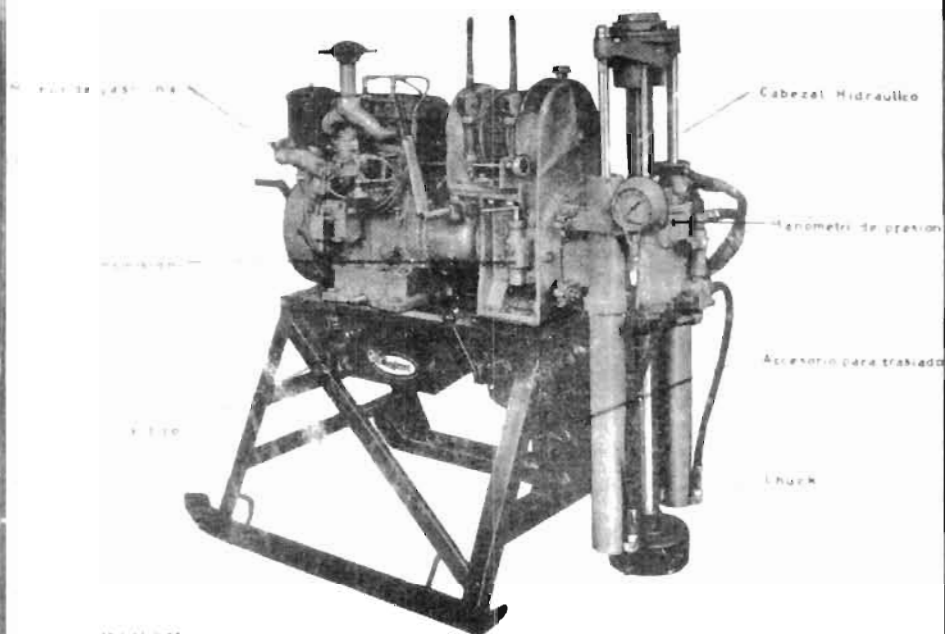
- 2.- Máquina Longyear 24-Prospector, con motor de diesel, cabezal mecánico, malacate cabeza de gato y montada en patines.
- 3.- Máquina Longyear 24-Wolverine, con motor eléctrico o de aire comprimido, montada en columna (ideal para trabajo subterráneo, por su fácil movilidad).

Todas estas máquinas son ideales para trabajos de perforación y muestreo, ya sea en la superficie o subterráneos. La selección apropiada de motor, cabezal, malacate y montadura adaptadas a cualquiera de las máquinas mencionadas anteriormente, hacen una máquina apropiada para programas de muestreo (core-drilling), inyección de cemento (grouting), muestreo de suelos (soil-sampling) o barrenación para dinamitado (blast-hole-drilling).

La máquina usada en la exploración del reconocimiento presente es del tipo Longyear 24-Prospector; pero, como se citó anteriormente, se le pueden adaptar diferentes tipos de acoplamientos, como por ejemplo: cabezal hidráulico o mecánico, malacate de tambor o cabeza de gato, montadura en patines para la superficie o de columna para el interior; el motor puede ser de gasolina, diesel, aire



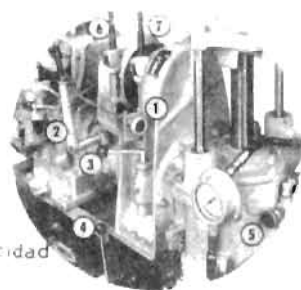
## MAQUINA LONGYEAR - 24



302141-24

### CONTROLES

- 1- Acelerador del motor
- 2- Palanca del embroque del motor
- 3- Palanca de velocidades
- 4- Palanca de control para el mov. vertical del cabezal
- 5- Válvula de control para la velocidad de avance del cabezal
- 6- Palanca del embroque del malacate
- 7- Palanca del freno del malacate.



comprimido o eléctrico.

Características de la máquina usada en el campo:

Marca Longyear 24 - Prospector.

Motor:

De gasolina, 2 cilindros, enfriado por aire, gobernado a 2200 revoluciones por minuto, para dar 12 caballos de fuerza; alcance de 250 m con barras AQ; revoluciones desde 224 a 2200.

Transmisión:

3 velocidades, tanto en perforación como en extracción con el malacate. Esta transmisión se encuentra sellada, para protegerla del polvo. Velocidad de extracción con el malacate, 48 a 249 metros/minuto.

Sistema Hidráulico:

Con bomba que da exactamente la cantidad de aceite requerido con filtro que da protección efectiva al sistema. Manómetro con escalas en libras/pulgada cuadrada (psi) y kilogramos/centímetro cuadrado; de 0 a 500 libras/pulgada cuadrada (psi) o 35 kilogramos/centímetro cuadrado.

Cabezal mecánico:

Capacidad de giro, 360°; longitud de avance, -  
20 pulgadas; lubricación con grasa en las par  
tes móviles.

Chuck:

De agarre efectivo a las barras de perfora---  
ción.

Base de patines:

Hecho de resistente acero estructural, solda-  
do y atornillado para mayor seguridad.

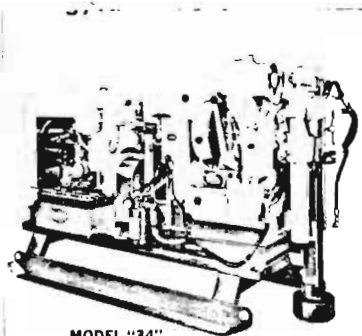
Sistema de bombeo:

De gasolina (motor), enfriado por aire, 5.4 -  
caballos de fuerza, 2900 revoluciones por mi-  
nuto, capacidad de 14 galones por minuto (53\_  
lt) y presión de 300 libras por pulgada cua-  
drada (21 kilogramos/centímetro cuadrado, en\_  
trabajo continuo).

Controles:

Están centralizados para obtener la mayor efi-  
ciencia y vigilancia del operador. En seguida  
se muestra una máquina Longyear 24 - Standard,  
con sus principales acoplamientos y controles  
generales.

Existen entre las máquinas números 24 y 44 -  
Longyear, otros dos tamaños dentro de la línea, -  
que son máquinas números 34 y 38.



**MODEL "34"**  
Shown with cathead, built-in Wire Line  
Hoist controls and retraction  
(Bulletin 1600B)

"MAQUINA LONGYEAR MODELO 34"

U. A. S. L. P.	
GEOLOGIA	ESC. DE INGENIERIA
"MAQUINARIA DE PERFORACION"	
1 978	PEORO LEIJA CELESTINO
	TRABAJO RECEPCIONAL



**MODEL "38"**  
Shown with cathead, built-in  
Wire Line Hoist and retraction  
(Bulletin 1700A)

" MAQUINA LONGYEAR MODELO 38 "

U. A. S. L. P.	
GEOLOGIA ESC. DE INGENIERIA	
"MAQUINARIA DE PERFORACION"	
1978	PEDRO LEIJA CELESTINO
	TRABAJO RECEPTACIONAL

### MAQUINA 44 LONGYEAR

Es la más grande y potente máquina de barrenación para la exploración con diamante, construida para trabajos pesados y alto rendimiento; se puede elevar a lugares lejanos, a los centros de operación y de difícil acceso; gracias a su diseño compacto da excelente relación de capacidad y peso. Se le puede adaptar motor de gasolina, diesel, eléctrico o toma de fuerza únicamente. Las máquinas pueden ser estacionarias o montadas en unidad móvil.

La máquina usada para el desarrollo de la exploración del siguiente trabajo, tiene las siguientes características:

Marca - Longyear, modelo 44.

Motor:

Eléctrico, enfriado por aire, gobernado a - -  
 1800 revoluciones por minuto, para dar 25 caballos de fuerza y tiene alcance de 4000 pies (1200 m) con barras AQ; 3100 pies (945 m) con barras BQ; y 2400 pies (730 m) con barras NQ.

Transmisión:

Tipo camión, 4 velocidades y 1 reversa, que dan diferentes velocidades a la broca en revoluciones por minuto.

**Sistema Hidráulico:**

Con bomba que da exactamente la cantidad de aceite requerido para la transmisión. Las tomas de grasa se encuentran fácilmente accesibles en varios lugares de la máquina.

**Cabezal Hidráulico:**

Con flecha exagonal de 3 pulgadas de diámetro interior y 4 pulgadas de exterior. Pistón con carrera de 24 pulgadas.

**Chuck:**

De agarre afectivo a las barras de perforación.

**Malacate Wire-Line:**

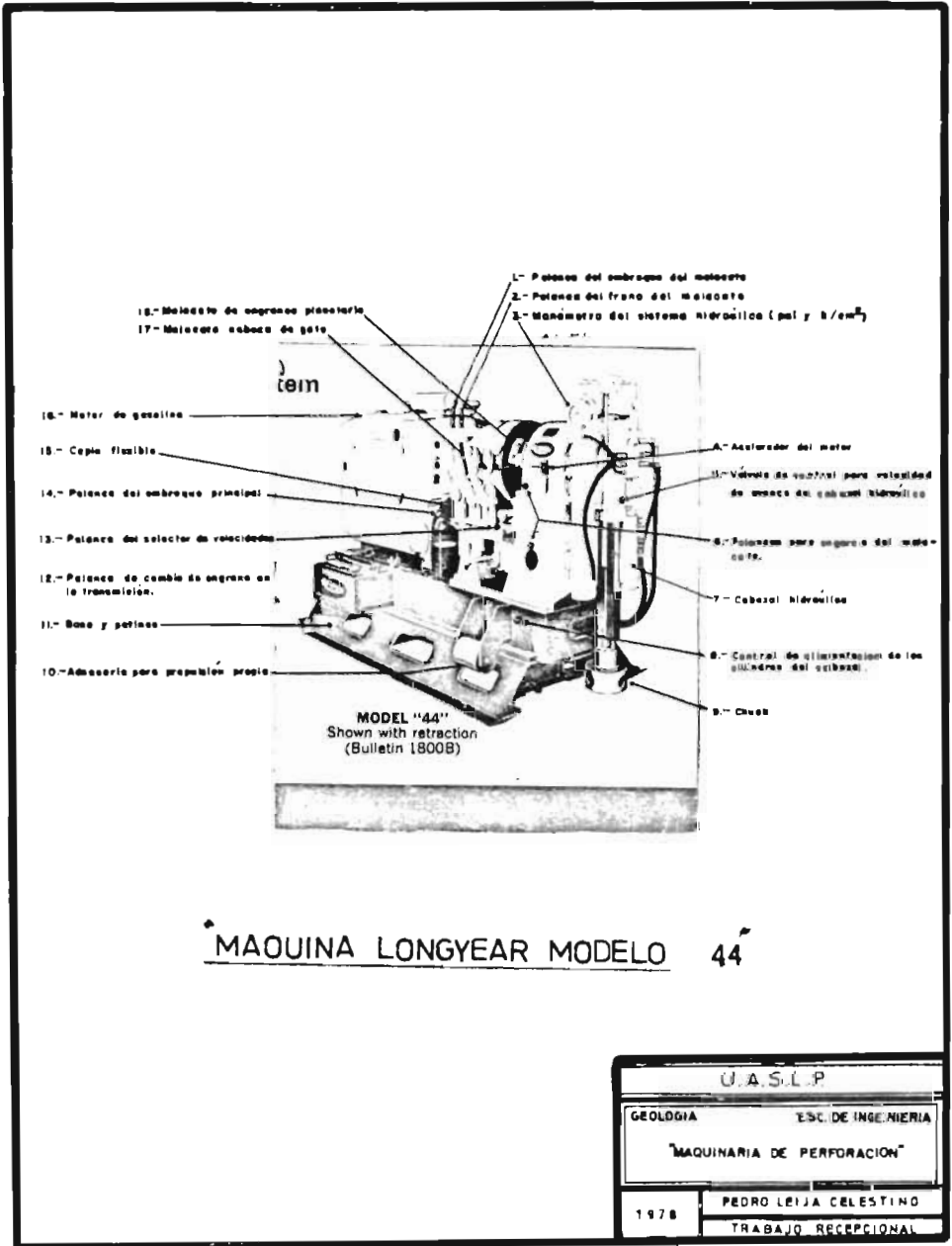
Para introducir el pescador y acoplar al barril muestreador, para la recuperación de la muestra o testigo.

**Malacate de engranes planetario:**

Extracción suave y eficiente, en la subida y bajada de la herramienta de perforación; se regula con palancas de freno y embroque independientes del embroque principal de la perforadora.

**Malacate (cabeza de gato):**

Util para elevar equipo pesado u otras manobras auxiliares.



