



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**“ CONTROLES DE LA MINERALIZACIÓN Y  
PROCEDIMIENTOS DE EXPLORACIÓN EN EL  
DISTRITO MINERO GUANACEVI, DURANGO.”**

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
**INGENIERO GEOLOGO**  
P R E S E N T A :  
**RAUL DIAZ UNZUETA**

**MEXICO, D. F.,**

**1983**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## CONTENIDO

	Página
LISTA DE ILUSTRACIONES .....	ix
LISTA DE TABLAS .....	xi
RESUMEN .....	xii
1. INTRODUCCION .....	1
Localización y Acceso .....	2
Historia del Distrito .....	4
Estudios Previos .....	7
Método de Trabajo .....	8
2. GEOLOGIA REGIONAL Y DE DISTRITO .....	11
Fisiografía y Geomorfología .....	11
Subprovincia de Altiplanicie .....	13
Patrón de Desagüe .....	16
Estratigrafía Regional .....	17
Rocas Pre-Terciarias .....	19
Jurásico .....	21
Cretácico .....	21
Rocas Terciarias .....	22
Paleoceno .....	23
Eoceno .....	23
Oligoceno .....	25
Mioceno .....	26
Estratigrafía del Distrito .....	27
Conglomerado Guanaceví .....	29
Areniscas Guanaceví .....	32
Grupo Volcánico Superior .....	38
Rocas Intrusivas .....	40
Dique Riolítico .....	41
Dique Dacítico .....	41
Estructura del Distrito .....	43
Sistema Noroeste .....	45
Sistema Norte-Sur .....	46
Sistema Noreste .....	47
Origen y Edad de las Estructuras .....	48
3. GEOLOGIA DE LOS YACIMIENTOS MINERALES .....	49
Mineralogía del Distrito .....	50
Zonificación .....	51

Descripción de Vetas del Area Arianeña y Santa Cruz..	52
Area Arianeña .....	52
Veta San José .....	54
Veta Arianeña .....	56
Veta el Hueco .....	58
Veta Jesús María .....	59
Area Santa Cruz .....	60
Veta Santa Cruz .....	60
Texturas de la Vetas .....	63
Mineralogía de las Areas Arianeña y Santa Cruz ....	65
Minerales de Mena y Ganga .....	66
Pirita .....	67
Galena .....	67
Esfalerita .....	67
Argentita-Acantita .....	68
Calcopirita .....	69
Hollandita .....	69
Oro .....	70
Plata .....	70
Covelita .....	70
Hematita-Goetita .....	70
Pirosulita-Manganita .....	71
Cuarzo .....	71
Calcita .....	71
Barita .....	72
Fluorita .....	72
Clavos Mineralizados .....	73
Area Arianeña .....	75
Area Santa Cruz .....	75
Forma y Localización de los Clavos Mineralizados ..	77
4.  TECNICAS Y RESULTADOS DE EXPLORACION .....	81
Contornos Estructurales .....	82
Area Arianeña .....	86
Area Santa Cruz .....	88
Alteración Hidrotermal .....	93
Area Arianeña .....	97
Area Santa Cruz .....	102
Perfiles Geoquímicos .....	103
Area Santa Cruz .....	103
5.  MODELO Y PROGRAMA DE EXPLORACION .....	109
Programa de Exploración .....	112
Area Arianeña .....	112
Area Santa Cruz .....	116
6.  CÓNCLUSIONES .....	119
BIBLIOGRAFIA SELECCIONADA .....	121

## LISTA DE ILUSTRACIONES

Figura	Página
1. Plano de Localización Proyecto Guanaceví ....	3
2. Plano Índice del Distrito con Localización de Areas de Trabajo.....	5
3. Mapa Fisiográfico.....	12
4. Paisaje Típico del Distrito Guanaceví.....	15
5. Sección Esquemática Compósito de la Sierra Madre Occidental.....	18
6. Columna Estratigráfica Generalizada de la Provincia de la Sierra Madre Occidental.....	20
7. Columna Estratigráfica del Distrito Minero de Guanaceví.....	28
8. Geología Regional del Distrito Minero de Guanaceví.....	30
9. Secciones Estratigráficas Regionales.....	44
10. Geología Area Arianeña.....	55
11. Sección Transversal AA' Area Arianeña.....	57
12. Geología Area Santa Cruz.....	62
13. Sección Transversal 100 Mina Santa Cruz.....	64
14. Sección Transversal 500 Mina Santa Cruz.....	64
15. Sección Longitudinal y Planta de la Mina San José Mostrando Clavos Mineralizados.....	74
16. Sección Longitudinal y Planta de la Mina Arianeña Mostrando Clavos Mineralizados.....	76
17. Fotografía de una celda Hele-Shaw mostrando con partículas de aluminio el esquema de flujo sobre una fuente de calor.....	80
18. Distribución de la temperatura en la celda Hele-Shaw.	80

19.	Sección vertical del Sistema Hidrotermal de Wairaki, Nueva Zelandia.....	80
20.	Aberturas producidas por movimiento lateral a rumbo de veta.....	83
21.	Fisura con cambio de echado con deslizamiento normal.....	83
22.	Aberturas producidas por movimiento con componente horizontal y vertical.....	83
23.	Procedimiento de Contorno de Vetas.....	85
24.	Procedimiento de Contorno de Vetas. Esquema en planta.....	85
25.	Contornos Estructurales Veta San José.....	87
26.	Contornos Estructurales de la Veta Santa Cruz,	90
27.	Diagrama de Características de Vetas Epitermales ilustrando alteración y mineralogía.....	94
28a.	Geología del Nivel 6 Minas Arianeña y San José Plano Parcial.....	98
28b.	Geología del Nivel 6 Minas Arianeña y San José Plano Parcial.....	100
29.	Perfiles Geoquímicos Veta Santa Cruz.....	106
30.	Programa de Barrenación Veta San José.....	113
31.	Programa de Barrenación Veta Arianeña.....	115
32.	Programa de Barrenación Veta Santa Cruz.....	117

## LISTA DE TABLAS

Tabla	Página
1. Vetas de las Areas Santa Cruz y Arianeña .....	53
2. Programa de Barrenación Area Arianeña .....	114
3. Programa de Barrenación Mina Santa Cruz .....	118

## RESUMEN

El Distrito Minero Guanaceví está localizado a 250 - Km al N30°W de la ciudad de Durango en la Subprovincia de - la Altiplanicie de la Sierra Madre Occidental. Las rocas - del distrito consisten en una gruesa secuencia de rocas --- clásticas y volcánicas terciarias y son de la base a la cima, un conglomerado rojo de fragmentos de cuarzo y rocas -- metamórficas (Conglomerado Guanaceví), una secuencia vulcanoclastica compuesta por una alternancia de areniscas, limo litas y tobas y horizontes de conglomerados y aglomerados - andesíticos (Areniscas Guanaceví) ambas unidades expuestas - en una ventana en ignimbritas (Grupo Volcánico Superior). Todas estas rocas están intrusionadas por diques de composi ción andesítica a riolítica.

La estructura forma parte de un domo elongado con -- sentido noroeste afectado por fallas formando un horst. Las vetas se encuentran en tres sistemas de fallas y fracturas: el Norte-Sur, el N47°W y el sistema Noreste (N75°E) y estan alojadas en toda la secuencia hasta la base de las ignimbri tas.

La mineralización se encuentra en vetas de relleno - de fisuras y relleno de breccia que producen principalmente plata, aunque también tienen valores de oro, plomo, zinc y co bre en óxidos y sulfuros. Los clavos mineralizados se han-

localizado entre los 1900 y 2500 metros sobre el nivel del mar. La mineralogía consiste en argéntita, acantita, galeña, esfalerita, proustita, pirargirita y ganga de cuarzo, calcita, barita, fluorita y pirita.

Los levantamientos geológicos a detalle en dos áreas denominadas Arianeña y Santa Cruz y observaciones en todo el distrito, han permitido identificar tres guías para la mineralización: el control estructural, la alteración de la roca encajonante y los ensayos de la veta en superficie. Los clavos mineralizados se localizan en concavidades a favor del echado de la veta y en cambios de echado (zonas de mayor echado de la veta) con fuerte alteración clorítica, silícica y principalmente argílica. Las gráficas de los ensayos en superficie muestran relación directa con los clavos mineralizados. Estas guías y controles de la mineralización se han evaluado con el método de contornos de vetas que aquí se ha denominado contornos estructurales y con levantamientos geológicos a detalle. El uso de estos procedimientos se constituye como modelo de exploración para incrementar las reservas o localizar nuevos clavos mineralizados en vetas.

## CAPITULO 1

### INTRODUCCION

La presencia de vetas de oro, plata y oro, plata, plomo, zinc y cobre en rocas volcánicas terciarias en la Sierra Madre Occidental es bien conocida; su importancia se pone en relieve por el alto potencial que representa para la producción de metales preciosos y metales base. A pesar de ello pocos grupos de exploración han puesto atención en estos yacimientos, probablemente debido a lo inaccesible del terreno, al potencial limitado de estos depósitos y a los altos costos de producción, sin embargo podemos citar algunos distritos mineros en la Sierra Madre Occidental como Tayoltita, Topia y Guanaceví en Durango, Lampazos en Sonora, Guadalupe y Calvo y Batopilas en Chihuahua que son objeto de explotación actualmente y muchas localidades más que han permanecido inactivas que demuestran la importancia de esta provincia fisiográfica.

El Distrito Minero de Guanaceví ha sido explotado desde la época de la colonia, no obstante, se estima que su potencial no ha sido aprovechado al máximo puesto que se han utilizado técnicas deficientes tanto en la exploración como en la explotación de sus valores minerales.