MAQUINA LONGYEAR MODELO 44

U.A.S.L.P.	
GEOLOGIA	ESC. DE INGENIERIA
"MAQUINARIA DE PERFORACION"	
1978	PEDRO LEIJA CELESTINO
TRABAJO RECEPCIONAL	



Cople flexible:

Absorbe cualquier esfuerzo provocado por falta de alineamiento.

Base y Patines:

Hechos de resistente acero estructural y placas totalmente soldadas y atornilladas, que le dan a la máquina excelente estabilidad. Los patines están hechos del mismo material y tienen la finalidad de poder deslizar la máquina con el malacate a cualquier punto deseado por el operador.

Unidad de bombeo:

Bomba Longyear, modelo 535 RQ, de 5 velocidades, con motor eléctrico, dando gasto según las velocidades, de 35 galones por minuto - - (132 litros por minuto) hasta 4.5 galones por minuto (17 litros por minuto). Presión de 500 psi (35 k/cm<sup>2</sup>). Esta bomba se monta en base de patines, para poder ser desplazada con facilidad con el malacate.

Se fabrican torres especiales para el sostenimiento de las tuberías de barrenación, así como para tener un punto de apoyo para que éstas puedan ser levantadas del agujero perforado. Generalmente estas torres son en forma de tripie.

#### IV. 2. A).- UTILES DE DIAMANTE

Para perforar formaciones blandas, duras, - - fracturadas, etc., la industria minera y de exploración utiliza actualmente útiles de perforación de diamante. Dado el caso que son herramientas relativamente caras y de uso delicado, a continua--ción se enumeran algunos puntos importantes que de ben tomarse en cuenta en el trabajo con materiales diamantados; así como para escoger los implementos o herramientas de diamantes apropiados para el tra bajo o formaciones que tenga que atravesarse. Esto para obtener la economía máxima, el mejor rendi-- miento y menor tiempo de perforación.

#### SELECCION DE LAS BROCAS

El usuario deberá escoger una broca que sea resistente al desgaste, vibraciones de la sarta o tubería, falta de estabilidad del tubo colector de las muestras, etc. Se tomarán en cuenta particular mente sobre la broca los siguientes puntos:

##### 1.- Tamaño de los diamantes:

A medida que se aplica presión y rotación a la broca, los diamantes son forzados contra la for mación por cortarse y en su acción abrasiva se des prenden gránulos de roca. Los diamantes deben ser

suficientemente grandes para cortar los gránulos y dejar suficiente espacio entre la roca y la matriz, para que pasen los gránulos cortados. En formaciones blandas deben usarse diamantes más grandes y en formaciones duras diamantes más pequeños. El tamaño de los diamantes se especifica numéricamente; por ejemplo, 16/30 significa que hay un promedio de 23 piedras por quilate. También se acostumbra dar en tamaño de mallas (U.S.), para el material de diamante obtenido por rotura.

#### NUMERO DE PIEDRAS:

El número de piedras es de importancia, sobre todo cuando aumenta la dureza de la formación; esto porque al aumentar la dureza de la roca, disminuye el número y tamaño de los gránulos cortados, lo que ocasiona menor penetración de la broca. Para solucionar esto, se puede usar una corona con más piedras y de menor tamaño, obteniéndose así más elementos de corte y mayor penetración; además, este incremento en el número de piedras da mejor distribución de esfuerzos cuando se aumenta la presión que requiere la perforación de la roca dura o compacta.

#### CALIDAD DE LOS DIAMANTES:

Los diamantes que se usan en brocas y escariadores para perforación, pueden ser de origen natural o sintéticos. Del diamante natural, el 87% de la producción mundial se utiliza como piedra preciosa y únicamente el 13% en perforación.

La calidad requerida entre los diamantes industriales para la perforación es especialmente alta. Los diamantes deben estar bien redondeados, de forma regular, tener buena estructura cristalina y ser monocristales; deberán tener planos de rotura paralelos a la cara octahédrica; deberán ser sin grietas y de superficie uniforme (se encuentran en el sur, este y sudoeste de Africa, en Congo, Brasil y Rusia). Los diamantes son conocidos o denominados como drillings.

#### CALIDADES:

#### DIAMANTES ESPECIALES.-

Longyear los denomina "balas", son diamantes policristalinos con estructura radial, difíciles de romper y extremadamente duros. Se encuentran en Brasil, pero son muy raros. Los "carbonos" se encuentran también en Brasil; son irregulares, compactos y de estructura criptocristalina; los poros entre estos cristales contienen grafito y carbono; son de color gris oscuro o negro.

### MATERIAL NATURAL:

1.- Diamantes que poseen las mejores condiciones en cuanto a forma, estructura cristalina y uniformidad de superficie. Se emplean en formaciones duras y abrasivas.

2.- Diamantes de forma y estructura cristalina buena, pero de menor uniformidad de superficie. Se emplean en formaciones semiduras y duras, con menor abrasividad.

### MATERIAL OBTENIDO POR ROTURA (GRIT):

Se utilizan para útiles de impregnación. Estos diamantes deberán tener forma regular y compacta; sus bordes son agudos, por ser obtenidos por rotura natural.

(Productos JOY) Otros fabricantes de útiles diamantados, denominan la calidad de los diamantes con los términos "Borts" y "Congo".

### RECOMENDACIONES:

En las formaciones en las que los diamantes se desgastan antes de llegar al pulido, usar diamantes de calidad extra. En formaciones en las que

los diamantes de más alta calidad se quiebran y parten antes de pulirse y desgastarse, puede bajar se la calidad de los diamantes.

#### DUREZA DE LA MATRIZ:

A ésta se le denomina también con el nombre de "liga". La matriz o liga se compone de material duro y resistente al desgaste que, mediante un proceso pulvimetalúrgico, constituye la corona útil; consiste de partículas pequeñas de carburo de tungsteno y otros constituyentes, ligados por un material blando.

La dureza se mide en unidades Rockwell; se basan en la resistencia ofrecida por un material a la penetración de una pirámide de diamante. En perforación la resistencia al desgaste es más importante que la dureza.

#### TIPOS DE MATRIZ:

Las matrices con que se construyen las coronas para sujetar los diamantes, se denominan con los siguientes términos: normal, dura y extradura.

#### MATRIZ NORMAL:

Está elaborada para sondeos donde no se presenta el fenómeno de la abrasión.

#### MATRIZ DURA:

Para sondeos donde se espera desgaste moderado. En caso de duda, esta matriz es con la que se empieza un nuevo sondeo.

#### MATRIZ EXTRADURA:

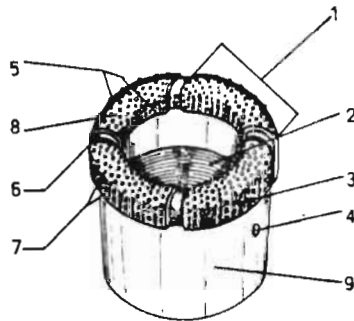
Esta matriz se utiliza en formaciones muy fracturadas y cuando existe desgaste intenso.

#### RECOMENDACIONES:

Perforando en formaciones abrasivas, una matriz blanda se desgasta rápidamente, lo cual dejará los diamantes más expuestos a la formación y esto puede hacer que se desprendan o se quiebren, ocasionando pérdida excesiva de diamantes; para prevenir esto, deben usarse matrices duras en formaciones duras y abrasivas, en terrenos fracturados o quebrados.

#### NUMERO DE VIAS, PASOS O CANALES PARA AGUA:

## ELEMENTOS FUNCIONALES Y ESTRUCTURALES DE UNA BROCA DE DIAMANTE



### ELEMENTOS FUNCIONALES

- 1.- Sectores diamantados
- 2.- Rosca de conexión
- 3.- Diamantes
- 4.- Orificio para llaves
- 5.- Frente de corte
- 6.- Pasos de agua
- 7.- Borde calibrador exterior

### ELEMENTOS ESTRUCTURALES

- 8.- Matriz
- 9.- Cuerpo de la corona

U.A.S.L.P.	
GEOLOGIA	ESC. DE INGENIERIA
DESCRIPCION DE UNA BROCA	
1978	PEDRO LEIJA CELESTINO
TRABAJO RECEPCIONAL	



Al perforar en formaciones blandas o pegajosas, siempre hay tendencia marcada a la acumulación de las cortaduras o material roto por las secciones diamantadas en la cara de la broca; esto restringe la circulación del fluido y requiere de mayores presiones de bombeo, lo que se soluciona adaptando para la perforación una broca con más vías o salidas de agua para formaciones blandas y pegajosas.

El resultado es que hay mejor recuperación de muestra, no recomendándose en formaciones duras y homogéneas mayor número de canales para agua, ya que con ello disminuye el número total de diamantes, con lo cual resulta la broca con menor número de diamantes activos y, por lo tanto, con menor efectividad.

## 2.- TIPO DE CORONA:

La elección del tipo de corona para un sondeo determinado y las características del terreno son de importancia en la barrenación con útiles diamantados, ya que la broca que se seleccione deberá llenar los requisitos necesarios para su buen funcionamiento. A continuación se nombran los principales útiles diamantados y no diamantados de uso más común en la perforación:

### CORONAS DE DIAMANTES MONTADOS O ENGARZADOS:

En estas coronas se distribuyen los diamantes en todo el borde de la matriz. Los diamantes se colocan a mano en la fabricación de la corona, de manera que los diamantes queden orientados de modo - que quede expuesto el borde más duro, para que la capacidad de corte del útil sea más efectiva. En estas brocas los diamantes que no hayan sido averiados en la perforación, pueden aprovecharse para la elaboración de una broca nueva.

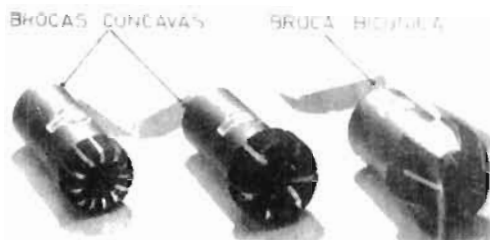
### CORONAS DE CONCRECIÓN O IMPREGNADAS:

En estas coronas los diamantes se reparten en toda la matriz, de modo que al irse consumiendo ésta, van apareciendo nuevos diamantes en el frente de corte. En estas coronas los diamantes se reparten en la matriz o se mezclan en ella cuando está en estado de fusión al ser fabricada, de modo que los diamantes quedan expuestos al azar, utilizando se diamantes obtenidos por rotura. Puede recuperarse el diamante que se utiliza, cuando se usa matriz dura o extradura.

Existen 2 tipos de coronas: De pared cónica y de pared recta o delgada (menos usuales).

### BROCAS

## UTILES DE DIAMANTE



U. A. S. L. P.	
GEOLOGIA	ESC. DE INGENIERIA
"UTILES DE DIAMANTE"	
1978	PEDRO LEIZA CELESTINO
	TRABAJO RECEPCIONAL

### BROCAS MUESTREADORAS MONTADAS:

Las brocas de diamante montadas son las más populares, aplicables a todo tipo de perforación. Estas brocas perforan un agujero anular y permiten el paso del barril de muestreo hacia abajo del terreno. Cuando se ha llenado el barril, se extrae de la tubería del barreno para hacer la recuperación de la muestra. Se usa para barrenos cortos.

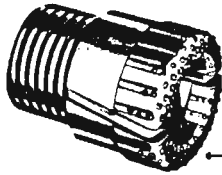
### BROCAS PARA MUESTREO CON CABLE. WIRELINE:

De pared cónica y escalones, también se les conoce como cablemáticas o muestreadoras por cable. Se fabrican generalmente con diamantes engastados o montados, tanto en la corona como en los escalones de la broca. El diseño de estas brocas fue creado para operar con ellas sin necesidad de extraerlas del barreno, hasta que la broca ya no es capaz de cortar la formación que se atraviesa.