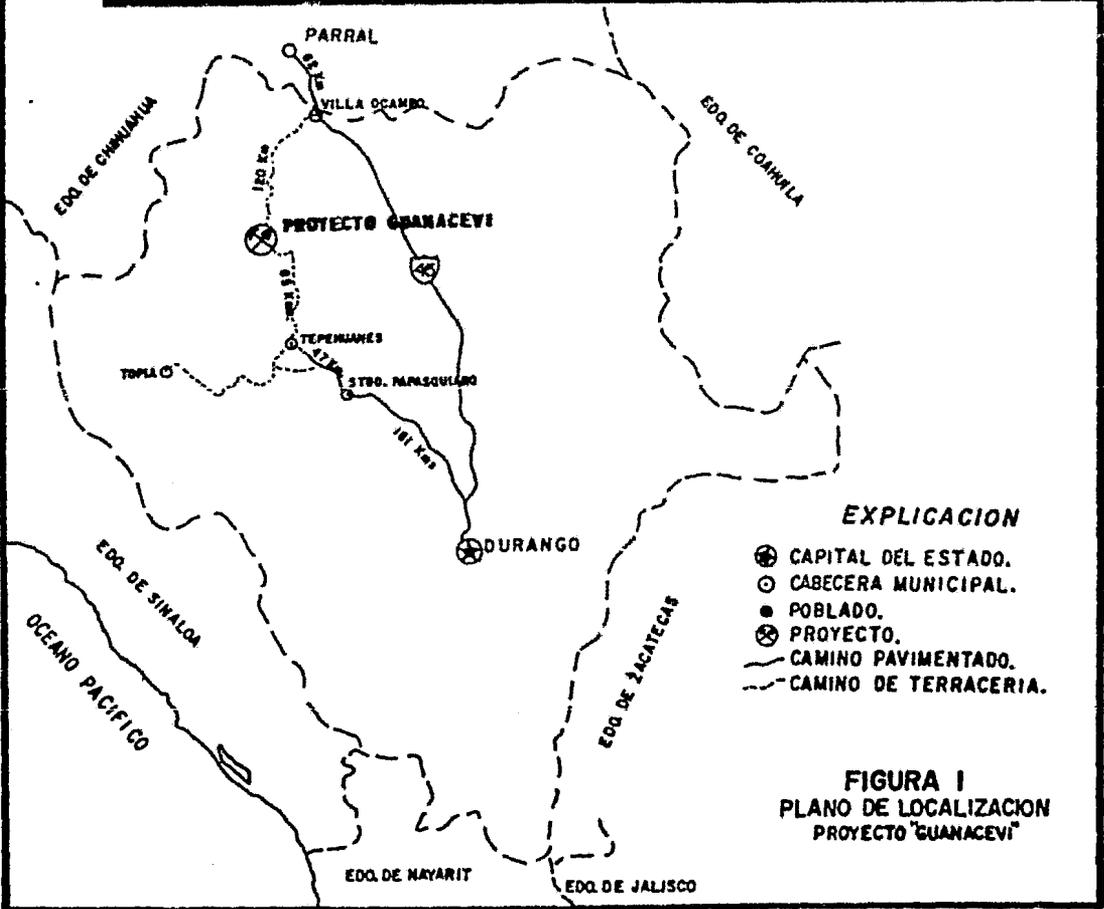
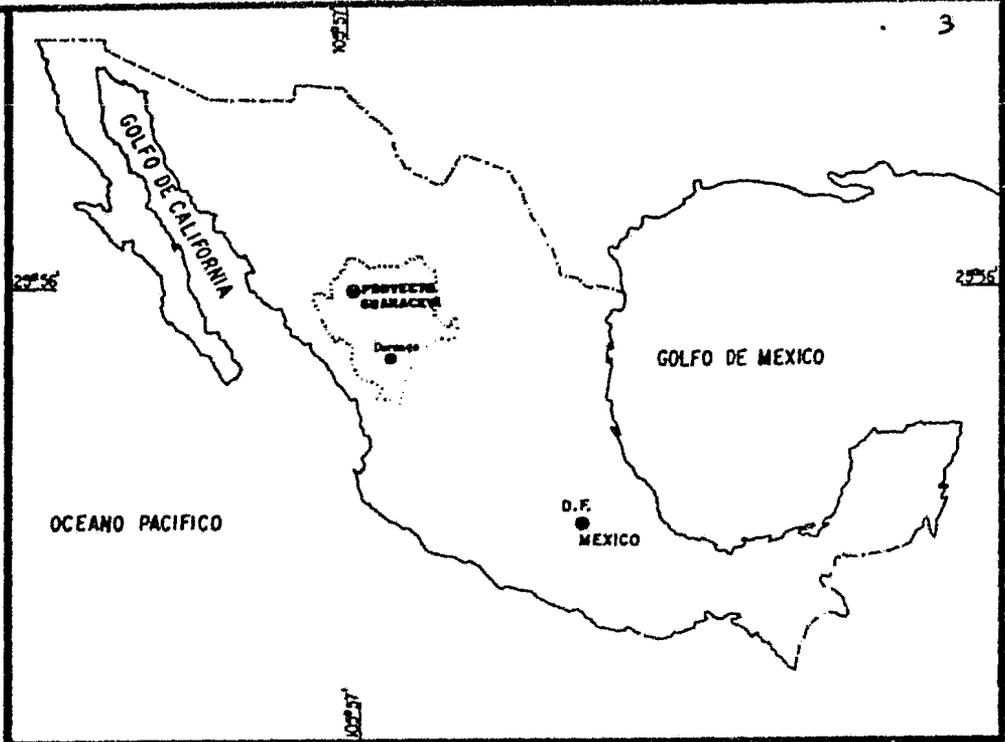
La mayoría de las vetas en este distrito han sido - trabajadas superficialmente en zona de oxidación agotando - los minerales más ricos y dóciles para su beneficio, sólo - algunas vetas han sido trabajadas en la zona de sulfuros y - gran parte del potencial permanece inexplorado.

El presente trabajo tiene como objetivo determinar - la estratigrafía y estructura regionales del Distrito Mine- ro de Guanaceví y establecer cuales son los controles que - determinaron la localización de la mineralización para así - definir un modelo de exploración para yacimientos minerales en vetas de origen hidrotermal en este distrito.

#### Localización y Acceso

El poblado Guanaceví se encuentra localizado por las coordenadas geográficas  $25^{\circ}56'$  latitud norte y  $105^{\circ}57'$  lon- gitud oeste del meridiano de Greenwich, a una altitud sobre el nivel del mar de 2100 metros. La distancia en línea rec<sub>ta</sub> desde la ciudad de Durango hasta nuestra área de interés es de 250 Km al  $N30^{\circ}W$  y la distancia entre la ciudad de Pa- rral y el área mencionada es 110 Km al  $S20^{\circ}W$  (Fig. 1).

La figura 2 muestra la localización relativa de las- áreas estudiadas motivo de este reporte con relación al po- blado de Guanaceví y corresponden al área de Santa Cruz y - Arianeña.



**FIGURA I**  
**PLANO DE LOCALIZACION**  
**PROYECTO "GUANACEVI"**

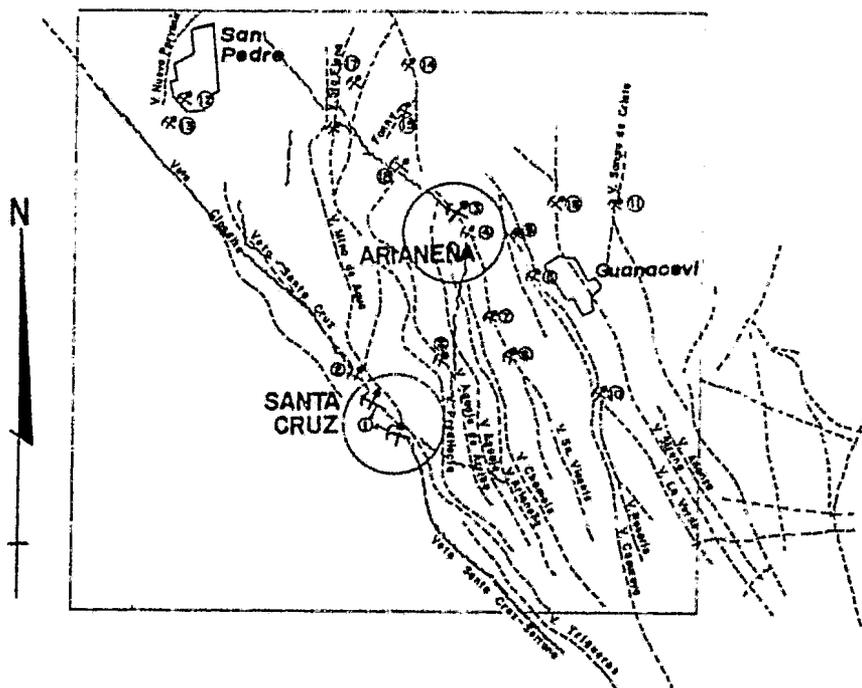
El acceso al Distrito Guanaceví se puede lograr por aire y por tierra. Aproximadamente a 8 Km al SE de la población se encuentra una pista de aterrizaje de terracería de longitud mayor a los 1500 metros. El tiempo de vuelo entre Durango y Guanaceví y entre Parral y Guanaceví es de una hora y media hora respectivamente.

Por tierra el acceso al área lleva aproximadamente seis horas desde las dos ciudades antes citadas. La distancia entre Durango y Guanaceví es de 313 Km de los que 213 Km están pavimentados y 15 Km están revestidos. El pavimento y revestimiento termina en Tepehuanes, de ahí en adelante hasta la región que nos ocupa se transita por una terracería de reciente construcción y en buenas condiciones. La distancia entre Parral y Guanaceví es de 182 Km de los que 120 son una brecha en malas condiciones hasta el poblado de Villa Ocampo. Los restantes 62 Km de Villa Ocampo a Parral se transitan por la carretera federal No. 45.

### Historia del Distrito

La historia del distrito se resume de Longoga (1900) Nelson (1909), Wingfield (1939, 1948), Terrones (1940) y Cardona (1970).

La primera referencia de Guanaceví la cita Francisco J. Clavijero en 1616 al reseñar la insurrección de los in--



Nº	MINA
1.-	SANTA CRUZ.
2.-	PORVENIR.
3.-	ARIAÑENA.
4.-	SAN JOSE.
5.-	CAPUZAYA.
6.-	SAN VICENTE.
7.-	NUESTRA SEÑORA.
8.-	CHAMOLE.
9.-	BARRADON.
10.-	ROSARIO.
11.-	SANGRE DE CRISTO.
12.-	SOTO.
13.-	EL DEENGAÑO.
14.-	SAN RAFAEL.
15.-	FANNY.
16.-	SIRENA.
17.-	PREDILECTA
18.-	COLORADAS

## EXPLICACION

	VETA
	POBLADO.

## ESCALA GRAFICA



PLANO INDICE DEL DISTRITO  
CON LOCALIZACION DE AREAS  
DE TRABAJO Y ALGUNAS  
MINAS Y VETAS.

Figura 2

dios tepehuanos contra el gobierno español, desde entonces ya se le menciona como un mineral famoso. Humboldt, en su obra sobre la Nueva España, lo menciona como un rico mineral en la Sierra Madre Occidental y su acompañante Juan Bautista Patoni establece ahí su residencia trabajando minas entre las que puede citarse la de Nuestra Señora. Del siglo XVII y XVIII se sabe muy poco.

Antes de 1870 la actividad minera fué esporádica, a partir de ese año se intensificó el trabajo operando compañías nacionales y extranjeras destacando por sus bonanzas las minas Barradón-Capuzaya, Chamole, Arianeña, San José, Predilecta, Coloradas, Fanny, San Rafael, Soto, Nueva Australia y El Desengaño tan ricas que llegaron a tener varios kilogramos por tonelada de oro con un valor en el año de 1908 de \$200,000.00 pesos por una tonelada de mineral como es el caso de la Mina Barradón. Las levas de los clavos ricos llegaron a 100 Kg/ton de plata, 1 Kg de oro y hasta 25% de cobre (Terrones 1940).

Hacia 1908 en el distrito se encontraban operando tres plantas de beneficio y se sabía de numerosas ruinas de otras plantas sobre todo en el noroeste del distrito en el área de San Pedro. Las plantas de beneficio en operación eran la de Mexican Consolidated and Smelting Co.; Anita Mill y Guanaceví Company Ltd., el proceso de concentración era flotación y cianuración.

La actividad minera comenzó a decaer por el año de 1910, tal vez causada por la revolución. En 1914 se inundaron las minas del área de San Pedro en donde Terrones -- (1940) reporta una producción con valor de \$2 000 000.00 - de pesos en tan solo la Mina de Soto en un lapso de año y medio.

En 1920 y 1921 Peñoles inició una campaña de exploración y desarrollo principalmente en la Mina Santa Cruz. Sin embargo, esta mina fue abandonada y los recursos minerales descubiertos han permanecido intactos hasta nuestros días.

Aparentemente la actividad minera fue en franco descenso hasta la década de 1950 en que fueron suspendidas casi totalmente. Entre 1950 y 1972 las minas del distrito - estuvieron sujetas al gambusinaje. A partir de 1972 La Comisión de Fomento Minero instaló una planta de flotación - de 320 ton/día y este hecho marcó una nueva etapa en la minería del distrito.

### Estudios Previos

Aunque el distrito de Guanaceví ha tenido muy buenas bonanzas los estudios realizados son poco abundantes - y pertenecen a compañías particulares por lo que en general estos estudios son inéditos. Entre los trabajos publicados se cuenta con unos reconocimientos mineros llevados-

a cabo por Nelson en 1909. Una tesis profesional escrita por A. Terrones en 1940 y una evaluación del distrito por Pineda, Altamirano y Torrecillas en 1970.

Peñoles ha hecho trabajos en este distrito desde -- 1920, sin embargo, no se cuenta con un buen registro de la información obtenida. Fue entre los años de 1964 y 1970 -- que R. Saenz y P. Sánchez Mejorada reestudiaron el distrito y lo recomendaron para seguir un programa de exploración con posibilidades de abrir una unidad minera.

### Método de Trabajo

El presente trabajo en el Distrito Guanaceví se realizó en dos etapas, la primera entre los meses de mayo de 1980 y agosto de 1981 que fue de trabajo continuo en el -- campo y la segunda entre septiembre de 1981 y septiembre de 1982 en la que se realizaron visitas esporádicas para -- complementar la información.

La secuencia del programa de trabajo llevado a cabo en este distrito se puede resumir de la manera siguiente:

- 1.- Recopilación de datos.- Se inició revisando -- y organizando la información antigua conservada en los archivos de la compañía. La Compañía Minera Fresnillo, S.A., facilitó un planotopográfico de superficie Esc. 1:10 000 que es una restitución fotogramétrica y La Comisión --

de Fomento Minero proporcionó los planos topográficos Esc. 1:500 de las minas Arianeña y Santa José.