### BROCAS DE PARED DELGADA:

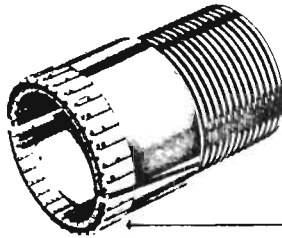
Cuando se encuentra una roca muy dura, se tienen 2 problemas: Lentitud de avance y consumo alto de diamante; entonces, si la superficie de corte es delgada, la penetración de la broca será mayor y el contenido de diamantes es menor; se obtiene -

### BROCAS MUESTREADORAS MONTADAS

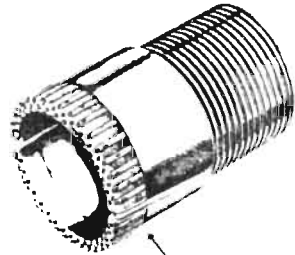


BROCA - RIMA

### BROCAS Y ZAPATAS DE ENCASQUILLAR O PARA ADEMAR

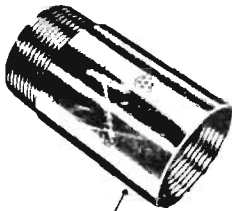


ZAPATA



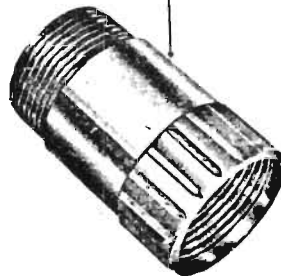
ZAPATA

### RIMAS DEL TIPO DE INSERTOS

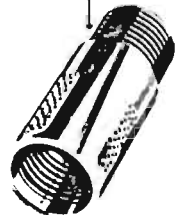


ESCARIADOR DE PASTILLAS  
(ROUND -TYPE)

ESCARIADOR CON ANILLO BALANCEADO  
(RING - TYPE)



ESCARIADOR CON SEGMENTOS  
DIAMANTADOS  
(STRIP -TYPE)



mejor recuperación; se recomienda para perforar ho  
rizontalmente y barrenos positivos.

#### BROCA PARA ENCASQUILLAR O ADEMAR:

La broca de encasquillar se usa para perforar un barreno apropiado para colocar tubería de ademe, al cruzar formaciones quebradas o acuíferas, que puedan impedir o afectar la continuación de la perforación. Cuando se llega a la profundidad deseada, se recupera la broca y se instala el casquillo o tubería de ademe. No puede haber tendencia de la formación a derrumbarse, porque en ese caso se perdería el barreno al sacar la tubería.

#### RECOMENDACION:

Cuando se encuentre este tipo de terreno, mejor usar zapatas de encasquillar (la broca y escariadores normales pueden pasar a través de una broca de encasquillar).

#### ZAPATAS DE ENCASQUILLAR:

Son aplicables para colocar tubería de ademe ensanchando un barreno existente. La zapata de encasquillar permanece sujeta a la tubería de ademe toda la vida del barreno.

RECOMENDACION:

Cuando la formación es blanda y fracturada, no se recomienda sacar la tubería de ademe para cambiar o recuperar la zapata (el diámetro interior de una zapata es suficientemente grande para dejar pasar el escariador y la broca normales).

Nota: Todos estos tipos de brocas y zapatas de encasquillar con diamantes montados, también se pueden usar con diamantes impregnados o de concreción. Estas últimas para cuando se tropieza con formaciones demasiado duras para ser atacadas con útiles de diamantes montados.

BROCA CIEGA DE TIPO CONCAVO:

Estas brocas no se utilizan para recuperación de muestras. Se recomiendan en barrenos para la obtención de agua; barrenos cortos para detonación; y barrenos cortos de inyección de cemento e impermeabilizantes. Todo el frente de corte va montado de diamantes, a excepción del canal de agua.

RECOMENDACIONES:

Su configuración cóncava la hace apropiada para formaciones fracturadas o quebradas, duras o

blandas. Se le puede usar con barril de tubo sencillo para recuperar lodos.

#### BROCA CIEGA DE TIPO PILOTO:

Se pueden hacer barrenos más largos que con la broca ciega cóncava, ya que el diámetro exterior del escalón del piloto y el diámetro del cuerpo de la broca tienden a estabilizar y guiar el barrenado.

#### RECOMENDACIONES:

Se recomienda en barrenos para detonación e inyección de impermeabilizante, terrenos fisurados, etc.

#### ESCARIADORES:

Existen 3 tipos de escariadores: el de anillo balanceado, el de insertos y el de cintas. Estos escariadores sirven para estabilizar las herramientas de perforación y mantener el orificio a sección constante, lo que asegura la intercambiabilidad de las herramientas.

#### TIPO DE ANILLO BALANCEADO (Ring Type):



Este tiene en el centro un anillo con diamantes montados, que circunda el perímetro del escariador o tiene lomos portadores de diamantes espaciados - uniformemente en la periferia del anillo y paralelos al eje del escariador, para dar máxima cobertura y máximo control de calibre (son las más usuales).

#### RECOMENDACIONES:

Este escariador sirve para perforación a cualquier profundidad, tanto en rocas ígneas compactas, como en cuarzo, etc.

#### TIPO DE INSERTOS (Round Type):

El tipo de los insertos puede ser redondo o de pastilla. Tienen los diamantes montados en insertos semejantes a botones.

#### RECOMENDACIONES:

Es el menos costoso y sirve para formaciones blandas en las que se requiera hacer barrenos cortos.

#### ESCARIADOR DEL TIPO DE CINTAS (Strip Type):

En estos escariadores los diamantes van montados en insertos de forma ovalada, de 1 pulgada a 1 1/2 pulgadas de largo.

#### RECOMENDACIONES:

El escariador de insertos de 1 pulgada es bueno para barrenos de profundidad media, perforados en calizas y otras formaciones medianamente blandas. El de insertos de 1 1/2 pulgadas, es recomendable para barrenos largos en rocas metamórficas.

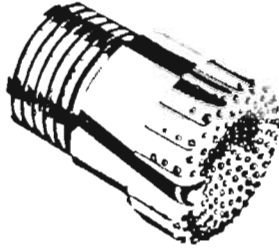
#### BROCAS MUESTREADORAS DE CARBURO DE TUNGSTENO:

Al igual que las brocas de diamante, perfora y recupera muestra. Existen a la vez brocas, escariadores y zapatas de encasquillar de este material. Se recomiendan en formaciones muy blandas. Utilizan el mismo tamaño de barril muestreador convencional.

#### BROCAS DE COLA DE PESCADO:

La broca de cola de pescado con tres vías de agua, se emplea para perforar suelos, capotes de cubierta o formaciones blandas libres de cantos rodados. Se pueden ademar los barrenos con ademe de

**BROCA CIEGA DE TIPO CONCAVO**



**BROCA CIEGA DEL TIPO DE PILOTO**



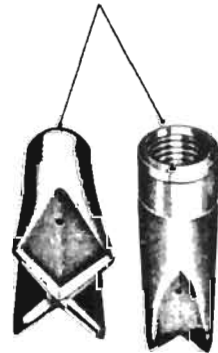
**\* HERRAMIENTAS NO DIAMANTADAS DE CARBURO DE TUNGSTENO "**

**BROCAS DE COLA DE PESCAO**



**TREPANO COLA DE PESCAO**

**TREPANOS EN CRUZ**



**TREPANO - CINCEL**



acero, a excepción de perforación en arcillas, las cuales generalmente se autoademan.

#### TREPANOS:

Pueden ser de cruz o de cincel. Se usan para limpiar la pedacería del fondo de los barrenos. Algunas veces, cuando se retira el barril del muestreo del barreno, quedan trozos del lingote en el fondo del mismo y si se baja una broca de diamante al fondo, los diamantes pueden romperse; en este caso se recomienda usar el trépano, que rompe el lingote o azolve, el cual es arrastrado posteriormente por el agua hacia el exterior del barreno. También se puede usar el trépano para barrenos obstruidos por derrumbe de las paredes interiores del sondeo.

En los trabajos de campo del presente trabajo, se usaron herramientas de perforación diamantadas con las siguientes características:

#### BROCAS:

Tipo Wireline (AQ/WL, BQ/WL y NQ/WL)\* para muestreo con cable, de matriz dura, 19.61 kilates, con diamantes montados, cuatro salidas de agua y cuatro escalones con diamantes montados.

### ESCARIADORES:

El tipo utilizado es de anillo balanceado - (AQ/WL, BQ/WL y NQ/WL), con diamantes montados y de 6.50 quilates.

### ZAPATAS:

De frente plana, 7.50 quilates, matriz dura, tamaño (AW/WL, BW/WL, NW/WL), con diamantes montados.

\* El diámetro de los útiles de diamante va de menor a mayor, por orden alfabético.

Las medidas de los útiles de diamante se dan en mm, con la denominación "Craelius" y en pulgadas, y son desarrolladas conjuntamente por la DCDMA (Diamond Core-Drilling Manufactures Association, U.S.A) y la CDDA (Canadian Diamond Drilling Association). Ambos sistemas son usados en todo el mundo.

## 2. B).- TUBERIA DE BARRENACION

La tubería de barrenación es de importancia en todo tipo de barrenos y para los casos que se requiera. Específicamente, el funcionamiento de -

esta tubería tiene 4 finalidades:

1.- Sostiene las herramientas de perforación de diamante, las cuales van acopladas por medio de acoplamientos de rosca en la parte delantera de la sarta de rompimiento (broca, escariador, trépano, broca ciega, etc.).

2.- Para fines de exploración (en los que se requiera recuperar muestra) la tubería almacena un barril (muestreador), el cual lleva un tubo interior donde se acomoda la muestra cortada en el frente de corte (broca). Este tubo interior tiene aditamentos especiales para acoplarse con el pescador, el cual es introducido en la tubería para la recuperación de la muestra.

3.- Suministra presión y rotación a las herramientas diamantadas, para que éstas tengan su capacidad de corte.

4.- Conduce el fluido de perforación (agua o lodos) desde la pileta o recipiente donde se encuentran, hasta el extremo opuesto del principio de la tubería.

Existen diferentes diámetros de tubería con distintos diámetros interior y exterior. Para las series "Q" de Longyear (usadas en la maquinaria del presente estudio), hay los siguientes tipos de tubería de barrenación: AQ, BQ, NQ, HQ y PQ, las cuales van de menor a mayor diámetro, según la secuencia expuesta anteriormente [consultar catálogos de tubería de barrenación para mayor detalle de dimensiones].

Normalmente se usa tubería de 10 pies (3.05 m) de longitud para barrenación. En perforación en interior de minas, en ocasiones esta medida de tubería es estorbosa al principiar un barreno; en este caso se utiliza tubo más corto, de 2 y 5 pies de longitud. Para cada una de estas distintas medidas de tubería existen útiles o herramientas diamantadas, hechas especialmente para el tipo de tubo que se vaya a utilizar.

#### BARRILES MUESTREADORES:

Estos pueden ser largos o cortos, según la comodidad del operador y el tipo de barreno que se da. Sirven de receptáculo para almacenar la muestra cortada por el útil diamantado. La longitud de estos barriles muestreadores es normalmente de 2, 5, 10 y 15 pies, siendo de uso más común el de 10 pies.

Estos barriles van conectados por un extremo a la tubería de barrenación y por el otro al escariador, y finalmente a la broca.

Los barriles más comunes se pueden agrupar en tres clases:

#### BARRIL MUESTREADOR DE TUBO SENCILLO:

En formaciones duras y bien compactadas, es aconsejable utilizar este barril, pues resiste bien presiones altas como las que requiere una roca compacta y maciza; además, la recuperación es de excelentes resultados.

La sencillez de este barril presenta varios problemas: el paso del agua por el espacio que hay entre la muestra cortada y el barril y el rozamiento de la muestra con la cara interior del barril. Estos dos inconvenientes hacen que este tipo de barril no se adapte a barrenar formaciones suaves y deleznables, ni duras y fracturadas, pues la gran abrasión y el lavado constante de la muestra hacen que el porcentaje de recuperación sea muy bajo.

#### BARRIL MUESTREADOR DE TUBO DOBLE, CON TUBO INTERIOR GIRATORIO:

Este barril consta de dos tubos: el interior,



donde se almacena la muestra; y el exterior, que se enrosca por un lado a las barras de perforación y por otra al escariador. En este tipo de barril se elimina casi completamente el lavado de la muestra, pues sólo tiene lugar en el espacio comprendido entre el extremo inferior del tubo interior y la corona de la broca. Sin embargo, como el tubo interior está sujeto al tubo exterior, la abrasión del lingote no es eliminada, lo que hace imposible la aplicación de este barril en formaciones delezna-  
nables.

Se utiliza generalmente en formaciones semiduras; también se usa en formaciones duras y fracturadas, ya que el arrastre de fragmentos de roca hasta la broca es prácticamente nulo.

#### BARRIL MUESTREADOR DE TUBO DOBLE, CON TUBO INTERIOR RIGIDO:

Este barril consiste de dos tubos; el exterior, enroscado por un lado al escariador y por el otro a la última barra de perforación. El tubo interior va suspendido de la cabeza del barril y ajustado de tal forma que no gire junto con el tubo exterior. Con este barril se eliminan las limitaciones encontradas en el uso del tubo sencillo, pues el fluido de perforación pasa por el espacio que hay entre el tubo interior y el exterior; por lo tanto,

la abrasión causada por el rozamiento de la muestra con el tubo interior, queda eliminada y la recuperación es mejor.

Se aconseja el uso de este barril en formaciones suaves, deleznable y fracturadas. Ofrece porcentaje alto de recuperación de muestra y protege la deformación del lingote.

El tipo de barril usado en la exploración del trabajo presente, tiene las siguientes características: Barril muestreador de tubo doble, con tubo interior rígido, de 10 pies de longitud y para diámetros AQ, BQ y NQ.

#### PESCADORES:

Estos, como su nombre lo indica, tienen la finalidad de atrapar la muestra que se encuentra en el barril dentro del tubo interior. El pescador puede ser largo o corto; tiene en un extremo el cable y en el posterior un aditamento que se acopla con el tubo interior muestreador. Para la introducción de este pescador en barrenos horizontales o inclinados hacia arriba, se impulsa con agua a presión, hasta que quede acoplado con el tubo portatestigo. En barrenos hacia abajo el pescador es introducido por gravedad, usando como medio de transporte agua o lodos de perforación, para que no cho

que bruscamente con el tubo portatestigo.

## 2. C).- TUBERIA DE ADEMADO

A esta tubería se le denomina también tubería de revestimiento o de encasquillar. Normalmente es más ligera, blanda y delgada que la tubería de barrenación; está hecha de acero o de aluminio de alta calidad, al igual que las barras de perforación.

La tubería de ademe tiene las siguientes finalidades:

1.- Portar las herramientas de encasquillar, - diamantadas o no diamantadas, las cuales van acopladas por medio de rosca.

2.- Suministra presión y rotación a los útiles diamantados, para que éstos sean capaces de agrandar el agujero.

3.- Protege la tubería de barrenación de posibles caídos que puedan obstruir o apretar la tubería de perforación; Esto sobre todo en terrenos arcillosos, poco consolidados o muy fracturados.

4.- Mantiene el agua constantemente en circulación entre el espacio anular formado por la tubería de perforación y el ademe o tubería de encas-

quillar, sobre todo en terrenos muy fracturados, - permeables, fallados o con muchas cavidades, ya - que de otra manera toda el agua introducida en el - agujero no regresaría.

Al igual que la tubería de barrenación, se uti - liza tubería de encasquillar o de ademar para el - tipo de tubo que haya perforado. Existen los si--- guientes tipos de tubería, los cuales van de diáme - tro menor a mayor: AW, BW, NW, HW y PW. Para el - uso de la tubería de barrenación con diámetro AQ, - se requiere tubería de encasquillar de diámetro AW; para barrenar con tubería de diámetro BQ, se nece - sita tubería de encasquillar con diámetro BW; y - así sucesivamente. Esto quiere decir que por una - zapata de encasquillar AW, pasará una corona o bro - ca diamantada AQ.

#### BROCAS DE ENCASQUILLAR:

Estas tienen dos finalidades: barrenar y encas - quillar al mismo tiempo, lo cual facilita la intro - ducción del ademe al mismo tiempo que la broca va - avanzando en el frente; pero tiene una desventaja: que posiblemente cuando haya avanzado, la parte - suelta del terreno cortado se haya desprendido; pa - ra esto, se necesitará meter zapata de encasqui--- llar e introducir el ademe.

### ZAPATAS:

Normalmente cuando hay caídos, pérdida de agua, terrenos arenosos, etc., se protege la tubería de barrenación con tubería de ademe. Para la introducción de esta tubería se le acopla en la parte delantera a la tubería una zapata de revestimiento, la cual aumenta por milímetros el agujero perforado, para dar paso a la tubería de revestimiento, quedando así ademado automáticamente el terreno.

### IV. 3.- PROBLEMAS TECNICOS DE BARRENACION

Algunos tratados de barrenación con diamante, mencionan 12 factores que influyen en la velocidad de penetración; si ignoramos los factores que dependen de la geometría y de la formación en cuestión, podemos reducir a 3 los factores o rasgos técnicos en barrenación con diamante y que en la práctica resultan ser los más interesantes:

- 1.- Velocidad de penetración (avance).
- 2.- Revoluciones por minuto (rotación).
- 3.- Caudal de agua (bombeo).

#### 3. A).- VELOCIDAD DE PENETRACION (AVANCE):

El conocimiento del modo como trabaja un útil de diamante es de importancia, tanto para los fabricantes como para los usuarios. Para estudiar los conceptos básicos es necesario considerar como actúa un solo diamante sobre la roca. El diamante, bajo el peso de la perforación, produce deformación plástica de la roca; mediante rotación y presión se produce la rotura de la formación.

En formaciones muy duras y quebradizas, la fuerza de compresión provoca la rotura en forma de cráter a lo largo de la zona de máximo esfuerzo cortante, aunque debe tomarse en cuenta el tiempo durante el cual la roca está sujeta a compresión y la debida refrigeración que se requiere.

El peso o carga en la herramienta o útil de diamante, se regulará de forma que se obtenga cierta penetración por piedra y por vuelta, que le permita a la herramienta dar el rendimiento máximo antes del pulimento; es decir, una cantidad máxima de roca destruida, por un frotamiento mínimo entre el diamante y la roca, sin provocar el recalentamiento excesivo de los diamantes (Esto para coronas de concreción).

El peso que se aplique puede variar dentro de límites bastante holgados, debiendo ajustarse de forma que se realice el avance que se desea y sin

que exceda de  $100 \text{ k/cm}^2$  de superficie de corona. - Dentro de los límites antes indicados, deberá aumentarse el peso en la corona, en la medida que a cada aumento de peso de lugar un aumento en la velocidad de avance, ya que la insuficiencia de peso puede dar lugar al satinado de la corona, mientras que el exceso de este peso provoca el desgaste prematuro de la herramienta diamantada; por lo tanto, existe relación estrecha entre el peso sobre el útil y la velocidad de penetración, sin menospreciar las revoluciones y el caudal de agua que se aplique en la barrenación.

Si partimos nuevamente de las características de cada uno de los diamantes que integran una corona, podremos comprender los límites dentro de los cuales queda comprendido el peso sobre el útil de diamante. En todo caso, la parte del peso que se aplique a cada diamante activo debe ser lo suficientemente grande para que éste penetre en la roca. Entonces la superficie de contacto deberá transmitir una fuerza que exceda a la resistencia de la roca (G); por otro lado, esta parte del peso que cada diamante activo transmite, no debe sobrepasar la resistencia a la rotura del mismo (D), pues esto destruiría la corona; por tanto, se puede establecer que:

$$G = \frac{P}{b \cdot f} = D$$

donde:  $G$  = Resistencia de la roca.  
 $D$  = Resistencia del diamante.  
 $P$  = Carga sobre el útil.  
 $b$  = Número de diamantes activos.  
 $f$  = Superficie de contacto.

Teóricamente es fácil determinar la superficie de contacto conociendo el diámetro de la pieza y su huella, si suponemos que el diámetro de una esfera perfecta y que la superficie de contacto permanecen constantes durante la vida de la corona. Esta suposición nunca se logra en sondeos, porque los diamantes sufren desgaste; por tanto, no se pueden encontrar datos útiles para sondeos a partir de estas observaciones; sólo se emplean valores empíricos a fin de hacerse una idea del tamaño de la superficie de contacto.

¿Por qué es mayor la velocidad de penetración al inicio de un barrenado? Se puede comprobar que una corona nueva en formaciones duras y abrasivas, perfora los primeros metros con buena velocidad de penetración, pero después ésta decrece considerablemente, aunque el peso sobre el útil (presión) y el caudal de agua (bombeo), permanezcan constantes desde el inicio, sin menospreciar las revoluciones por minuto. Este fenómeno puede ser debido al aumento de la superficie de contacto entre el diamante y la formación; por un lado, porque los diamantes activos se han redondeado y, por otra parte, -



después de cierto trabajo otros diamantes entran a perforar.

La experiencia enseña que el peso insuficiente sobre el útil hace imposible el aumento en la velocidad de penetración. De las investigaciones se deduce que después de forzar una corona de diamante, la superficie de contacto tiene aproximadamente las siguientes dimensiones: un diamante de tamaño medio (20 p.p.q.) tiene una superficie de contacto de  $0.14 \text{ mm}^2$ . Ahora, es posible saber el peso necesario para romper un diamante; es aproximadamente de 120 k (265 lbs). La mayor resistencia a la compresión en una formación, es del orden de los  $6000 \text{ k/cm}^2$  (85,000 psi). Como resultado de la supuesta superficie de contacto, tenemos un peso de 85 k [19 lbs] actuando sobre cada diamante, para poder introducirlo dentro de la formación más dura.

Estos datos son para tamaños de piedra del orden de (20 p.p.q.) y coronas nuevas. Con el aumento del área de contacto entre el diamante y la formación, el peso específico (lbs/piedra) también debe ser mayor. ¿No es lógico, entonces, pensar que el peso insuficiente sobre el útil no tiene sentido y que no contribuye a la conservación del diamante? El peso insuficiente para provocar la penetración del diamante en la roca, causa la pulimentación del diamante sin lograr la penetración deseada. En

concreto, el peso requerido sobre el útil de diamante depende del número de diamantes activos y del peso específico (lbs/piedra) de los diamantes.

### 3. B).- REVOLUCIONES POR MINUTO (ROTACION):

Es otro de los factores técnicos que influyen grandemente en la velocidad de penetración, así como en la duración y efectividad de las herramientas diamantadas. Esta velocidad de rotación viene limitada por la máquina y las condiciones con que se tropieza en el transcurso de la perforación.

Para unas herramientas de perforación (de concreción), se recomiendan por lo general grandes velocidades de rotación. Aumentar la velocidad de rotación, independiente de la presión, no significa que se obtendrá mejor velocidad de penetración o avance, porque el aumento de las revoluciones y la presión, rompería irremediablemente los parámetros a que se ajusta cada una de las herramientas diamantadas de barrenación (resistencia de la roca y resistencia de los diamantes).

Cuando se perfora con útiles de diamante se prefieren velocidades de rotación alta. Se emplean como directrices, las velocidades de corte, referidas al diámetro exterior del útil (1 a 3 m/seg) en útiles de inserción y de 2 a 4 m/seg en útiles de

impregnación. Estas velocidades no son aplicables universalmente, sino que dependen de condiciones específicas (calidad del diamante, matriz, número de piedras, etc.).

#### PROFUNDIDAD DE CORTE DE UN DIAMANTE:

Esta es igual a la exposición de un diamante. A causa de la pequeña exposición de los diamantes fuera de la matriz (unas décimas de mm), se consiguen muy pequeñas profundidades de corte; la profundidad máxima de corte sería igual a la exposición del diamante.

Partiendo de la velocidad de penetración y la profundidad específica de corte, por ejemplo profundidad de corte por diamante por revolución, se puede establecer la siguiente expresión:

$$V_b = c.a.s.n$$

donde:	Dimensiones en pulgadas	Dimensiones métricas
$V_b$ = Velocidad de penetración.	pies/hora	metros/hora
$c$ = Factor de conversión	5	$6.10^{-2}$
$a$ = Número de piedras	-	-
$s$ = Profundidad específica de corte	{pulg}	{mm}

$n$  = Velocidad de penetración      r.p.m.      r.p.m.

Para ciertas formaciones y determinadas coronas, "a" y "s" son constantes. En este caso la velocidad de penetración, "Vb" es directamente proporcional a las revoluciones "n".

donde:

$$Vb = C_1 \cdot n \quad C_1 = \text{c.a.s.}$$

Esto significa que la función de la velocidad de penetración (Vb), comparada con la velocidad de rotación (n) da una línea recta con 45° de pendiente; o sea que; duplicar las revoluciones por minuto, se traduce en doblar la velocidad de penetración.

Todo esto es válido si se tiene la limpieza perfecta del barreno; esto significa que todos los detritus cortados han de ser evacuados inmediatamente después de que se produzcan.

Ejemplo: Determinar la profundidad específica de corte "s".

Datos:

Corona NXL [72 x 62 mm], inserción con diamantes de 10 p.p.q.

Formación - dolomita.