- 2.- Geología Regional.- Con objeto de conocer la estratigrafía y estructura regional se llevó a cabo el levantamiento geológico regional sobre el plano topográfico Esc. 1:10 000 en un área de 80 Km<sup>2</sup> aproximadamente. Seis secciones regionales fueron cartografiadas con objeto de conocer la estratigrafía del distrito. Estas secciones son paralelas entre si y están separadas 1.5 Km. Se colectaron simultáneamente al levantamiento geológico muestras de roca para estudios petrográficos y se estudiaron más de 30 minas.

Este levantamiento geológico se realizó con el uso de brújula y altímetro.

- 3.- Geología de Detalle.- Se cartografiaron dos áreas de interés con el fin de evaluarlas y establecer las características que determinan la localización de la mineralización. Las escalas utilizadas fueron 1:1000 en superficie y 1:500 en interior de mina y corresponden a las áreas Santa Cruz y Arianeña.

- 4.- Muestreo de Superficie.- En la Veta Santa Cruz se llevó a cabo un muestreo en superficie con -

objeto de correlacionar los resultados con los clavos mineralizados conocidos en el interior de la mina.

5.- Petrografía y Mineragrafía.- Estos estudios -- fueron realizados por el Dr. Francisco Querol S., Ing. Germán Arriaga G., Ing. Armando Quezadas F.

## CAPITULO 2

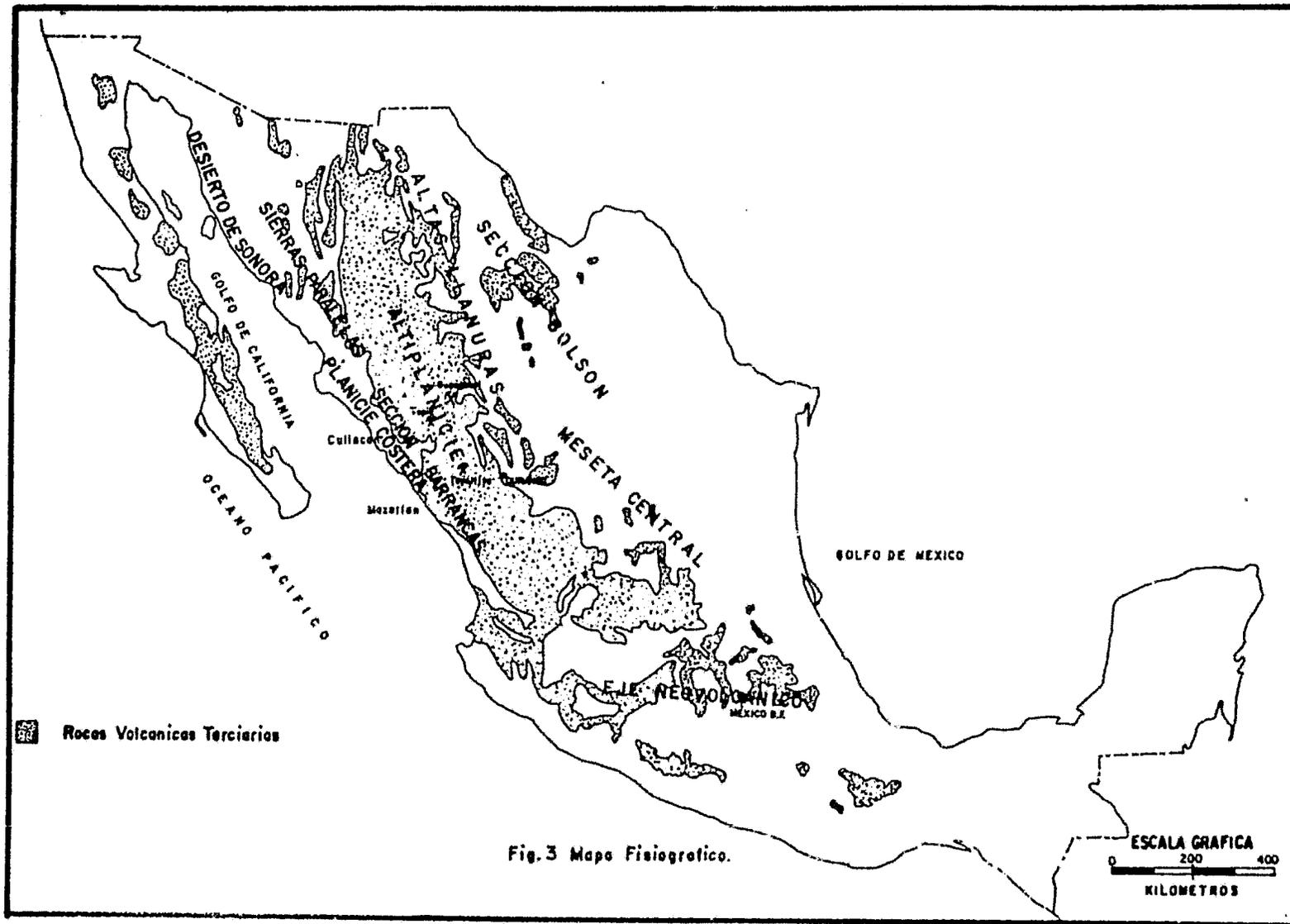
### GEOLOGIA REGIONAL Y DE DISTRITO

El Proyecto Guanaceví se localiza en la subprovincia fisiográfica de la Altiplanicie de la Sierra Madre Occidental. Esta subprovincia está compuesta por una gruesa secuencia de rocas volcánicas terciarias que cubren discordantemente rocas mesozoicas plegadas.

Las rocas que afloran en el distrito son un conglomerado rojo y una secuencia vulcanoclástica ambas expuestas por una ventana de erosión en las ignimbritas. Las vetas se encuentran en tres sistemas de fallas y fracturas, con mineralización de oro, plata y metales base en óxidos y sulfuros.

#### Fisiografía y Geomorfología.

El Proyecto Guanaceví se ubica en la parte centrooeste de la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Occidental en la Subprovincia de la Altiplanicie (Fig. 3). La Sierra Madre Occidental es una cadena montañosa de rumbo NNW-SSE que se extiende por más de 1200 Km de longitud y 250-300 Km de ancho cubriendo aproximadamente 300 000 Km<sup>2</sup>. Esta provincia se localiza entre la frontera sureste de Estados Unidos y el Eje Neovolcánico, al oeste colinda con el



Desierto de Sonora y la Planicie Costera del Pacífico y -  
al este con la Sección del Bolsón y la Mesa Central.

La Provincia Fisiográfica de la Sierra Madre Occi--  
dental está dividida en cuatro subprovincias que de poniente  
te a oriente son:

Subprovincia de Sierras y Valles Paralelos

Subprovincia de Barrancas

Subprovincia de la Altiplanicie

Subprovincia de Altas Llanuras

Subprovincia de la Altiplanicie

El distrito que nos ocupa se encuentra en la por--  
ción oriental de la Subprovincia de la Altiplanicie. Esta  
subprovincia se caracteriza por ser, a grandes rasgos, --  
una planicie de 150 km de ancho, disectada por rios y a--  
rroyos de pequeña magnitud que forman planicies menores -  
entre valles, elevaciones o crestas largas y angostas y -  
en general una topografía suave de pequeñas lomas o coli--  
nas y valles sucesivos. Estas formas del relieve repere--  
sentan una topografía madura.

Las partes más elevadas de la Sierra Madre Occidente  
tal se encuentran en esta subprovincia y alcanzan hasta --  
3000 m.s.n.m., el promedio de elevación es de 2000 metros.

Al poniente esta subprovincia está limitada abruptamente  
mente por la Subprovincia de Barrancas y al oriente des--  
ciende con suave pendiente hacia la Subprovincia de Altas--  
Llanuras.

El distrito está expuesto por erosión y fallamiento formando un valle con lomeríos cuya diferencia de elevación relativa rara vez pasa los 250 metros, este valle tiene forma de tazón cerrado por tres lados que se amplía hacia la parte SE. Dicho de otra manera, es una ventana de rocas -- más antiguas expuesta por erosión de las ignimbritas que coronan las partes altas (Fig. 4).

Las formas del relieve son las típicas de la Sierra Madre Occidental. La erosión en las riolitas produce escarpes en los bordes de las mesetas altas además de formas redondeadas o columnares. Las formas erosivas de las rocas, subyacentes, que son predominantemente clásticas, son lomeríos bajos de pendientes suaves a moderadas y nunca pasan de 250 metros de diferencia de elevación salvo el Cerro Santiago donde la pendiente de la ladera alcanza 30°. En el Conglomerado Guanaceví se forman valles estrechos con pequeños escarpes y lomas redondeadas de suaves pendientes. Las fallas, fracturas, vetas y rocas intrusivas forman parte -- activa en la formación de relieve produciendo escarpes, zonas de debilidad o salientes como por ejemplo, los escarpes de falla del Arroyo del Acho y de la Falla San Juan, los crestones de la Veta Arianeña y las salientes de los diques que forman el cordón del Cerro Sirena y del Cerro La Soledad.

Las formas acumulativas no son notables a excepción del Valle de San Pedro. En general podemos decir que el re



Figura 4. Paisaje Típico del Distrito Guanaceví, nótese al fondo las formas erosivas de las ignimbritas y las formas redondeadas de las rocas vulcano---  
clásticas en el primer plano.

lieve es endógeno modificado por procesos exógenos. El relieve se ajusta al del tipo volcánico y tectónico denudatorio porque son formas volcánicas en proceso de destrucción por la acción de agentes exógenos que dieron lugar a la exposición de rocas subyacentes y sus respectivas formas resultantes.

### Patrón de Desagüe

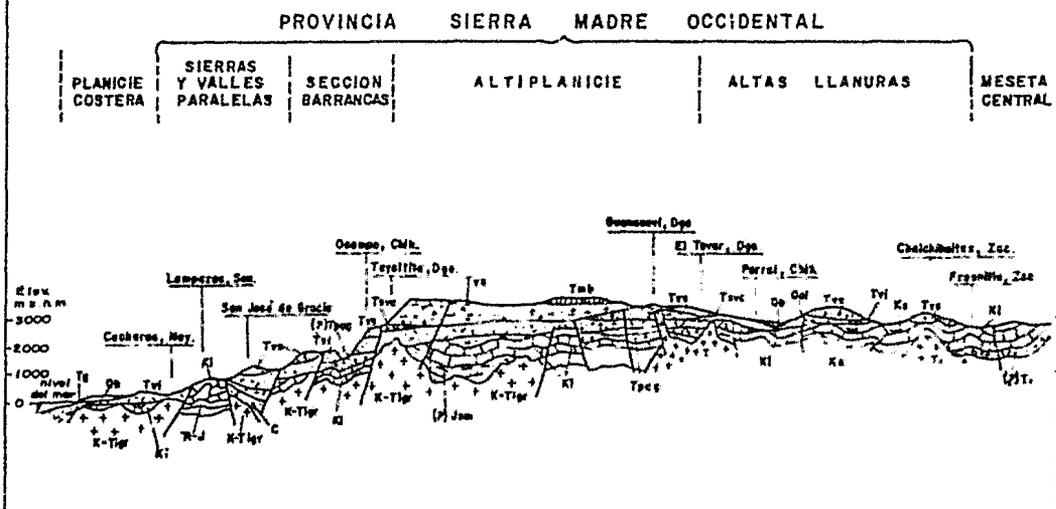
Geológica y topográficamente el Distrito Miñero Guanaceví tiene características representativas de la Altiplanicie pero hidrológicamente pertenece a la cuenca de la Mesa Central ya que sus aguas drenan hacia el oriente de tal forma que al oeste de Guanaceví tenemos el parte-aguas que divide las dos cuencas hidrológicas. El Arroyo Guanaceví cruza el distrito con una dirección general oeste-este, al unirse al Río El Zape corre con rumbo al norte, 27 Km más al norte cambia de rumbo dirigiéndose hacia el este y luego hacia el sureste hasta unirse al Río Sextin, uno de los afluentes principales del Río Nazas. Este patrón de desagüe angular y rectangular refleja el control estructural a nivel regional y local; observando detenidamente el desagüe del distrito se notan tendencias dominantes que acusan un control estructural noroeste o norte-sur como por ejemplo, los arroyos San Fernando y Predilecta (NW) y Arroyo del Acho (NS).