Velocidad de penetración -  $V_b = 6 \text{ m/h}$  o  
 $V_b = 20 \text{ pies/h}$

Número de piedras en el diámetro medio  
 del útil -  $a = 32$

Revoluciones por minuto -  $n = 500 \text{ r.p.m.}$

$$s = \frac{V_b}{c.a.n.} = \frac{6 \text{ m/h}}{6 \cdot 10^{-2} \times 32.5 \times 10^2} = 0.006 \text{ mm}$$

Esto significa que con las usuales r.p.m., -  
 aun con las más altas velocidades de penetración -  
 fácilmente alcanzables en la dolomita, éstas son -  
 del orden de milésimas de mm o de pulgada.

Para evitar la pulimentación de los diamantes  
 no deberá sobrepasarse el límite de  $s$ ; esto indica  
 que, cuando la velocidad de penetración es baja, -  
 se debe reducir la velocidad de rotación y aumen-  
 tar el peso sobre el útil.

Ejemplo: Para obtener r.p.m.

Datos:

Corona NXL (76 x 62 mm) inserción con -  
 diamantes de 40 p.p.q. (piedras por qui-  
 late).

Número de piedras cortantes del diáme-  
 tro medio de la corona: -  $a = 90$

Velocidad de penetración : -  $V_b = 0.8 \text{ m/h}$

Profundidad específica de corte = 0.001

$$n = \frac{V_b}{\text{c.a.s.}} = \frac{8 \text{ m/h}}{6 \cdot 10^{-2} \times 9 \cdot 10^2 \times 10^{-3}} = 148 \text{ r.p.m.}$$

### 3. C).- CAUDAL DE AGUA (BOMBEO):

Este es otro factor que no debe olvidarse en todo tipo de barrenación con útiles de diamante. - Sus principales aplicaciones prácticas son las siguientes:

1.- Evacuar del fondo del barreno los detritus producidos por la perforación, hasta la superficie de rompimiento (limpieza).

2.- Enfriar o refrigerar los sectores diamantados para evitar su grafitización.

3.- Lubricar la tubería, tanto de barrenación como de encasquillar y barriles muestreadores (si es Wireline).

4.- En perforación con Wireline es de mucha utilidad para transportar las herramientas de pesca para extraer el tubo portatestigo.

El caudal de inyección depende principalmente de:

- Las dimensiones de la herramienta.
- Diámetro de la tubería de barrenación.
- Tipo de formación con que se tropieza.

Se aconseja la elección del caudal de forma - que la velocidad media de la inyección del agua - (clara o densa) en el espacio anular comprendido - entre las varillas y las paredes del agujero, sea - por lo menos de 40 cm/seg.

$$Q = \frac{40 \times S}{1.000} \times 60$$

donde:

Q = Gasto o caudal de agua en l/min.

S = Sección anular entre la pared del - agujero y las varillas en  $\text{cm}^2$ .

$$Q = 2.4 \times S$$

Este caudal se aconseja tomando como princi-- pio la velocidad de ascenso de la inyección del - fluido y de los sedimentos en el espacio anular y - que éste sea de 40 cm/seg.

$$Q = \frac{40 \times S \times 60}{100} \text{ (l/min)}$$

$$Q = 2.4 \times S \text{ (l/min)}$$

Se podrá disminuir ligeramente este caudal a fin de reducir el lavado de la muestra y evitar su destrucción. No obstante, no se aconseja el trabajo a la velocidad de ascenso inferior a 30 cm/seg; es decir:

$$Q_{\min} = 1.8 \times S \text{ (l/min)}$$

Cuando las herramientas adquieren grandes velocidades de penetración, se puede aumentar el caudal a fin de evacuar rápidamente los sedimentos del orificio; no obstante, la velocidad de ascenso no excederá de 50 cm/seg, es decir, el caudal máximo será:

$$Q_{\max} = 3.0 \times s \text{ (l/min)}$$

Estos caudales son satisfactorios en barrenos superficiales, pero la práctica ha enseñado que cuando se barrena a grandes profundidades y se emplea lodo como fluido, las fuerzas del taladro en el fondo impiden la evacuación de los detritus; entonces se aconseja aumentar el caudal, sin menospreciar la formación que se esté cortando, ya que si ésta es suelta o deleznable, se puede evacuar la muestra.

#### COMO ACTUA Y CIRCULA EL FLUIDO:



La bomba toma del recipiente el agua o lodos a través de una manguera de succión y la transporta al barrenado mediante una manguera que se enrosca a una cabeza rotatoria (swivel), la cual va colocada en la parte superior de la sarta. El agua o lodo pasa a través del interior de la tubería de barrenación, hasta llegar al barril; aquí el fluido aumenta de presión pasando por el espacio entre el tubo interior y el barril, llegando finalmente al frente de corte, pasando por los pasos de agua a la broca; aquí enfría los diamantes y recoge los detritus, a la vez que lubrica las herramientas diamantadas. Finalmente, el fluido es conducido por el espacio anular que queda entre la pared del barrenado y la tubería de perforación; si está ademado, pasa por el espacio entre la tubería de perforación y la de encasquillar; al llegar el fluido a la superficie es depositado nuevamente en el recipiente.

Es necesario que el fluido de perforación esté en movimiento constante, por las siguientes causas: Los diamantes están en condiciones que generan cantidades considerables de calor en la barrenación, lo cual se evita con el fluido refrigerante para evitar la grafitización o quemado de los diamantes. Los diamantes están en condiciones termodinámicas inestables y tienen tendencia a transformarse en las condiciones estables de la presión y la temperatura. Las temperaturas eleva-

das aceleran esta tendencia y se produce la recristalización a grafito y la combustión a monóxido de carbono (CO) y a bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Esto explica por qué una corona puede ser destruida antes de haber dado su rendimiento normal, cuando queda interrumpida la circulación del fluido.

#### BOMBA DE AGUA O DE LÓDOS:

La principal función de ésta, es mantener - - constantemente en circulación el fluido a lo largo del barreno. Estas bombas trabajan con una unidad motriz, que puede ser de gasolina, diesel, aire o eléctrica. Se acoplan directamente a la bomba y se regula el caudal mediante velocidades de palanca.

Las bombas usadas en el trabajo son de la misma marca que las perforadoras (Longyear), modelo - RQ-535, con motor eléctrico enfriado por aire, de 5 velocidades, 12.5 H.P. y manómetro de 35 k/cm<sup>2</sup> - (500 psi).

Capacidad:	Velocidad - 1a.	17 l/min	- 4.5 gpm
	2a.	21 l/min	- 5.5 gpm
	3a.	43 l/min	- 11.3 gpm
	4a.	78 l/min	- 20.7 gpm
	5a.	132 l/min	- 35 gpm

#### IV. 4.- SONDEOS

Para llevar a cabo la barrenación en áreas -  
alredañas a la mina "Las Cuevas" (zona de estudio),  
se usó el mismo sistema que convencionalmente se -  
ha llevado en desarrollo, bloqueo, configuración -  
de perímetros mineralizados y exploración en el ex-  
terior.

Después de haberse seleccionado los puntos de  
rompimiento en la superficie e interior, se insta-  
la el suministro de energía y bomba; se ancla la -  
máquina, se instala y se acondicionan poleas para  
subir y bajar la tubería; a la vez se instalan re-  
cipientes (por lo general de 200 l) para almacenar  
el fluido de perforación. En el interior de las mi-  
nas, generalmente se construye una pileta en el pi-  
so, la cual, si tiene filtración, ya sea por poro-  
sidad, fracturamiento, etc., es cementada. Las di-  
mensiones de esta pileta deberán ser lo suficiente-  
mente grandes para almacenar de 400 a 600 l de - -  
fluido, necesario para el inicio del barreno.

#### INICIO DE LA PERFORACION:

Generalmente se inicia con diámetro mayor, ya  
que, de no ser así, se pueden tener problemas pos-  
teriores, como por ejemplo: bloqueo de la tubería,  
tubería apretada, etc. Iniciando con diámetro ma-  
yor se puede reducir y así proseguir la barrena-  
ción.

Se usaron barriles de tubo doble con tubo interior giratorio, de 10 pies de longitud y tubería de barrenación y de encasquillar de 10 pies.

Características:

- Tubería de barrenación - AQ, BQ, NQ.  
 Tubería de ademe - AW, BW, NW.  
 Barriles muestreadores - AWL, BWL, NWL.  
 Brocas diámetro AQ - Con total de 12.5 quilates, cuatro vías de agua, cuatro escalones y matriz dura.  
 Brocas diámetro BQ - Con total de 16.6 quilates, cuatro vías de agua, cuatro escalones y matriz dura.  
 Brocas diámetro NQ - Con total de 24 quilates, con cuatro vías de agua, cuatro escalones y matriz dura.  
 Escariadores diámetro - AQ, BQ, NQ, con anillo equilibrado y refuerzos de carburo de tungsteno. El diámetro AQ con 5.5 quilates, BQ con 6.3 -

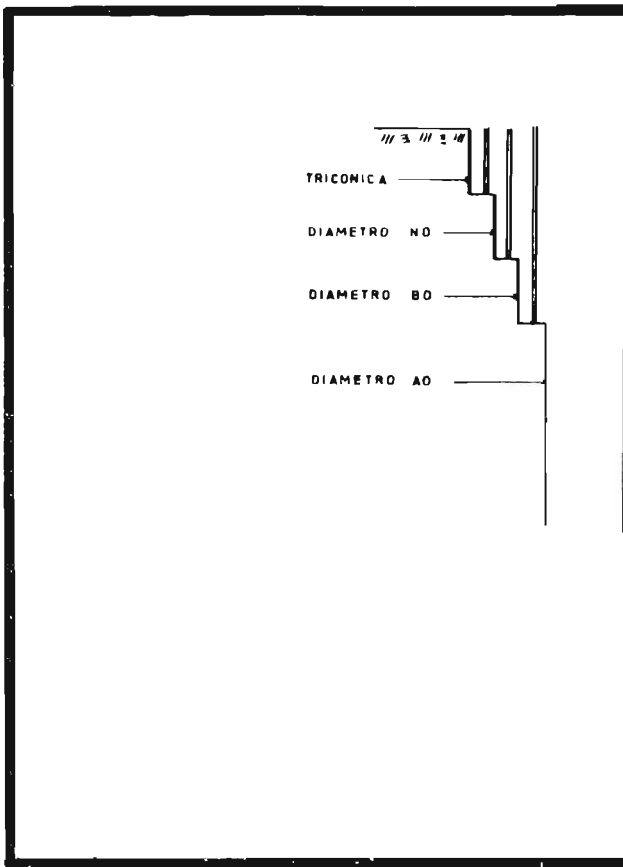
11 3 11 2 10

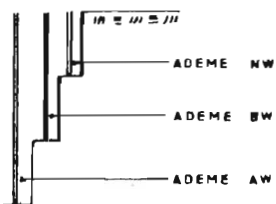
TRICONICA

DIAMETRO NO

DIAMETRO BO

DIAMETRO AO





U.A.S.L.P

GEOLOGIA ESC. DE INGENIERIA  
 CORTE ESQUEMATICO DE UNA TUBERIA  
 DE PERFORACION Y ADEME

1978

PEDRO LEJIA CELESTINO

TRABAJO RECEPCIONAL

quilates y el NQ con 6.3 quilates.

Zapatas diámetros - AW, BW y NW con 9.5 quilates.

### SECUENCIA:

- a).- Primero se cementa la roca por romper, para evitar caídos y desviación en las barras. Nota: Se aconseja usar broca triconica hasta la profundidad de la primera barra de 3.05 m y sentar ademe NW. Esto generalmente para barrenos de superficie, ya que el suelo es deleznable y el ademe protege de posibles caídos y desviación de la tubería.
- b).- Se perfora con diámetro NQ hasta la profundidad que depende de la dureza de la roca y su fracturamiento. Esta profundidad es alrededor de 60 a 70 m.
- c).- Se sienta ademe BW, que tiene como función proteger al barreno de los problemas que puedan presentarse en la parte barrenada con NQ.
- d).- Se perfora con diámetro BQ, hasta la profundidad que depende de las características

cas de la roca: dureza, fracturamiento, etc. Generalmente se aconseja de 120 a 140 m.

e).- Se sienta ademe AW. Este ademe protege al barreno a mayor profundidad. En adelante el barreno no tiene protección más que los aditivos [lodos].

f).- Se perfora con diámetro AQ, hasta la profundidad que depende fundamentalmente de la zona mineralizada, espesor de las unidades encajonantes y demás problemas con que pueda atravesar el barreno.

g).- Terminando el barreno se saca la tubería AQ, y sucesivamente los ademes AW, BW y NW.