### Estratigrafía Regional

La estratigrafía de la Sierra Madre Occidental ha sido recientemente estudiada. Wisser (1966) dividió la columna estratigráfica de esta provincia fisiográfica en basamento (que incluye todas las rocas preterciarias) y en rocas terciarias (que incluye la gruesa secuencia de rocas volcánicas). Waitt (1970) y Wahl (1973) estudiaron las rocas volcánicas de la Sierra Madre Occidental en secciones por la carretera Durango-Mazatlán posteriormente Keizer (1973) --- Swanson (1974), Fredrikson (1974), Henry (1975), Lyons ---- (1975), han ampliado el conocimiento y estudiado diferentes aspectos de toda la secuencia.

Como resultado de los primeros estudios se definió la estratigrafía de las rocas volcánicas dividiéndolas en dos grandes grupos discordantes, el Grupo Volcánico Inferior compuesto principalmente por andesitas de edad Eoceno-Oligoceno y el Grupo Volcánico Superior compuesto por ignimbritas de edad Oligoceno-Mioceno. Sobreyaciendo a esta secuencia de aproximadamente 3 Km de espesor se presentan localmente extrusiones basálticas en las subprovincias Altiplanicie y Altas Llanuras (Fig. 5). Clark y otros en 1976 han estudiado y compilado la estratigrafía de la Sierra Madre Occidental (Fig. 6).

En la Sierra Madre Occidental la secuencia volcánica sobreyace discordantemente rocas sedimentarias deformadas -



EXPLICACION

ROCAS ESTRATIFICADAS		ROCAS INTRUSIVAS	
CUATERNARIO	Qa	Aleuición, Gravas.	
	Qb	Basalto.	
	Tg	Gravas.	
	Tmb	Basalto.	
TERCIARIO	Tvs	Grupo Volcánico Superior (Ignimbritas).	
	Tsv	Capas Rojas.	
	Tvl, Tvcg	Grupo Volcánico Inferior (Andesitas, Sedimentos)	TI - Stocks Aoidos Intermedios
	Tpcg	Conglomerado Guanacavi.	K-Tjar - Fases Batolíticas
CRETACICO	Ks	Cretácico Superior Sedimentos.	
	Ki	Cretácico Inferior Sedimentos	
JURASICO	Jam	(?) Sedimentos Jurásicos (Metamorfizados)	
TRIASICO	R-J	Triásico-Jurásico Superior (Sedimentos).	
	T-J	(?) Triásico (Rocas Volcánicas Verdes).	
CARBONIFERO	C	Pizarras, Areniscas, Escasos Calcizos.	



SECCION ESQUEMATICA COMPOSITO DE LA SIERRA MADRE OCCIDENTAL MOSTRANDO LA ESTRATIGRAFIA, SUBPROVINCIAS FISIOGRAFICAS Y UBICACION DE DISTRITOS MINEROS

(modificado de Clark 1978)

Figura 5

y metamorfizadas de edad Mesozoico.

### Rocas Pre-Terciarias

Las rocas más antiguas que por lo general se observan en la Sierra Madre Occidental en Durango corresponden al Jurásico aunque se han cartografiado rocas del Paleozoico en algunas localidades.

El Paleozoico está representado por una serie de rocas sedimentarias y volcánicas con diversos grados de metamorfismo. El metamorfismo más intenso de estas rocas corresponde a facies de esquistos verdes y anfibolita de almandino (Lozano, 1980). La litología comprende filitas negras o esquistos negros como les llaman Carrasco (1980) y otros autores, que afloran al sur de Indé en la parte oriental de la Sierra Madre Occidental. En la parte occidental en el Río de Los Remedios y arroyos afluentes cuyas elevaciones son menores a 1000 metros, se observó durante este estudio rocas esquistosas subyaciendo discordantemente areniscas y pizarras, misma relación que Ortega y Ruiz (1973) cartografiaron en el Río San Lorenzo en Sinaloa. Clark y otros (1976) correlacionaron estas rocas con la unidad paleozoica superior de El Fuerte.

El Mesozoico comprende el Jurásico que está representado por rocas metamorfizadas y plegadas como pizarras y areniscas. Cretácico Inferior compuesto por rocas volcánicas y rocas sedimentarias y Cretácico Superior representado

PROVINCIAS FISIOGRAFICAS

EDAD LITOLÓGICA

DESCRIPCION DE LAS ROCAS

SUBPROVINCIA ALTAS LLANURAS

SUBPROVINCIA ALTA PLANICIE

SUBPROVINCIA BARRANCA



- Za - Arena y grava
- Qgr - Fm Puabito , grava , pedregos , areniscas y debaltes arenos
- Qcb - Serie de Olivine
- Qgr - Fm Guadalupe , grava .
- Qpb - Serie de Olivine
- Qgr - Grava de Piedemonte
- Tmb - Fm Matamoros . Serie de Olivine .
- intrusivo riolítico
- arenisco
- Tamig - Serie Volcanica Superior : cenizas , tefras , lapas , vidrios y algunos rhyolitos
- intrusivo riolítico
- Tvc - Fm Los Palmas , lapas , areniscas y lutitas rojas .
- Tiv - Serie Volcanica Inferior , areniscas , lapas y rhyolitos
- Tc - Conglomerado de Colico
- Tpb - Intrusiones de andesito , diorita y rhyolito porfirico .
- Tpg - Fm Guanocevo , conglomerado de cuarzo , chertito y steatita
- Tgr - Basaltos e intrusiones , cuarzo dioritas , granodioritas , quartzomonzonitas y granito .
- K - Cretacea no diferenciada , capas delgadas de caliza , lutita , limolita y areniscas plegadas
- Kfm - Cretacea inferior , calizas metamorfizadas
- Jsm - [?] Jordana , plegadas negras , grava y areniscas , metamorfizadas y plegadas
- Jgr - Intrusiones de quartzodiorita

(Segun Clark y otros , 1977)

COLUMNA ESTRATIGRAFICA GENERALIZADA DE LA PROVINCIA DE LA SIERRA MADRE OCCIDENTAL

Figura 6

por lutitas, limolitas y areniscas.

Jurásico.- En el oeste de Durango lo componen las - grauvacas negras y pizarras (Buelna 1897 citado por Clark - y otros, 1979) que subyacen lutitas, areniscas y conglomerados todo esto deformado y metamorfozido (Pineda y otros --- 1970 citado por Clark, 1979).

En la parte este de Durango, en Santa María del Oro afloran filitas y cuarcitas que Davis (1954) y Carrasco --- (1980) consideran de este período. Estas rocas del Jurásico han sido intrusionadas por cuerpos de roca intrusiva de composición diorítica y cuarzodiorítica del Jurásico Superior.

Cretácico.- Sobreyaciendo discordantemente a las rocas jurásicas se presentan calizas masivas con intercalaciones de rocas argílicas de edad Aptiano-Albiano descritas -- en Sinaloa por Bonneau (1970 citado por Clark y otros, 1979). Sus afloramientos son escasos en la parte oeste de Durango pero muy abundantes en los límites de Sinaloa y Sonora. En el Estado de Durango se han encontrado afloramientos de estas rocas en las barrancas del Río Bacís y del Río Piaxtla. En la porción oriental de este mismo estado, en la subprovincia fisiográfica de Altas Llanuras afloran también calizas de la misma edad. Main (1947-1948 citado por Carrasco, 1980) describe dos unidades dentro de estas rocas. La primera compuesta por una alternancia de calizas y areniscas -

y otra por capas de caliza únicamente. En el Distrito Minero Parral-Santa Barbara-San Francisco del Oro, las vetas es tán contenidas dentro de una secuencia de calizas y lutitas correlacionables en edad con las del oeste de Durango. Estas calizas subyacen rocas conglomeráticas localmente o pue den subyacer directamente al Grupo Volcánico Inferior.

### Rocas Terciarias

Las rocas que componen la gruesa secuencia volcánica de la Sierra Madre Occidental se depositaron en dos etapas de vulcanismo, el más antiguo es de tipo intermedio a silíceo principalmente compuesto por tobas y flujos de composición andésítica a riolítica. La segunda etapa está representada por productos de un vulcanismo explosivo de composición silícea compuesto principalmente por ignimbritas que forman la Subprovincia de la Altiplanicie.

Estas etapas de vulcanismo forman las rocas que se llaman Grupo Volcánico Inferior y Grupo Volcánico Superior respectivamente. Ambas constituyen la planicie volcánica o Altiplanicie de la Sierra Madre Occidental.

En la Subprovincia de Barrancas las rocas del Grupo Volcánico Inferior están ampliamente distribuidas y sobre ya cen ya sea a las rocas jurásicas o a los sedimentos cretá cios o bien localmente a rocas conglomeráticas del Paleoceno.

Paloceno.- En Ocampo, Chih., (Subprovincia de Barrancas) afloran areniscas y conglomerados encima de calizas y cuarcitas cretácicas (Swanson, 1977), el conglomerado es similar al Navosaigame que describió Hovey (1905). Su posición estratigráfica sugiere que puede ser equivalente en tiempo al Conglomerado Guanaceví de edad Paleoceno (Clark y otros, 1977). En el oeste de Durango aflora localmente un conglomerado de rocas sedimentarias con breccias y aglomerados andesíticos subyaciendo a andesitas del Grupo Volcánico Inferior, aunque su edad no está bien definida se asume pre-Eoceno. Estos conglomerados se consideran el basamento de la Sierra Madre Occidental.

Eoceno.- El Grupo Volcánico Inferior está compuesto por flujos, breccias, tobas y aglomerados andesíticos interestratificados con cantidades subordinadas de flujos y tobas riolíticas, su espesor varía entre 1450 y 2475 metros. En general su composición es predominantemente andesítica, su litología es muy variada en ocasiones alterna con abundante material clástico (aglomerados y conglomerados andesíticos). Esta característica no se ha definido regularmente en particular se han observado aglomerados y breccias en horizontes hacia la base del Grupo Volcánico Inferior (en San Diego Tezainz, Otaez).

El Grupo Volcánico Inferior está distribuido en toda la Sierra Madre Occidental, sus mejores exposiciones se ob-

servan en la Subprovincia de Barrancas donde Nemeth (1976) midió más de 2000 metros en Tayoltita. En Lampazos, Son., (Sierras y Valles Paralelos) probablemente este grupo volcánico se ha erosionado y en Parral, Chih., (Altas Llanuras) no se encuentra tal vez por erosión o por no depósito. En la Subprovincia de Altiplanicie la mayor parte del terreno está cubierto por riolitas del Grupo Volcánico Superior, -- sin embargo, en Guanaceví afloran las rocas correlacionables con el Grupo Volcánico Inferior observando un cambio en el régimen de depósito predominando rocas clásticas.

El Grupo Volcánico Inferior es importante por contener las principales rocas encajonantes de la mayoría de las vetas en la Sierra Madre Occidental. Su edad se ha determinado entre 63 y 31 m.a., el límite inferior en base a determinaciones de fases intrusivas que cortan andesitas, (Clark Dow, Knowling, 1979). Fuera de Durango, en Choix, Sin., algunas fases del batolito (granito a granodiorita) que intrucciona andesitas da una edad de 75 a 59 m.a., que sugiere -- una edad Eoceno Temprano (Clark, 1976). En Chihuahua en -- Sierra Peña Blanca el Grupo Volcánico Inferior consiste en riolitas y traquitas cuya base se ha datado en 53.8 m.a., -- y la más joven en 38 m.a., esto es, Eoceno Medio-Oligoceno-Temprano. En la Subprovincia de Barrancas se le ha asignado una edad de 59 a 38 m.a., (Eoceno Temprano-Tardío) Carrasco, 1980.

Las rocas del Grupo Volcánico Inferior están intru--  
sionadas entre otros por el Batolito Granodiorítico de Sina--  
loa que se llevó a cabo de fines del Cretácico al Eoceno --  
en el oeste de la Sierra Madre Occidental; Fredrikson -----  
(1974) y Henry (1975) obtuvieron épocas de intrusión entre--  
130 y 20 m.a. Los cuerpos intrusivos más pequeños de compo--  
sición diorítica a riolítica, algunos de los cuales se aso--  
cian a la mineralización, se emplazaron hace 30 m.a. en Du--  
rango (Clark y otros, 1977) y 28 m.a. en Sinaloa (Clark --  
and Damon, 1977 citado en Clark y otros, 1979).

Oligoceno.-- En este período se depositaron discor--  
dantemente encima del Grupo Volcánico Inferior capas rojas--  
en el intervalo de erosión que separa el vulcanismo interme--  
dio del Grupo Volcánico Inferior y el riolítico del Grupo -  
Volcánico Superior, estas capas no se depositaron en toda -  
la Sierra Madre Occidental, en la Altiplanicie y Altas Lla--  
nuras las riolitas' sobreyacen discordantemente andesitas --  
del Grupo Volcánico Inferior.

Estas capas rojas las describió Nemeth (1976) en Ta--  
yoltita y Albinson (1975) en La Libertad, están compuestas--  
por el Conglomerado La Peña y las Capas Rojas Las Palmas.  
El Conglomerado La Peña (Henshaw, 1953, en Fredrikson, 1974)  
está constituido por rocas piroclásticas estratificadas de--  
fragmentos angulosos y subredondeados con matriz de grano -  
medio cementado por cuarzo. Las Capas Rojas Las Palmas son  
tobas, areniscas y lutitas con óxidos de hierro en la ma---

triz que sobreyacen discordantemente al Grupo Volcánico Inferior. Las capas rojas se consideran de edad Oligoceno -- Temprano.

El Grupo Volcánico Superior cubre las subprovincias de Barrancas, Altiplanicie y la mayor parte de las Altas -- Llanuras. Está compuesto por tobas, ignimbritas, flujos de lavas y aglomerados riolíticos o dacíticos. La parte inferior es de composición andesítica. La litología más común son las tobas riolíticas o ignimbriticas. Sus espesores va rían entre 600 metros en San José del Desierto y más de --- 1000 metros en Bacís; Clark (1978) menciona que su espesor no es menor de 1100 metros.

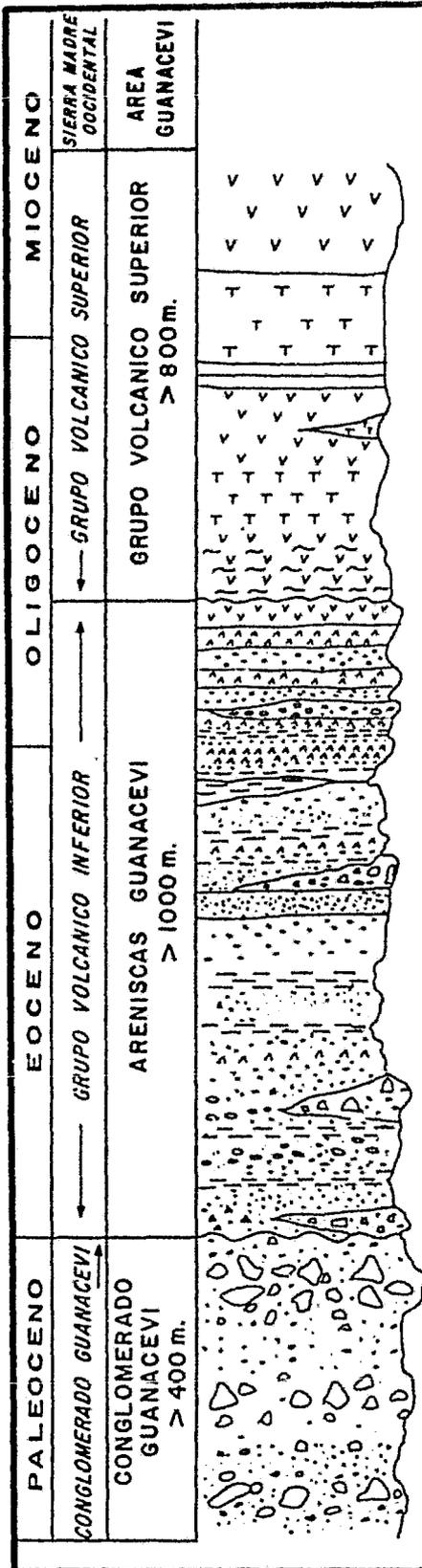
En general este grupo sobreyace en discordancia angu lar al Grupo Volcánico Inferior, su edad varía de 37 a 23 - m.a., (Mc Dowell y Keizer, 1977 y Damon, inédito en Clark, 1979). En Creel-La Bufa su edad es de 30 a 27 m.a., ----- (Mc Dowell y Clabaugh, 1976). Cameron (1976) en La Bufa -- obtuvo una edad de 34 a 29 m.a., con el método K-Ar. En -- unidades en el sureste de Sinaloa y en Durango, Mc Dowell y Clabaugh (1972) y Mc Dowell y Keizer (1973) obtuvieron una edad por el método K-Ar de 34 a 21 m.a., esto es Oligoceno-Medio a Mioceno Medio.

Mioceno.- El resto de la columna comprende basaltos del Mioceno Tardío y del Plioceno-Pleistoceno que cubren nu

merosas partes en Chihuahua (Clark, 1976) algunas en el este de Durango o sea en las subprovincias de Altas Llanuras y Altiplanicie y no se observaron en la de Barrancas tal vez por no depósito. Córdoba (1963) describió en el área de Río Chico aledaña a la ciudad de Durango la Formación Metates de 30 metros de espesor consistente en un basalto de olivino interestratificado con rocas piroclásticas basálticas cuya edad es 12 m.a. (Swanson, 1974) que sobreyace discordantemente las riolitas del Grupo Volcánico Superior. Encima de las rocas terciarias ocurren basaltos cuaternarios con depósitos continentales (Swanson, 1974).

#### Estratigrafía del Distrito

De las rocas que afloran en el distrito se distinguen tres unidades, la más antigua es un conglomerado rojo (Conglomerado Guanaceví) que subyace una unidad vulcanoclástica compuesta de areniscas y limolitas con horizontes de tobas, breccias y aglomerados andesíticos a dacíticos (Areniscas Guanaceví) que a su vez está cubierta discordantemente por ignimbritas del Grupo Volcánico Superior. Los echados de las rocas clásticas son predominantemente al NE en la porción oriental del distrito y NW en la porción occidental con inclinaciones que van de 5° a 20°. La figura 7 muestra una columna estratigráfica local y su correlación con la columna generalizada de la Sierra Madre Occidental (Fig. 6), nótese el cambio de régimen de depósito y la influencia del vulcanismo en Guanaceví.



TOBAS Y FLUJOS RIOLITICOS, RIOLITAS ESFERULITICAS, TOBAS CRISTALINAS VESICULARES, TOBAS LITICAS VIDRIOS RIOLITICOS E IGNIMBRITAS INTERCALADAS. HORIZONTES LENTICULARES DE TOBAS ANDESITICAS HACIA LA BASE

ALTERNANCIA DE ARENISCAS, LIMOLITAS, LAMINACIONES DE LUTITAS Y TOBAS ANDESITICAS A DACITICAS, HORIZONTES DE CONGLOMERADO ANDESITICO HACIA LA CIMA ES UNA SECUENCIA DE TOBAS DACITICAS Y ANDESITICAS VERDOSAS DE GRANO FINO. EL RESTO ES UNA INTERSTRATIFICACION DE ARENISCAS Y TOBAS SEPARADAS POR LIMOLITAS Y/O LUTITAS PARDO A ROJAS DESDE LAMINACIONES HASTA CAPAS DE UNOS METROS. ARENISCAS INMADURAS QUE GRADUAN HACIA LAS TOBAS

ARENISCAS Y LIMOLITAS COLOR PARDO A ROJIZAS INTERCALADAS CON HORIZONTES Y GRADACIONES A ARENISCAS CONGLOMERATICAS Y CONGLOMERADOS ESCASOS HORIZONTES DE TOBAS DACITICAS Y DACITAS MICROLITICAS ROJIZAS. LAS ARENISCAS SON FELDSARENITAS LITICAS Y FELDSARENITAS DE PLAGIOCLASAS, LITARENITAS DE ROCAS VOLCANICAS DE GRANO FINO A GRUESO, HORIZONTES DE CONGLOMERADO POLIMICTICO Y BRECCIAS ANDESITICAS VERDOSAS MATRIZ ARENOSA

CONGLOMERADO POLIMICTICO COLOR ROJO MAL SELECCIONADO COMPUESTO POR FRAGMENTOS ANGULOSOS A SUBREDONDEADOS DE CUARZO Y ROCAS METAMORFICAS EN UNA MATRIZ ARENOSA A LIMOSA FERRUGINOSA, EN OCASIONES PREDOMINA LA MATRIZ FORMANDO HORIZONTES ARENOSOS CONGLOMERATICOS INTERSTRATIFICADOS CON EL CONGLOMERADO

COLUMNA ESTRATIGRAFICA DEL DISTRITO MINERO DE GUANACEVI

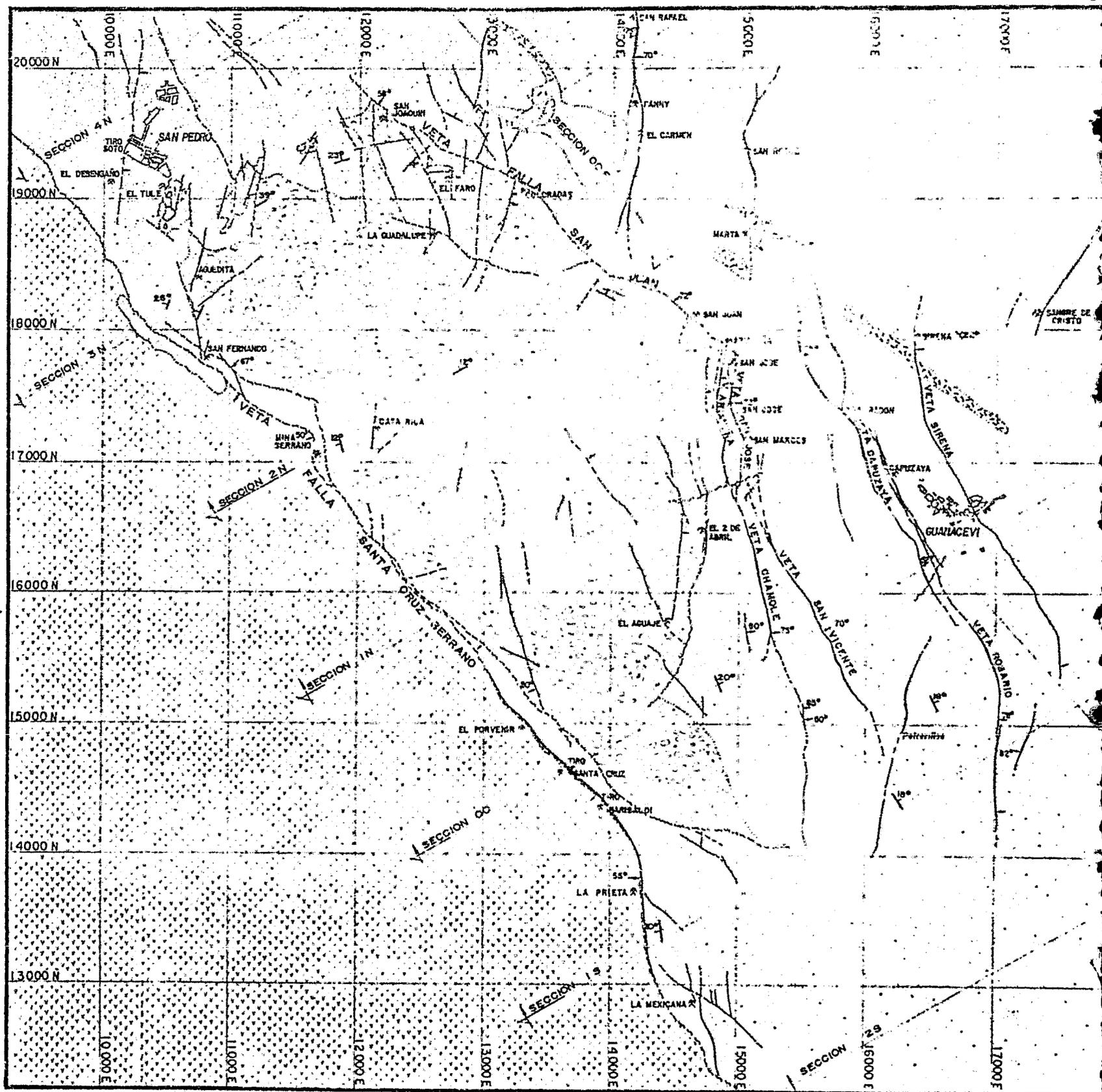
Figura — 7

Con objeto de ubicar dentro de la geología del distrito las vetas y con objeto de definir correctamente la estratigrafía del mismo se elaboró un plano geológico y secciones transversales regionales. En el plano geológico-regional (Fig. 8) se aprecia la distribución de las tres -- grandes unidades de roca que afloran, la estructura y las -- vetas y fallas principales; en la figura 9 se aprecia tam-- bién la estructura formada por las fallas y la estratigra-- fía del distrito.