Durante el transcurso de la perforación con todos estos diámetros (si se usaron) de barras de perforación y de encasquillar, se obtienen muestras con diámetro que depende de la tubería que perforó la formación barrenada.

#### 4. A).- LOCALIZACION DE BARRENOS

Para registrar las estaciones de diamante en los planos de trabajo y así mismo conocer su eleva



ción, se contó con la colaboración del Departamento de Topografía de la mina "Las Cuevas".

#### METODO:

Partiendo de puntos conocidos (zona de la mina), sus coordenadas y elevación se utilizaron como lugares de origen y, por los métodos de poligonal abierta, triangulación y altimetría, se registraron los barrenos dados dentro de la zona de estudio, para poder hacer con mayor exactitud la interpretación geológica de planos y secciones presentadas en este reconocimiento.

Nota: Algunos de los datos litológicos de los barrenos, se han alterado (sobre todo los que localizaron mineral). Se dejó únicamente la forma como se localizaron las unidades que circundan la zona mineralizada.

#### 4. B).- TESTIGOS

Se hizo la descripción megascópica de las muestras recolectadas en cada una de las estaciones de perforación. Se describieron núcleos de diámetro AQ, BQ y NQ.

Diámetro de los testigos (en mm):

AQ - 30.1

BQ - 41.3

NQ - 54.0

Estos testigos son acomodados en cajas de madera de 3.00 x 0.33 m, con canales que dan cabida a la medida del núcleo.

#### METODO:

Después de recibirse los reportes diarios de barrenación y estar al tanto en cada una de las estaciones, se levanta en libreta de notas el barrenno, usando para esto lupa, navaja, imán y ácido para la descripción del testigo; se anotan la litología del tramo observado y la recuperación del mismo.

Para mejores resultados, después de haberse almacenado las cajas, en caso de duda, se vuelve a verificar todo el barrenno.

Nota: Algunos de los datos litológicos de los barrenos se han alterado (sobre todo los que localizaron mineral y por razones privadas de la Compañía).

BARRENO 1

NIVEL - Superficie  
 LOCALIZACION - 666 N 941 E  
 INCLINACION - Vertical  
 ELEVACION - 1,840.00 m.s.n.m.  
 INICIO - Septiembre 2 de 1976  
 TERMINO - Noviembre 17 de 1976

DE	A	TRAMO	REC.	DESCRIPCION
0	4.88	57.60	42.67	Sin recuperaci3n
4.88	62.48	57.60	42.67	Riolita
62.48	96.93	34.45	31.09	Andesita
96.93	97.53	0.60	0.43	Lodo
97.53	98.75	1.22	1.22	Caliza
98.75	100.28	1.53	1.23	Calcita
100.28	114.91	14.63	14.63	Caliza conteniendo hilos de calcita.
114.91	118.26	3.35	3.35	Caliza
118.26	121.00	2.74	2.74	Caliza conteniendo hilos de calcita.
121.00	121.31	0.31	0.30	Calcita
121.31	138.38	17.06	17.06	Caliza
138.38	139.29	0.91	0.91	Calcita
139.29	152.70	13.45	13.41	Caliza conteniendo dos secciones de 0.15 m de calcita
152.70	154.53	1.83	1.83	Calcita
154.53	159.71	5.18	5.18	Caliza
159.71	161.23	1.52	1.52	Calcita
161.23	180.14	18.91	18.91	Caliza conteniendo cuatro secciones de 0.15 m de calcita
180.14	188.67	8.53	7.31	Caliza conteniendo dos secciones de 0.15 m de calcita
188.67	189.89	---	---	Sin recuperaci3n
189.89	191.11	1.22	0.61	Calcita
191.11	239.27	48.16	48.16	Caliza conteniendo cinco secciones - de 0.30 m de calcita
239.27	232.01	2.74	2.44	Calcita
242.01	245.36	3.35	3.35	Caliza
245.36	252.98	7.62	7.01	Caliza conteniendo una secci3n de - 0.30 m de fluorita
252.98	253.90	0.91	0.91	Caliza
253.90	255.11	1.21	0.91	Fluorita conteniendo m3s o menos 25% calcita
255.11	257.25	2.14	1.22	Calcita conteniendo una secci3n de - 0.15 m de fluorita

DE	A	TRAMO	REC.	DESCRIPCION
257.25	271.58	14.32	14.32	Caliza conteniendo dos secciones de - 0.15 m de calcita
271.58	272.18	0.61	0.61	Calcita
272.18	297.18	24.99	24.99	Caliza con hilos de calcita
297.18	299.92	2.74	2.74	Calcita con caliza
299.92	304.19	4.99	4.27	Caliza con hilos de calcita
304.19	314.55	10.36	10.36	Calcita
314.55	342.29	27.74	27.65	Caliza conteniendo una sección de - 0.15 m de fluorita
342.29	344.72	2.44	2.44	Calcita con dos secciones de 0.30 m - de caliza
344.72	347.78	3.06	3.06	Caliza conteniendo dos secciones de - 0.30 m de fluorita
347.78	348.39	0.61	0.52	Calcita
348.39	368.81	20.42	20.42	Caliza conteniendo dos secciones de - 0.30 m de fluorita
368.81	369.72	0.91	0.91	Calcita conteniendo pequeñas secciones de fluorita
369.72	387.70	18.59	17.98	Caliza conteniendo una sección de 0.30 m de fluorita
387.70	389.53	1.83	0.61	Calcita conteniendo secciones pequeñas de fluorita
389.53	394.11	4.57	4.57	Caliza conteniendo una sección de 0.30 m de calcita
394.11	395.02	0.91	0.91	Caliza conteniendo pequeñas secciones de fluorita
395.02	396.24	1.22	1.22	Fluorita
396.24	397.46	1.22	1.22	Caliza
397.46	398.98	1.52	1.52	Calcita
398.98	402.03	3.05	2.74	Fluorita
402.03	423.98	21.95	21.95	Caliza
423.98	424.58	0.61	0.61	Calcita
424.58	425.50	0.91	0.91	Fluorita con una sección de 0.30 m de caliza
425.50	442.56	17.07	17.07	Caliza
442.56	450.49	7.93	7.62	Caliza con tres secciones de 0.10 m de calcita
450.49	451.71	1.22	0.91	Calcita
451.71	456.89	5.18	5.18	Caliza
456.89	459.02	2.13	1.83	Calcita conteniendo una sección de - 0.10 m de lodo
459.02	459.64	0.61	0.61	Caliza

DE	A	TRAMO	REC.	DESCRIPCION
459.64	463.90	4.26	2.13	Calcita conteniendo una sección de - 0.30 m de fluorita
463.90	470.92	7.02	5.47	Calcita con una sección de 0.30 m de caliza
470.92	471.52	0.61	0.30	Fluorita
471.52	472.44	0.91	0.91	Caliza
472.44	473.05	0.61	0.61	Calcita
473.05	476.40	3.35	1.52	Fluorita conteniendo una sección de - 0.15 m de caliza
476.40	491.03	14.63	14.10	Caliza conteniendo una sección de - 0.30 m de fluorita
491.03	491.64	0.61	0.61	Fluorita
491.64	632.46	140.81	140.81	Caliza compacta

BARRENO 2

LOCALIZACION - 0030 N 2825 E  
 RUMBO - ---  
 INCLINACION - Vertical  
 ELEVACION - 1,801 m.s.n.m.  
 INICIO - Octubre 15 de 1976  
 TERMINO - Noviembre 25 de 1976

DE	A	TRAMO	REC.	DESCRIPCION
0	8.23	8.23	-----	Sin recuperaci3n
8.23	31.39	23.16	19.20	Riolita
31.39	37.19	5.80	4.57	Toba color crema
37.19	39.32	2.13	1.83	Riolita
39.32	40.84	1.52	0.91	Toba color crema
40.84	41.15	0.31	-----	Sin recuperaci3n
41.15	47.85	6.70	6.40	Riolita
47.85	49.68	1.83	1.52	Riolita
49.68	50.90	1.22	0.91	Toba color crema
50.90	60.05	9.15	7.92	Riolita
60.05	92.96	32.91	30.00	Riolita color rojizo
92.96	104.55	11.59	11.58	Riolita con fenocristales de feldespatos
104.55	112.78	8.23	8.23	Riolita con fenocristales de feldespatos
112.78	145.00	32.22	32.22	Riolita

BARRENO 3

LOCALIZACION - 325 N 1107 E

RUMBO - ---

INCLINACION - Vertical

ELEVACION - 1,871.79 m.s.n.m.

INICIO - Marzo 29 de 1977

TERMINO - Septiembre 4 de 1977

DE	A	TRAMO	REC.	DESCRIPCION
0	16.15	16.15	1.83	Riolita
16.15	17.07	0.92	0.91	Riolita conteniendo pequeñas secciones de vitrofiro
17.07	26.82	9.75	2.13	Toba riolítica
26.82	30.18	3.36	1.52	Brecha riolítica
30.18	45.11	14.93	12.19	Andesita
45.11	46.33	1.22	1.22	Andesita
46.33	53.95	7.62	7.62	Andesita color verde oscuro, maciza, con calcita en fracturas, feldespatos alterados, textura fina, pirita diseminada
53.95	64.01	11.06	10.06	Andesita color verde oscuro, maciza, con calcita en fracturas, feldespatos alterados, textura fina, pirita diseminada
64.01	83.21	19.20	19.20	Andesita color verde oscuro, las fracturas rellenas de calcita, disminuyen la pirita, se presentan fracturas con planos de fricción y alteración propiética sobre las mismas
83.21	86.87	3.66	3.66	Andesita
86.87	89.31	2.44	2.44	Andesita
89.31	92.05	2.74	2.74	Andesita
92.05	104.85	12.80	12.80	Andesita
104.85	106.37	1.52	1.52	Andesita (alterada)
106.37	108.00	1.67	1.52	Zona de transición entre andesita y material félsico, presentando algo de clorita y mica negra (biotita), deleznable, con fragmentos de 1.5 de andesita, fracturas con calcita
108.00	130.76	22.76	19.20	Toba andesítica con intercalaciones de material riolítico
130.76	136.85	6.09	5.95	Andesita
136.85	138.08	1.23	1.23	Andesita
138.08	149.35	11.27	11.00	Toba andesítica
149.35	158.50	9.15	9.05	Andesita

BARRENO 4

NIVEL - Superficie  
LOCALIZACION - 600 N 967.3 E  
RUMBO - ---  
INCLINACION - Vertical  
INICIO - Noviembre 26 de 1976  
TERMINO - Diciembre 18 de 1976

DE	A	TRAMO	REC.	DESCRIPCION
0	35.66	35.66	20.42	Riolita
35.66	41.76	6.10	5.18	Riolita
41.76	135.94	94.18	93.27	Andesita
135.94	137.46	1.52	1.52	Producto de falla andesítico
137.46	143.56	6.10	3.96	Lodo conteniendo dos secciones de 0.30 m de calcita
143.56	154.53	10.97	10.97	Caliza



BARRENO 5

NIVEL - Superficie  
 LOCALIZACION - 605.112 N 915.996 E  
 RUMBO - ---  
 INCLINACION - Vertical  
 INICIO - Diciembre 21 de 1976  
 TERMINO - Febrero 2 de 1977

DE	A	TRAMO	REC.	DESCRIPCION
0	26.21	26.21	12.80	Riolita
26.21	32.00	5.79	3.05	Brecha riolítica
32.00	32.67	0.67	0.30	Riolita y vitrofiro
32.67	38.10	5.43	3.05	Producto de falla riolítico
38.10	74.98	36.88	36.27	Andesita
74.98	99.36	24.38	24.08	Andesita
99.36	102.41	3.05	3.05	Andesita
102.41	106.98	4.57	4.57	Andesita
106.98	121.31	14.33	14.02	Andesita
121.31	124.66	3.35	3.35	Andesita
124.66	151.18	26.52	23.77	Andesita

BARRENO 6

NIVEL - Superficie  
 LOCALIZACION - 373.86 N 561.91 W  
 RUMBO - ---  
 INCLINACION - Vertical  
 ELEVACION - 1,894.531 m.s.n.m.  
 INICIO - Abril 26 de 1977  
 TERMINO - Junio 5 de 1977

DE	A	TRAMO	REC.	DESCRIPCION
0	9.14	9.14	7.05	Toba riolítica
9.14	35.05	25.91	25.10	Riolita
35.05	41.15	6.10	---	Sin recuperación
41.15	54.86	13.71	12.98	Riolita
54.86	64.01	9.15	---	Sin recuperación
64.01	178.92	114.91	114.16	Riolita
178.92	186.54	7.62	5.98	Andesita
186.54	284.77	98.23	96.07	Riolita