#### Conglomerado Guanaceví

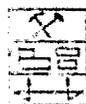
Es un conglomerado color rojo o pardo claro a oscuro compuesto de fragmentos de cuarzo y rocas metamórficas en -- una matriz arenosa a limosa ferruginosa. Los contactos nor- males (en posición, tal vez no en tiempo) Conglomerado-Are- niscas Guanaceví permitieron deducir las profundidades del- conglomerado en las secciones geológicas regionales traza-- das en el distrito.

La determinación del contacto litológico superior -- del Conglomerado Guanaceví es importante para la prospec--- ción ya que su cima se encuentra mineralizada en ciertas -- áreas, particularmente en el contacto con la unidad vulcano- clástica. Esta mineralización ha sido reportada sólo en el área de San Pedro en el interior de minas antiguas y no --- aflora en ninguna parte del distrito, sin embargo, podemos-



## EXPLICACION

## SIMBOLOS TOPOGRAFICOS

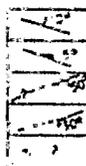


MINA

CONSTRUCCION

LINEA DE SECCION

## SIMBOLOS GEOLOGICOS



RUMBO Y ECHADO DE ESTRATIFICACION

RUMBO Y ECHADO EN ROCAS VOLCANICAS

FALLA OBSERVADA, LOC. APROXIMADA

VETA OBSERVADA, LOC. APROXIMADA

CONTACTO GEOLOGICO OBSERVADO,  
APROXIMADO

## ESTRATIGRAFIA

TERCIARIO	MIOCENO		Ignimbritas, tobas y flujos riolíticos.
			Discordancia
	OLIGOCENO		Intrusivos porfídicos que varían en composición de andesíticos a riolíticos.
			Discordancia
EOCENO			Alternancia de areniscas y limolitas con horizontes de conglomerado, breccia y aglomerado andesíticos y escasos horizontes de tobas dacíticas y andesíticas que aumentan hacia la cima.
	PALEOCENO		Conglomerado polimictico rojo de cuarzo y recos tamorfilas con matriz arenosa limosa ferruginosa

## ESCALA GRAFICA

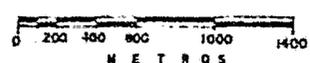
GEOLOGIA REGIONAL  
DEL  
DISTRITO MINERO DE GUANACEVI

Figura 8

esperar esa mineralización a profundidad en otros lugares.

Los componentes del conglomerado son principalmente fragmentos de cuarzo lechoso y escaso cuarzo cristalino cuyo porcentaje varía entre 10% y 40%; fragmentos de rocas metamórficas entre los que tenemos fragmentos de cuarcitas, - pizarras, esquistos y filitas que alcanzan hasta el 20%; -- fragmentos de rocas sedimentarias como areniscas y limolitas hasta en un 25%; fragmentos de rocas ígneas tales como pórfidos y rocas volcánicas que rara vez llegan a 20% del total. La matriz que absorbe a estos componentes es limosa ferruginosa en ocasiones cloritizada o lixiviada tomando un color blanquecino característico en algunos lugares del --- Arca San Pedro.

El tamaño y forma de los fragmentos es muy variable, varía desde unos milímetros hasta 30 centímetros y las formas son tabulares o irregulares dependiendo de la clase de fragmentos, el grado de redondez varía de subredondeados a angulosos. Este conglomerado tiene gran variedad de facies variando el porcentaje de los componentes, el tamaño, forma y clasificación de fragmentos. En general se observa mal clasificado. Presenta gradaciones a arenisca conglomerática formando una estratificación burda en la que llegan a -- formarse horizontes arenosos conglomeráticos y horizontes -- arenosos delgados que alternan con capas de conglomerado -- grueso que en ocasiones muestran estratificación cruzada.

Las características que distinguen al Conglomerado - Guanaceví son su burda estratificación, su color rojizo, el tamaño y forma de los fragmentos que la componen y su intemperismo característico dada la variedad de sus componentes. La naturaleza de los componentes del conglomerado nos sugiere que el basamento en el área de Guanaceví está compuesto por rocas metamórficas posiblemente de edad Jurásica tal como se describió en la Subprovincia de Barrancas y en la de Altas Llanuras a menos que los elementos del conglomerado - provengan de las rocas Jurásicas de las Altas Llanuras (filitas y cuarcitas) que es poco probable ya que la redondez y madurez del conglomerado acusa poco transporte para sus elementos.

Este conglomerado se clasifica como conglomerado polimíctico mal clasificado de color pardo a rojo con fragmentos de cuarzo y rocas metamórficas. El Conglomerado Guanaceví subyace concordantemente a las rocas del Eoceno, las anteriores relaciones lo datan post-Jurásico y pre-Eoceno. Clark y otros (1979) lo consideran de edad Paleoceno.

#### Areniscas Guanaceví

Sobreyaciendo al Conglomerado Guanaceví tenemos una unidad vulcanoclástica que el autor de este trabajo ha llamado Areniscas Guanaceví debido a la predominancia de rocas clásticas en esta unidad.

Esta unidad es una secuencia terrígena-volcánica de edad Eoceno-Oligoceno Temprano de más de 1000 metros de espesor con gran variedad de facies. De las seis secciones que se hicieron en el campo se elaboraron sus columnas estratigráficas correspondientes y corrigiendo por fallamiento nos resulta un espesor mínimo de 1015 metros para esta unidad. Se determinó, así mismo, variación de facies observando por ejemplo, hacia la base aumento del tamaño de grano y del tamaño de fragmentos de las rocas en la parte sureste del distrito. Para referirse a esta unidad la gente local y otros geólogos usan el término andesita y en él incluyen toda la variedad de rocas sedimentarias e igneas; Terrones (1940) la describió correctamente llamándola Formación Andesítico Clástica.

Esta unidad está compuesta por una alternancia de capas con espesores variables entre 0.10 metros hasta más de 100 metros de lutitas, lutitas filíticas, limolitas, areniscas y limolitas, areniscas feldsarenitas, litarenitas volcánicas, feldsarenitas líticas, tobas dacíticas, areniscas conglomeráticas, conglomerados, breccia y aglomerados andesíticos (derivados o de composición predominantemente intermedia) y predominancia de rocas volcánicas hacia la parte superior donde tenemos alternancia areniscas-tobas y tobas de composición dacítica a andesítica. Terrones (1940) menciona una corriente de andesita de hornblenda de 90 metros-

de espesor depositada discordantemente sobre la formación - Andesítico-Clástica. Esta andesita aflora al norte del distrito fuera del área cubierta en el plano geológico regio--nal (Fig. 8).

Las Areniscas Guanaceví las podemos dividir en dos - miembros: Los primeros 500 a 600 metros son predominante--mente terrígenos con escasos horizontes de tobas dacítico--andesíticas; en los otros 400 a 500 metros va aumentando la cantidad de rocas volcánicas hacia la cima. El primer miembro está compuesto por areniscas-límolitas, areniscas con--glomeráticas con horizontes de conglomerado polimíctico compuesto de fragmentos de rocas volcánicas, de rocas sedimen--tarias y muy poco cuarzo, su matriz es arenosa de color ge--neralmente de verde a rojizo. Hacia la base y en la parte--sur del distrito, en el pueblo de Guanaceví, este miembro - cambia a facies conglomeráticas aflorando con característi--cas de breccia volcánica. En general el color de estas ro--cas es rojizo tornándose verde por alteración hidrotermal - cercana a las vetas, de ahí que la gente local le llame an--desitas a todas las rocas cloritizadas.

Al microscopio las areniscas se clasificaron como -- feldsarenitas y feldsarenitas líticas. Las feldsarenitas - consisten principalmente en un agregado de plagioclasas de--aristas redondeadas con bordes alterados parcialmente a se--ricita y minerales arcillosos y reemplazados por hematita y limonita y fragmentos de roca de pórfidos andesíticos, to--

dos los componentes incluidos en parte por una matriz de minerales arcillosos y en parte por cementante de hematita y limonita que denotan corto transporte e inmadurez del sedimento que formó la roca. Se clasificaron según Folk como feldsarenitas de plagioclasas con fragmentos de rocas volcánicas.

Una muestra colectada en el Area San Pedro y otras --cerca de la Mina San Vicente nos indican la presencia de --feldsarenitas líticas de color rojo grisáceo a verde grisáceo de grano fino compuestas por cuarzo, feldespatos y biotita en fragmentos angulosos incluidos en una matriz detrítica de minerales arcillosos, clorita y sericita. Los feldespatos (plagioclasas sódicas andesina-oligoclasa) se observan con alteración incipiente a sericita y minerales arcillosos. Es común encontrar también calcita que se introdujo posteriormente reemplazando a los feldespatos. Según Folk se clasifican como feldsarenitas líticas de plagioclasas con cuarzo.

Las limolitas se presentan alternando con areniscas--desde laminaciones de milímetros de ambas rocas hasta formar estratos de 40 metros. Estas capas están constituidas--por arcillas y limos ferruginosos con pequeños cristales de cuarzo y feldespatos en proporciones variables. Tienen color rojizo por oxidación o verdoso por alteración metasomática, además presentan un intemperismo característico, son-

frías y deleznales cuando están alteradas (caolinización, piritización) y muy compactas cuando están silicificadas.

Los conglomerados contenidos dentro de las Areniscas Guanaceví se presentan en varios tipos, un conglomerado con fragmentos subredondeados de rocas ígneas, otro con características de breccia volcánica y otro más polimíctico arenarcilloso de color rojo grisáceo. Este último está constituido -en orden de abundancia- por fragmentos de andesitas, dioritas, esquistos de cuarzo y cuarzo, de formas tabular -redondeada y tamaño entre 0.5 milímetros y 5 centímetros, - además fragmentos de feldespatos (andesina) de 0.45 milímetros y cuarzo de 0.5 milímetros que forman parte o están -- incluidos en una matriz de grano fino compuesta por minerales arcillosos y cloritas.

El conglomerado con características de breccia, está compuesto por fragmentos de andesitas y dacitas y pórfidos-dioríticos de formas irregulares, muy angulosos y tamaño entre 0.5 milímetros y 7 centímetros, excepcionalmente mayores a 10 centímetros; además tiene fragmentos de cuarzo y feldespatos entre la matriz. Esta última está constituida por material de grano fino de minerales arcillosos y abundantes cloritas. Este conglomerado aflora en el poblado de Guanaceví, al oeste, en el camino a la planta de Comisión de Fomento Minero y al suroeste del mismo en la Mina La Mexicana.

El conglomerado de fragmentos subredondeados aflora en el Cerro Predilecta, está compuesto por fragmentos de rocas volcánicas, rocas esquistosas y de dioritas en una matriz arenosa conglomerática de cuarzo y material arcilloso. Estos conglomerados se presentan alternando con areniscas y limolitas. Estos conglomerados es lo que Terrones (1940) denominó conglomerados andesíticos y breccias residuales.

Las tobas alternan con las limolitas en horizontes -- que varían de 10-20 metros de espesor. Se clasificaron como toba dacítica y como dacita microlítica. En la parte -- oriente del distrito contienen horizontes de vidrio de 5 a 20 centímetros de espesor. En general son de color rojizo o gris en ocasiones se observan en colores verdosos debido en parte a cloritización. Las tobas dacíticas están compuestas por fragmentos subangulosos de cuarzo, andesina, -- oligoclasa, fragmentos angulosos y subangulosos de andesitas, dacitas y cuarzo parcialmente reemplazados por calcita; como matriz ceniza volcánica con diseminación de hematita y limonita y como minerales secundarios calcita, clorita, sericita y minerales arcillosos. Las plagioclasas se encuentran parcialmente alteradas a sericita, minerales arcillosos y en parte reemplazadas por calcita.

Las dacitas tienen la misma composición y alteración que las tobas dacíticas a diferencia de éstas la matriz es microlítica, se presentan ferromagnesianos (anfíbolos) diseminados alterados a clorita, algo de calcita y magnetita.

Los otros 400 ó 500 metros presentan litología similar con un notable aumento de material volcánico hacia la cima. Se observa alternancia de lutitas-limolitas-areniscas-tobas-conglomerados andesíticos. Las descripciones litológicas son similares a las descritas para estas rocas en el miembro anterior.

El origen de los componentes de esta unidad están relacionados a vulcanismo-depósito, erosión-depósito del mismo material y del subyacente. Esto se ve apoyado por la similitud de composición de las areniscas y las tobas de esta formación.

Esta unidad es correlacionable con el Grupo Volcánico Inferior debido a la presencia de rocas eruptivas intercaladas con las clásticas. Estas últimas pueden ser el producto de la erosión y retrabajo de los flujos volcánicos.

#### Grupo Volcánico Superior

Sobreyaciendo discordantemente a las Areniscas Guanaceví tenemos las rocas del Grupo Volcánico Superior de edad Oligoceno Medio a Mioceno Medio. La petrología y estratigrafía de estas rocas ha sido ampliamente descrita por Waitt (1970), Keizer (1973), Swanson (1974) y otros autores. La misma secuencia se presenta con pequeñas variaciones en toda la Sierra Madre Occidental por lo que aquí solo se mencionarán las rocas que se reconocieron en el distrito. En el Distrito Guanaceví aflora una secuencia de tobas

y flujos riolíticos, riolitas esferulíticas, tobas líticas, vidrios riolíticos e ignimbritas intercaladas; además horizontes lenticulares de tobas andesíticas hacia la base. El espesor medido en Guanaceví es de 800 metros. La secuencia tiene echado de 10-15° al noreste y sureste y al oeste, a ambos lados del Valle Guanaceví-San Pedro, al oriente y poniente respectivamente.

Estas rocas volcánicas son en su mayoría de color -- crema claro a rosado, algunas unidades son rojizas debido a la oxidación de algunos de sus componentes. Lo más común de este tipo de rocas son las tobas e ignimbritas que destacan en las partes altas de la sierra siendo las que forman los escarpes de la misma. Las lavas son rocas que pueden tener texturas afaníticas, faneríticas o porfídicas con fenocristales de cuarzo algunas de ellas y con abundante vidrio en la mesostasis; otras tienen mesostasis micro a criptocristalina. Es común observar lavas con texturas esferulíticas o estructuras de flujo. Una roca producto de flujo son las riolitas bandeadas en las que alternan bandas de -- cuarzo de grano muy fino, feldespatos y material criptocristalino derivado de devitrificación, los feldespatos generalmente están alterados a minerales arcillosos o sericita.

Las ignimbritas son rocas piroclásticas soldadas estratificadas en ocasiones con estructuras de flujo. En los afloramientos las ignimbritas se observan compactas o con -

texturas vesiculares alineadas, en ocasiones las vesículas están aplanadas por colapso, es decir, por la compactación debido a la acumulación de las capas. Al microscopio se observa que la mayoría de las ignimbritas contienen fenocristales de cuarzo, feldespatos (sanidino), plagioclasas y piritita, los fragmentos líticos o vítreos aplanados, los feldespatos alterados a minerales arcillosos y la matriz vítrea convertida por devitrificación a material criptocristalino. Estas rocas se clasifican como tobas vítreas cristalinas soldadas (ignimbritas).

La tobas cristalinas, tobas líticas y breccias también tienen estructura estratificada y su composición es riolítica.

En la Mina Santa Cruz se encuentran horizontes lenticulares de tobas andesíticas de color claro a crema verdoso con texturas piroclásticas y porfídicas, los fenocristales son de plagioclasas y cuarzo en mesostasis de grano fino o vítrea completamente alterada a minerales arcillosos.

#### Rocas Intrusivas

Todas las rocas anteriormente descritas están intrudidas por diques de composición riolítica, dacítica y andesítica. Los diques tienen un rumbo general NW50°SE sensiblemente paralelos al sistema de fallas NW45°-50°SE; su intrusión parece haber sido controlada por el fracturamiento y fallamiento de dicho sistema.

Dique Riolítico.- Aflora en la parte noroeste del distrito al oeste de San Pedro, su rumbo es NW45°SE, se extiende por dos kilómetros aproximadamente. La textura de la roca varía de porfídica a homogénea equigranular color gris pardo claro con tonos oscuros a crema claro rosado. Los fenocristales son de cuarzo (15%) y feldespatos en el caso de la textura porfídica y de ferromagnesianos muchos de ellos alterados a hematita (15-20%), cuarzo (menos de 5%), micas (biotita) y feldespatos en el caso de la textura equigranular. Estas descripciones son megascópicas. Terrones (1940) describe los fenocristales como ortoclasa, cuarzo, hornblenda y biotita en una mesostasis que varía de vítreo a felsítica compuesta por cuarzo y ortoclasa y clasifica la roca como pórfido riolítico.

El dique riolítico es post-Areniscas Guanaceví, posiblemente simultáneo o posterior a la mineralización. Si se introdujo después de la última fase del fallamiento noroeste entonces le corresponde una edad Oligoceno Tardío a Mioceno Temprano.

Dique Dacítico.- En la parte oriente del distrito se observaron cuatro diques de roca intrusiva cuya composición varía entre dacita y riolita y corresponde al Dique La Soledad, Dique Sirena, Dique Fanny y el intrusivo del Cerro Santiago. El Dique Sirena y el del Cerro Fanny parecen ser el mismo, aflora discontinuamente por más de 5 Km con rumbo

general N50°W también paralelo al sistema de fallas noroeste. El Dique Sirena tiene mesostasis cloritizada, óxidos de manganeso y cavidades con oxidación de ferromagnesianos. El Dique La Soledad tiene una composición que varía de dacita a riodacita es de color verde claro a verde manzana oscuro con texturas porfídicas con fenocristales de feldespatos, plagioclasas, cuarzo y ferromagnesianos en matriz microcristalina.

El Dique del Cerro Fanny aflora en parte como un manto entre las rocas sedimentarias y volcánicas, se colectaron cuatro muestras. Tres de las mismas son de color verde oscuro en varios tonos, de textura porfídica con fenocristales de plagioclasas, cuarzo, máficos y hematita como accesorio. La otra muestra es de color pardo gris y se clasifica como pórfido riolítico, está compuesta por cristales de feldespatos con alteración parcial a minerales arcillosos, plagioclasas (andesina-oligoclasa) diseminadas que presentan alteración a calcita y sericita, cristales de cuarzo con bordes parcialmente corroídos, cristales de biotita, cristales de anfíbolos alterados a clorita, hematita, limonita y calcita y como accesorios calcita, clorita, sericita y pirita. El intrusivo del Cerro Santiago aflora en forma de un cuello. La roca es de color verde oscuro, textura porfídica fina -- con fenocristales de plagioclasas y de ferromagnesianos en una mesostasis microcristalina.

La edad de los diques dacíticos debe ser de pre a - post-mineral; la Veta La Marta no corta al Dique La Soledad y la Veta Sirena corta al Dique del mismo nombre, tal vez - están relacionados a la mineralización. Algunos de los --- cuerpos intrusivos posiblemente sean de edad Eoceno Tardío y la última etapa probablemente Mioceno Tardío.