BARRENO 7

NIVEL - 180  
 LOCALIZACION -  
 RUMBO - Oeste  
 INCLINACION - Horizontal  
 ELEVACION - 1,700 m.s.n.m.  
 INICIO - Noviembre 8 de 1976  
 TERMINO - Diciembre 15 de 1976

DE	A	TRAMO	REC.	DESCRIPCION
0	4.88	4.88	4.88	Caliza
4.88	9.74	4.26	0.91	Lodo de composición riolítica
9.74	12.19	3.05	0.61	Calcita
12.19	14.93	2.74	0.30	Lodo de composición riolítica con una sección de 0.20 m de fluoruro de calcio
14.93	15.54	0.61	0.61	Caliza
15.54	18.29	2.75	0.30	Lodo de composición riolítica de color pardo
18.29	27.73	9.44	2.13	Fluorita con dos tramos de 0.20 m de brecha riolítica
27.73	49.68	22.05	5.79	Brecha riolítica con dos tramos de 0.22 m de andesita
49.68	51.82	2.14	0.30	Producto de falla de composición riolítica
51.82	56.98	5.16	1.52	Brecha riolítica
56.98	57.91	0.93	0.91	Caliza quebrada con secciones de lodo
57.91	70.10	12.19	11.89	Caliza
70.10	75.15	3.05	0.30	Sin recuperación
73.15	82.90	9.75	9.75	Caliza
82.90	83.21	0.31	0.30	Fluorita
83.21	84.43	1.22	1.22	Caliza con una sección de 0.30 m de calcita
84.43	88.70	4.27	4.27	Caliza con una sección de 0.30 m de lodo
88.70	89.31	0.61	0.61	Calcita
89.31	94.49	5.18	5.18	Caliza con una sección de 0.10 m de lodo
94.49	94.79	0.30	0.30	Calcita
94.79	97.84	3.05	3.05	Caliza quebrada con secciones de lodo y material de falla
97.84	99.70	1.86	1.52	Calcita con tres secciones de 0.12 m de caliza

DE	A	TRAMO	REC.	DESCRIPCION
99.70	103.33	3.63	3.63	Caliza con una sección de 0.30 m de calcita
103.33	106.37	3.04	2.44	Caliza con dos secciones de 0.10 m de lodo
106.37	112.78	6.40	6.40	Caliza con tres secciones de 0.15 m de calcita
112.78	116.13	3.35	3.35	Caliza con una sección de 0.30 m de lodo
116.13	116.43	0.30	0.30	Fluorita
116.43	117.96	1.53	1.22	Calcita con dos secciones de 0.15 m de caliza
117.96	121.61	3.66	3.66	Caliza
121.61	124.36	2.75	2.75	Caliza quebrada con secciones de arcilla y producto de falla
124.36	124.66	0.30	0.30	Calcita
124.66	132.28	7.62	3.66	Caliza quebrada con secciones de arcilla y producto de falla
132.28	132.89	0.61	0.61	Caliza
132.89	135.03	2.14	0.91	Brecha riolítica
135.03	137.16	2.13	1.52	Calcita
137.16	138.38	1.22	1.22	Caliza con hilos de calcita. Adelante de esta profundidad se localizó anomalía gravimétrica con mineralización de fluorita
138.38	155.14	16.76	16.15	Fluorita
155.14	155.75	0.61	0.61	Fluorita de ley baja
155.75	164.59	8.84	5.49	Fluorita
164.59	167.33	2.74	2.74	Fluorita con secciones de calcita
167.33	170.38	3.05	3.05	Fluorita
170.38	170.69	0.30	0.30	Calcita con fluorita
170.69	173.74	3.05	0.61	Fluorita
173.74	178.00	4.26	1.52	Fluorita con secciones de calcita
178.00	180.44	2.44	0.91	Calcita
180.44	188.98	8.54	7.01	Caliza conteniendo dos secciones de 0.15 m de fluorita
188.98	198.12	---	---	Sin recuperación

BARRENO 7-A

LOCALIZACION - 1470 N 560 E  
 RUMBO - N 72° 00' W  
 INCLINACION - Horizontal  
 ELEVACION - 1700 m.s.n.m.  
 INICIO - Diciembre 17 de 1976  
 TERMINO - Enero 21 de 1977

DE	A	TRAMO	REC.	DESCRIPCION
0	3.96	3.96	3.96	Caliza
3.96	11.28	7.32	7.32	Caliza
11.28	12.50	1.22	0.61	Lodo conteniendo una sección de 0.20 m de caliza
12.50	18.59	----	----	Sin recuperación
18.59	21.34	2.75	0.61	Brecha riolítica con concentración de - - fluoruro de calcio
21.34	21.64	0.30	0.15	Lodo color pardo
21.64	24.08	2.44	2.44	Brecha riolítica
24.08	24.69	0.61	0.61	Producto de falla de composición riolítica
24.68	37.49	----	----	Sin recuperación
37.49	39.93	2.44	1.52	Brecha riolítica
39.93	48.77	8.84	8.00	Brecha riolítica
48.77	49.07	0.30	0.30	Fluorita
49.07	49.99	0.92	0.30	Producto de falla de composición riolítica
49.99	51.82	1.83	1.83	Caliza
51.82	58.52	6.70	6.70	Caliza conteniendo una sección de 0.20 m de calcita color blanco
58.52	59.44	0.92	0.45	Caliza parcialmente quebrada con secciones de arcilla y producto de falla de composición riolítica
59.44	61.26	1.82	1.82	Caliza
61.26	65.23	3.97	3.96	Caliza
65.23	67.06	1.83	1.22	Caliza parcialmente quebrada
67.06	---	----	----	Adelante de esta profundidad se localizó anomalía gravimétrica con mineralización de fluoruro de calcio

BARRENO 8

LOCALIZACION - 344.459 N 771.226 E

RUMBO - N 11° 00' E

INCLINACION - -45°

ELEVACION - 1869.712 m.s.n.m.

INICIO - Julio 29 de 1977

DE	A	TRAMO	REC.	DESCRIPCION
0	133.81	133.81	130.60	Riolita color rosado, textura porfírica en matriz afanítica, presenta fenocristales de feldespato color blanco alterado. Algunos tramos presentan fracturamiento.
133.81	155.14	155.14	24.33	Andesita color verde, con fenocristales de andesina y algunos de mica biotita en matriz afanítica. Presenta algunas fracturas con material propilitizado.

BARRENO 9

NIVEL - Superficie  
 LOCALIZACION - 237.937 N 527.153 W  
 RUMBO - ---  
 INCLINACION - Vertical  
 ELEVACION - 1865.194 m.s.n.m.  
 INICIO - Abril 2 de 1977

DE	A	TRAMO	REC.	DESCRIPCION
0	160.93	160.93	158.00	Riolita color rosa, textura porfirica en matriz afanítica, presenta cristales de feldespato color blanco muy alterado, se observan algunos tramos muy fracturados con óxidos color ocre.
160.93	162.46	1.53	---	Sin recuperación
162.46	184.71	22.25	21.60	Riolita idéntica a la de la superficie

BARRENO 10

NIVEL - Superficie  
 LOCALIZACION - 78.586 N 1010 W  
 RUMBO - ----  
 INCLINACION - Vertical  
 ELEVACION - 1940.950, m.s.n.m.  
 INICIO - Abril 30 de 1977

DE	A	TRAMO	REC.	DESCRIPCION
0	30.18	30.18	30.00	Riolita
30.18	32.61	2.43	2.40	Vitrofiro
32.61	40.23	7.62	7.30	Toba riolitica
40.23	41.45	1.22	1.04	Arcilla
41.45	46.94	5.49	5.49	Riolita
46.94	48.16	1.22	1.15	Vitrofiro
48.16	164.28	116.12	115.24	Riolita
164.28	177.39	13.11	---	Sin recuperacion
177.39	295.35	117.96	117.96	Riolita



#### IV. 5.- RESULTADOS

Durante el tiempo del trabajo de la barrenación, la maquinaria utilizada tuvo rendimiento aceptable, tanto en funcionamiento como en recuperación de la muestra.

Del programa de barrenación únicamente se dio el total de 11 barrenos, de los cuales el 7 y el 7-A (se dieron en la mina, nivel 180) encontraron mineralización de fluoruro de calcio en la anomalía gravimétrica, siendo los únicos barrenos con resultados positivos; éstos han servido de guía para aumentar las reservas ya conocidas. Estos barrenos se situaron en la anomalía gravimétrica y siguiendo la estructura mineralizada, comprobándose que sigue con orientación preferente hacia la parte noroccidental del área planificada.

Nota: Los valores que se indican no son los reales, por tratarse de datos confidenciales de la Cía. Minera "Las Cuevas", S.A.

Los barrenos 1 y 4 (de superficie) atravesaron el espesor volcánico en esa área; dicho espesor tuvo como promedio 90 m. Esos barrenos alcanzaron la sección sedimentaria (calizas), la cual no presentó mineralización importante, cortándose únicamente algunas fisuras con concentración de fluoruro de calcio.

Todos los demás barrenos no alcanzaron la sec  
ción sedimentaria, ya que las estaciones se pusie-  
ron más al sur, suroeste y sureste de la estructu-  
ra mineralizada, observándose únicamente el aumen-  
to en la potencia de las rocas volcánicas.

Se pudo observar la gran diferencia en la du-  
reza de las distintas rocas cortadas, Por el rendi  
miento de los útiles diamantados; tomando en cuen-  
ta ésto, se pudo hacer uso de las distintas brocas  
existentes para los diversos tipos de rocas perfo-  
radas.

#### CONSEJOS PARA PERFORACION

a).- En los trabajos de perforación desarro-  
llados en el estudio presente, se usó como fluido  
agua únicamente; entonces, el autor sugiere que se  
usen lodos, ya que éstos, por su mayor densidad y  
viscosidad, dan porcentaje mayor de recuperación,  
lubricación y limpieza, tanto a los sectores dia-  
mantados como a la tubería de perforación y adema-  
do, aumentando la vida de los mismos.

b).- Como todas las rocas que circundan la zo  
na mineralizada son conocidas, usar para las rocas  
silíceas brocas de matriz extradura, diamante pe-  
queño (70/110 p.p.q.) y pocas salidas de agua si -  
la roca es compacta; en el caso de que se atravie-

sen terrenos no homogéneos y mal consolidados, aumentar el número de salidas de agua. Para rocas de dureza mediana no alteradas, como la caliza, se puede usar broca de matriz dura y diamante mediano (30/70 p.p.q.) y 4 salidas o pasos de agua.

c).- Al inicio de un barreno, sobre todo en los de la superficie, se aconseja usar broca triconica hasta la profundidad de la primera barra de perforación (3.05 m) y sentar ademe de la medida, según la tubería que se vaya a usar. Esto para evitar caídos y desviación posible de la tubería.

d).- Es aconsejable medir con Tropari el rumbo e inclinación de los barrenos, para cerciorarse de que éstos han terminado como se habían programado; de no ser así, se sabrá hacia donde y cuanta fue su desviación.

e).- Con la colaboración de un mecánico, es aconsejable elaborar un plan de mantenimiento de las máquinas y bombas con que se cuente, ya que esto aumentará el rendimiento y vida de las mismas.

f).- Orientar a los perforistas con algunas conferencias de personas capacitadas, sobre el funcionamiento y mantenimiento del equipo. Esto hará que el operador aumente su capacidad y responsabilidad.

## CAPITULO V

## CONCLUSIONES

En el área de estudio las rocas más antiguas son sedimentarias de origen marino, separadas por dos medios ambientes de depósito, correspondientes al Cretácico Inferior y Cretácico Superior.

El Cretácico Inferior se encuentra representado por la Formación El Doctor, la que corresponde a los pisos Albiano-Cenomaniano. Consiste de calizas macizas y horizontes estratificados de capas delgadas y gruesas.

El Cretácico Superior se presenta en calizas de color gris oscuro, interestratificadas con lutitas calcáreas. Esta unidad sedimentaria tiene la característica de partirse en lajas delgadas y su edad corresponde al piso Turoniano.

Afloran también rocas intrusivas de composición félsica, consistentes en brechas con fragmentos angulosos de textura porfirítica, cementados por material de la misma composición.

Las rocas extrusivas están representadas por derrames riolíticos, andesíticos y tobas alteradas, las cuales corresponden al Terciario.

El material aluvial que cubre las depresiones del área planificada, está representada por cantos rodados de composición calcárea, riolítica, andesítica y basáltica. Donde se aprecian bancos los cantos están cementados por arcilla.

Las anomalías determinadas se corroboraron con los barrenos 7 y 7-A y resultaron con mineralización de fluoruro de calcio (fluorita) de ley alta. Estos barrenos abrieron el camino para incrementar las reservas de la mina "Las Cuevas".

La barrenación no fué aceptable, ya que algunos barrenos no alcanzaron los objetivos deseados; quedó sin delimitar en esos puntos el espesor volcánico y no se encontró la formación sedimentaria.

## CAPITULO VI

## RECOMENDACIONES

Se recomienda principalmente proyectar la exploración adelante, arriba y por debajo de los barrenos 7 y 7-A, para tratar de seguir la estructura mineralizada principal, ya que, tomando en cuenta su comportamiento conocido, se aprecia que tiene preferencia hacia esa zona.

En los barrenos en los que no se logró encontrar la formación sedimentaria, sobre todo en las estaciones donde se utilizó la máquina 24, que por su menor potencia no resultó lo suficientemente capaz de desarrollar el trabajo destinado, se recomienda instalar una máquina de mayor potencia, pues el objetivo de uno de ellos, era tratar de cortar la falla de la mina "La Consentida", que supuestamente se encontraba sepultada por las rocas volcánicas en ese punto.

Se recomienda desplazar la exploración a la superficie, precisamente donde fue localizada la anomalía gravimétrica y aumentar los barrenos sobre dicha área. Como se dijo anteriormente, esta anomalía se orienta con la estructura mineralizada principal, con rumbo hacia el noroccidente. Los barrenos que se aconsejan deberán ser verticales, para saber el techo del cuerpo mineralizado y se pla

nee posteriormente la posibilidad de explotarlo a cielo abierto.

En las obras del interior de la mina, se aconseja encaminar barrenos sobre el respaldo nor oriental, saliendo éstos de las estaciones de los barrenos 7 y 7-A, con el fin de conocer el perímetro mineralizado y abrir una galería bordeándolo. Después se puede aumentar el número de estaciones en la galería y así continuar la exploración en el nivel 180 en esa área.

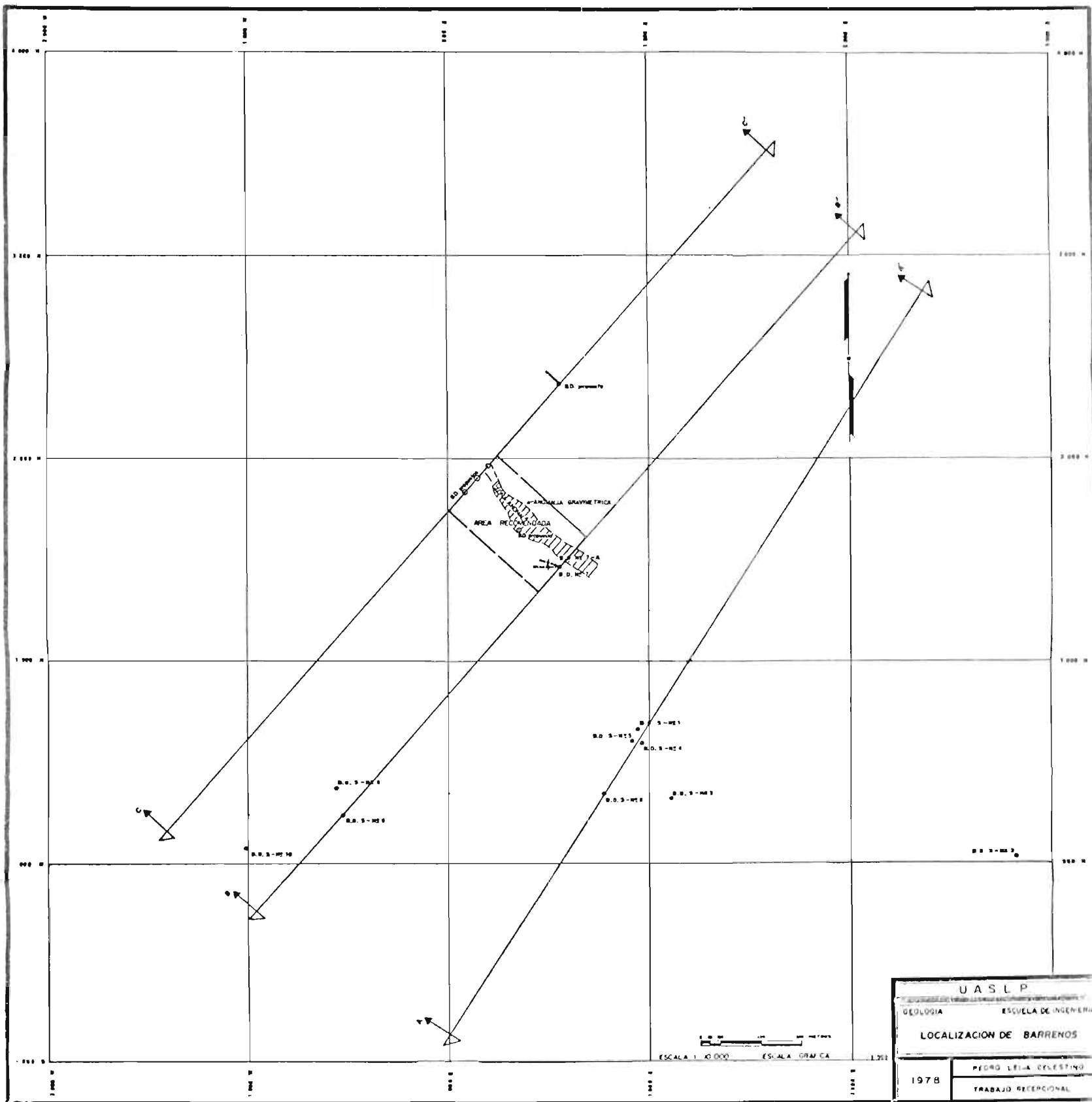
En los barrenos verticales en que se encontró evidencia de mineralización, dar barrenos inclinados con rumbo hacia la estructura mineralizada principal.

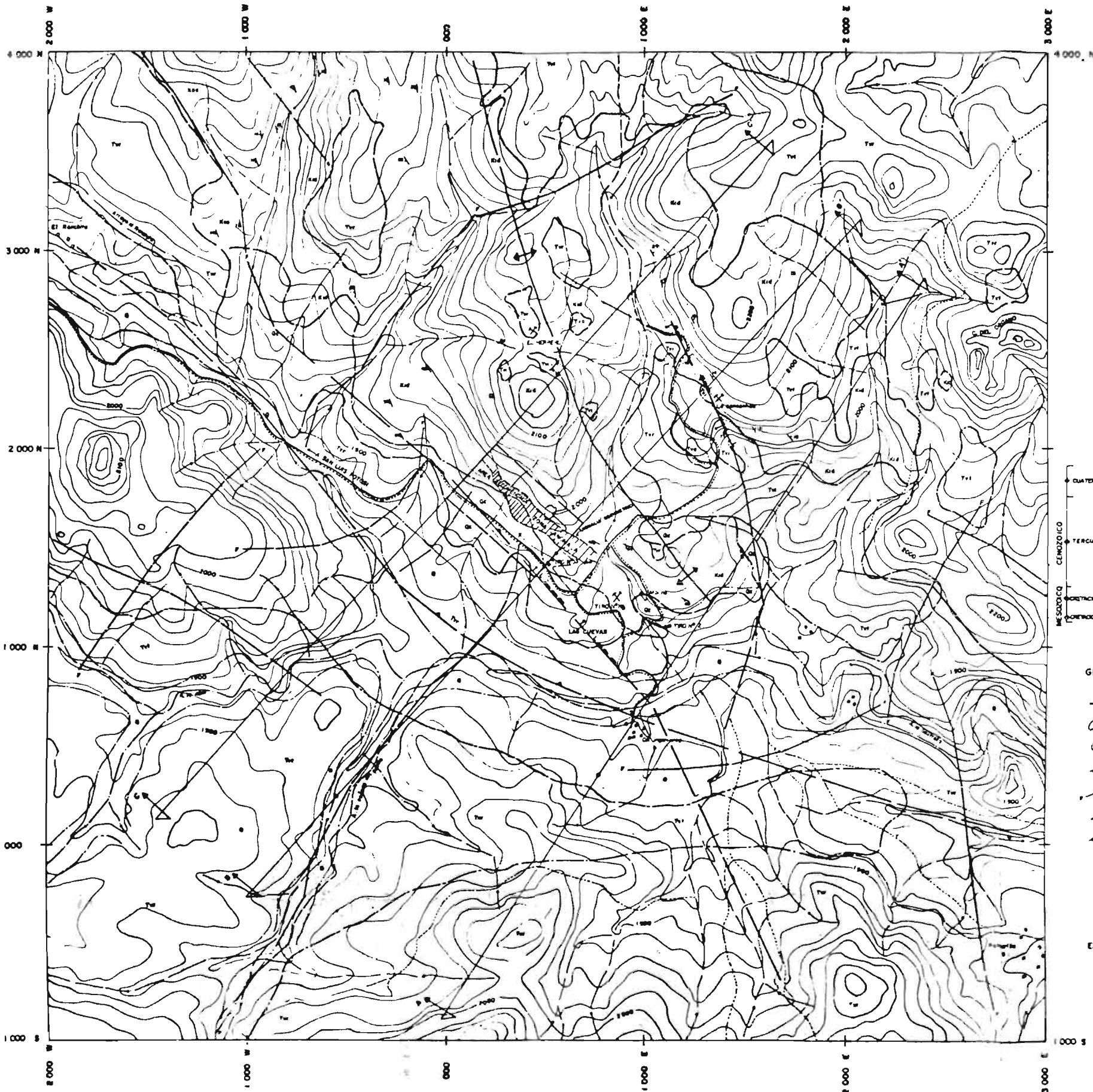
El autor recomienda a todos los estudiantes de la carrera de geología, que realicen prácticas en mina, que den interés especial a la maquinaria de barrenación, ya que ésta es de mucha importancia y de aplicación en cualquier trabajo con miras a la evaluación y aprovechamiento de minerales de rendimiento económico. Al mismo tiempo, el autor sugiere a los dirigentes de la mina "Las Cuevas", den facilidad a los estudiantes para que puedan observar los principios y como se desarrolla la barrenación con útiles diamantados.

## BIBLIOGRAFIA

- Almazán Cadena, Antonio      *Síntesis Geográfica del Estado de San Luis Potosí. Ediciones del Ateneo Nacional de Investigaciones Geográficas, Sección San Luis Potosí, 1972.*
- Billings, M. P.      *Geología Estructural. Eudeba, Buenos Aires, 1963.*
- Cserna G., Eugene y Barradas Bello, Alejandro      *Geología de la Sierra de Alvarez, Mpio. de Zaragoza, Estado de San Luis Potosí, 1963.*
- Diamond Boart Belgium      *Herramientas Diamantadas de Perforación.*
- Longyear de México, Christensen Diamond Products, División Minera.      *Utiles de Diamante y su uso en Sondeos poco Profundos.*
- Peralta Cruz, Manuel de Jesús      *Estudio Geológico-Geoquímico de la Sierra de San Pedro, S.L.P.*







— EXPLICACION —

CENOSOICO	Q	ALUVION	
	Qc	FLUORITA	
	Ty	BRECHA RIOLITICA INTRUSIVA	
	Tyf	TOBAS RIOLITICAS Y ANDESITICAS	
	Tyv	RIOLITA	
	Tyw	ANDESITA	
	MESOSOICO	Kss	FORMACION SOYATAL (calizas arcillosas, litas calcareas)
		Kid	FORMACION DOCTOR (calizas)

— SIMBOLOS —

GEOLOGICOS	TOPOGRAFICOS
— Eje de anticlinal	— Curvas de nivel
— Contacto geologico	— Mina
— Contacto geologico inferido	— Camino en buenas condiciones
— Rumbo y echado de falla	— Camino temporal
— Fractura	— Vereda
— Rumbo y echado de capas	— Arroyo
— Faja lineal, mostrando el echado L, parte del 1-34 y hacia arriba. La flecha indica el rumbo de faldado. Los ranchos indican las elevaciones.	— Mina o coto abierto
	— Rancharias y casas



ESCALA 1:10 000 ESCALA GRAFICA

**U A S L P**

GEOLOGIA ESCUELA DE INGENIERIA

**PLANO GEOLOGICO TOPOGRAFICO**

1978