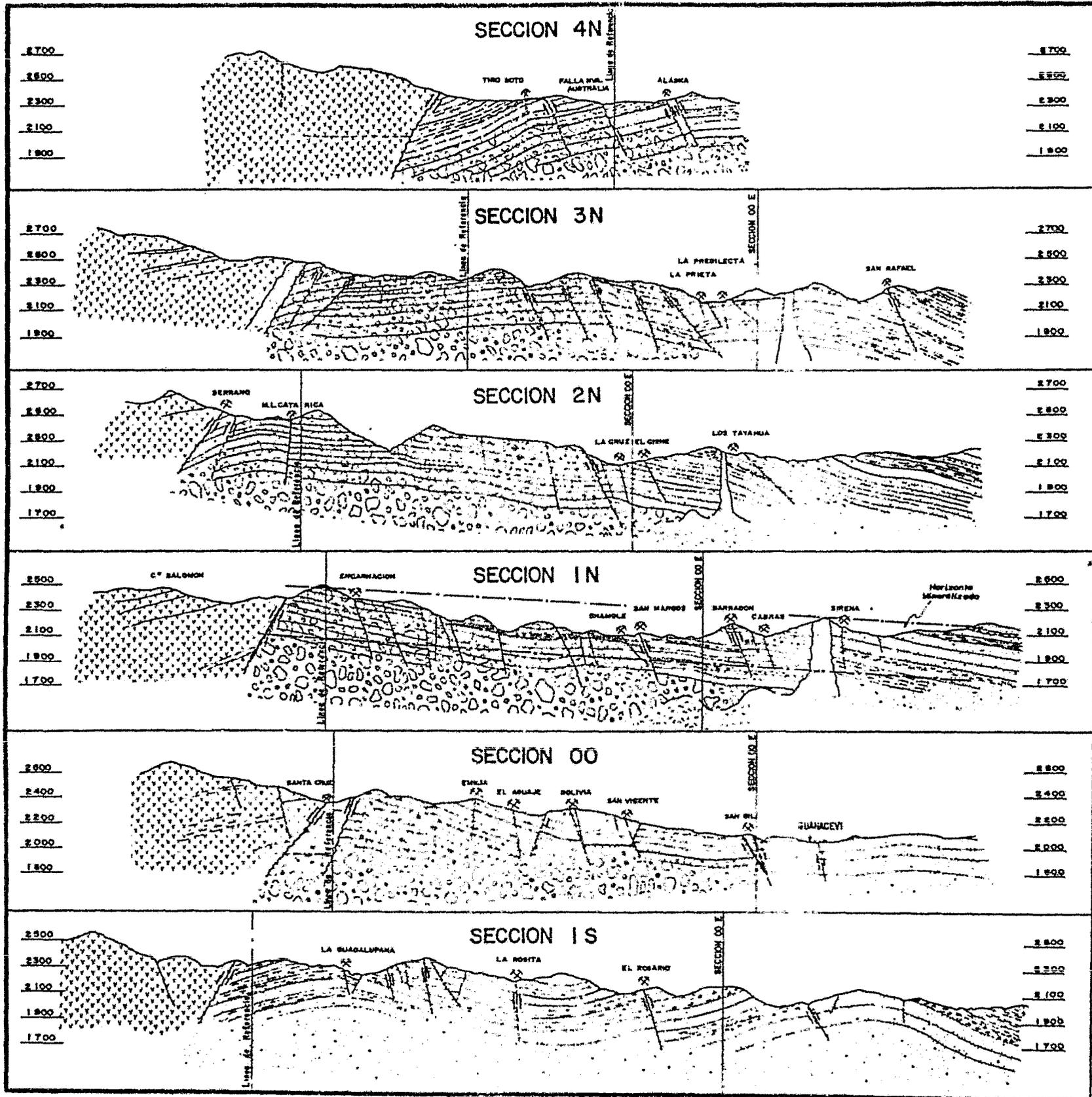
### Estructura del Distrito

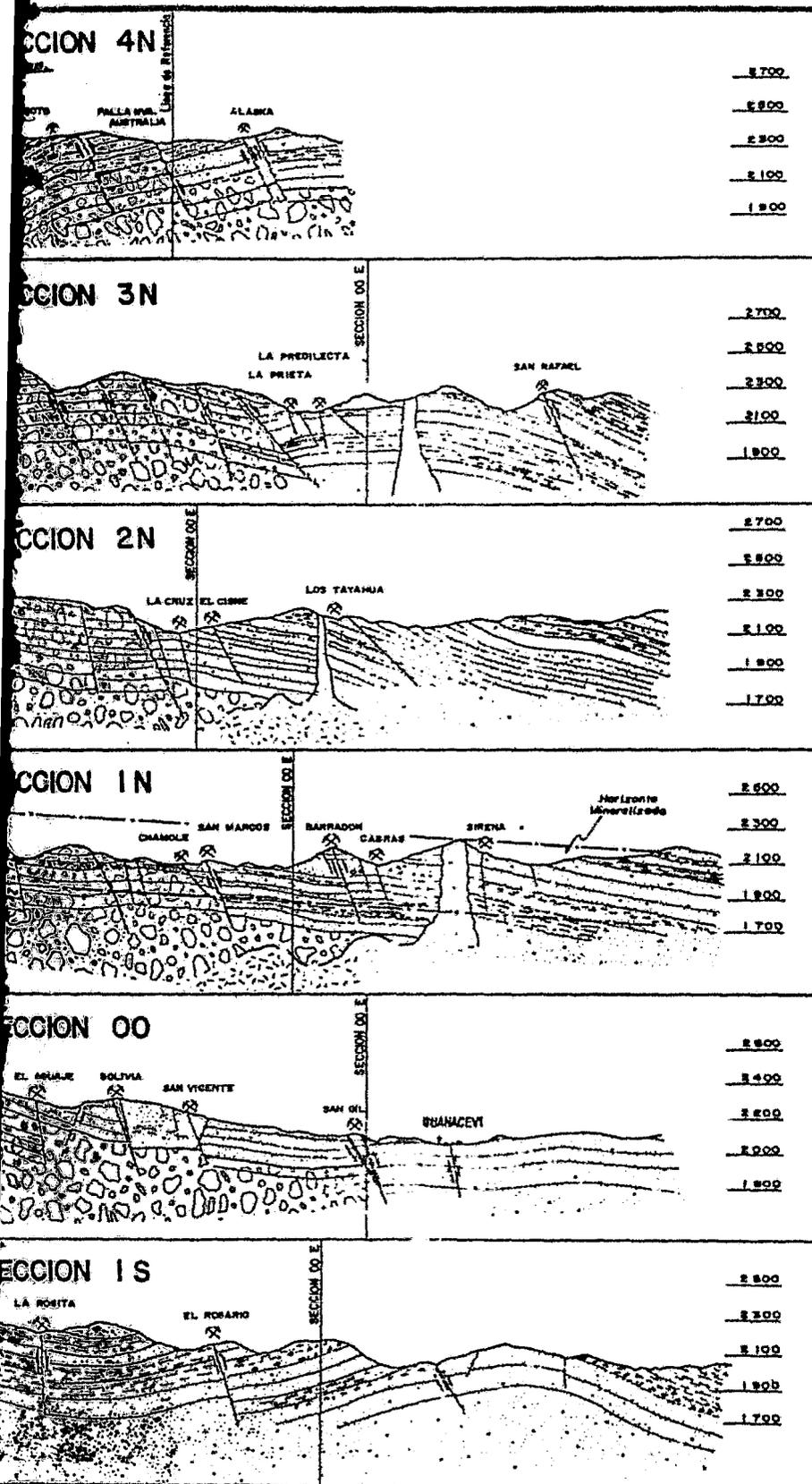
La estructura del distrito parece formar parte de un domo elongado de rumbo noroeste afectado por fallas formando un horst (Fig. 9) si observamos en el plano geológico regional los echados en la parte NE del distrito o sea en el poblado San Pedro podemos apreciar la forma de una nariz de anticlinal buzante al NW que puede ser parte del mencionado domo. Esta estructura es el resultado de los empujes de -- los cuerpos intrusivos que se suponen a profundidad evidenciados por los diques que afloran en el distrito.

También producto de empujes y movimientos relativos- tenemos como estructuras dominantes fallas y fracturas de - diferentes edades que pueden agruparse en tres sistemas:

- 1.- El principal es el sistema NW45°-50°SE
- 2.- El Norte-Sur (pre-mineral)
- 3.- El sistema NE75°SW (pre y post-mineral)

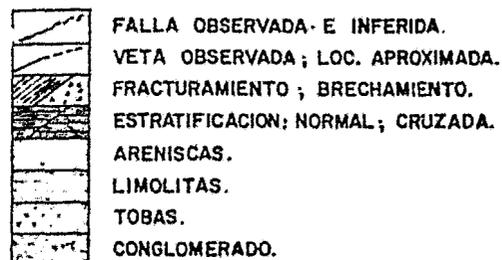
Los tres sistemas forman un conjunto de fallas y --- fracturas de echados generalmente al este, la mayoría mineralizados, es decir, los tres sistemas controlan el emplazao



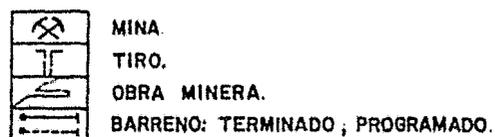


## EXPLICACION

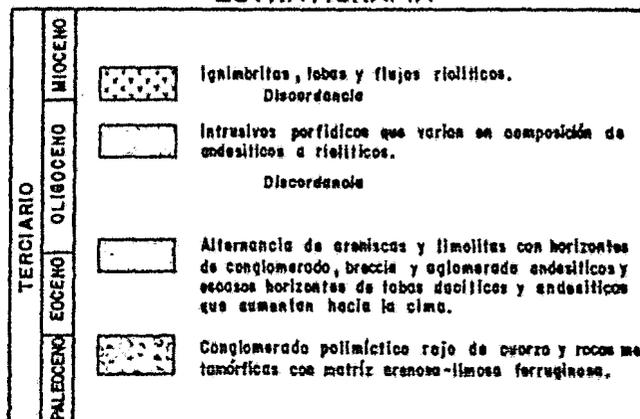
## SIMBOLOS GEOLOGICOS



## SIMBOLOS TOPOGRAFICOS



## ESTRATIGRAFIA



## ESCALA GRAFICA

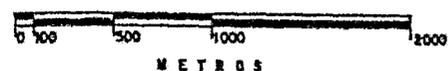
SECCIONES ESTRATIGRAFICAS REGIONALES  
N61°E VIENDO AL NW

Figura 9

miento de la mineralización. Se cree que el fallamiento representa varias etapas de movimientos a lo largo de las mismas direcciones y que se originó por empujes de un magma. Este movimiento continuó hasta después de la intrusión de los diques. Estos diques se introdujeron al tiempo de los empujes ayudados por las fracturas principales NW45°-50°SE- producidas durante el arqueamiento.

#### Sistema Noroeste-Sureste

El patrón estructural y la intrusión de los diques - está dominado por el sistema de fallas y vetas NW-SE, las - más importantes son la Veta Falla Santa Cruz-Serrano y la - Veta Falla San Juan con echados de 52° al SW y 72° al NE -- respectivamente. Estas fallas forman un bloque estructural en horst. En el flanco poniente del horst observamos dos - fallas escalonadas que levantan en movimiento relativo al - conglomerado y bajan a las riolitas. En el flanco oriente, La Falla San Juan levanta al conglomerado y baja a las areniscas (Fig. 8 y 9).

La Veta Falla Santa Cruz-Serrano es una de las pocas cuyo echado es al SW. Tiene una longitud mayor a 10 Km y - su desplazamiento vertical es de más de 1000 metros y el horizontal se estima que no sea mayor de unas decenas de me-- tros. En su desplazamiento vertical pone en contacto a las riolitas del Grupo Volcánico Superior con el Conglomerado - Guanaceví en la porción central de la falla y con las are--

niscas en los extremos NW y SE de esta estructura. Dada esta relación podemos decir que es una falla de tijera cuyos extremos estarían en la parte NW y SE y la zona del máximo desplazamiento hacia el centro. Muestra anchas zonas de brecciamiento y varios planos de falla con milonita indicando varias etapas de movimiento. Es de las más importantes debido a sus dimensiones y porque contiene una de las vetas más potentes del distrito (Veta Santa Cruz) que alcanza hasta 20 metros de ancho.

La Veta Falla San Juan tiene 3.5 Km de afloramiento, su desplazamiento vertical es de aproximadamente 500 metros y el horizontal no se cuantificó. Está mineralizada en su mayor parte desde la Mina San Juan hasta la Mina San Joaquín, extremos NW y SE respectivamente (Fig. 8). La edad de este sistema es pre-mineral con etapas post-minerales. Se supone que este sistema es anterior al sistema NE75°SW puesto que está desplazado por este último y además es posterior a las riolitas ya que corta la base de las mismas. Su edad estimada es de Oligoceno probablemente hasta el Mioceno.

#### Sistema Norte-Sur

El sistema Norte-Sur es el sistema de fallas y fracturas más abundantes, tiene un rumbo preferente norte-sur variando de NE7°SW a NW20°SE con echados de 50° a 80° al este, con excepción de la Veta El Huevo que está echada al --

oeste. Sus desplazamientos verticales son de poca magnitud y no sobrepasan los 30 metros con excepción de la Veta San-José-San Marcos que tiene 350 metros de desplazamiento vertical aproximadamente.

A este sistema pertenecen vetas potentes como Capuza ya de 2 a 15 metros de espesor cuyo conjunto de vetas paralelas abarca una zona de 70 metros de ancho. Pertenece también a este sistema Norte-Sur la Veta Predilecta de 1 a 3 metros de espesor y las vetas Arianeña, Chamole, San Vicente, El Carmen y San José-San Marcos de 1 a 4 metros de espesor entre otras.

#### Sistema Noreste-Sureste

Este sistema de vetas y fallas incluye vetas de relleno de fallas y fallas post-minerales con rumbos entre  $NE20^{\circ}SW$  y  $NE75^{\circ}SW$  con echados de  $50^{\circ}$  a  $85^{\circ}$  al SE. Las vetas de este sistema son poco persistentes no pasan de los 1.5 Km de longitud y son de poco desplazamiento vertical, no mayor a 100 metros. Estas vetas son poco potentes y escasas por ejemplo, la Veta Falla Nueva Australia que desplaza a la Veta de Soto del sistema Norte-Sur. La Falla 2 de Abril de este sistema  $NE-SW$  corta a las vetas Arianeña y San Marcos y otra falla de este mismo sistema desplaza ligeramente a la Veta Santa Cruz. Por estas relaciones se considera a este sistema el más joven de los tres descritos.

## Origen y Edad de las Estructuras

La intrusión batolítica que acompañó y siguió al período orogénico (subducción-compresión) laramídico produjo estructuras dómicas a lo largo de toda la Sierra Madre Occidental. En el Distrito Minero de Guanaceví los esfuerzos tensionales producidos por el empuje del magma originaron fracturas y fallas con rumbo NW45°SE paralelas al eje largo del domo local, esto sucedió probablemente después de haberse depositado las primeras emisiones riolíticas durante el Oligoceno Medio. El fracturamiento favoreció la intrusión de los diques dacíticos con el mismo rumbo en el lado oriente del domo y posteriormente se llevó a cabo otra intrusión riolítica en el flanco poniente. Probablemente por esfuerzos compresivos se produjo un movimiento relativo de bloques con efecto de cizaya dando lugar a las fallas y fracturas N-S al tiempo que los fluidos hidrotermales se distribuían por zonas de debilidad. Una nueva etapa de intrusiones continuó el levantamiento moviendo las mismas fallas -- NW45°SE y posteriormente casi normal al eje largo del domo se formaron fallas y fracturas NE-SW antes de que terminara la época de mineralización alcanzándose a mineralizar algunas de ellas. El levantamiento continuó traslapándose con las primeras etapas de mineralización que a su vez se traslapan con las últimas etapas de intrusiones. El levantamiento y fallamiento se traslapa también con el depósito de cuando menos los primeros 400 metros de rocas del Grupo Volcánico Superior.

## CAPITULO 3

### GEOLOGIA DE YACIMIENTOS MINERALES

El Distrito Minero de Guanaceví es básicamente productor de plata y oro y en menor proporción plomo, zinc y cobre. La mineralización se encuentra en vetas de cuarzo o de roca brecciada y silicificada que miden de 0.5 a 10 Km de longitud con espesores que varían de 0.1 a 20 metros y mantos que no afloran pero se manifiestan en superficie por su alteración hidrotermal. Las vetas están contenidas en los tres sistemas de fallas y fracturas ya mencionados y están encajonadas tanto en el Conglomerado como en las Areniscas Guanaceví y algunas en las riolitas.

Las vetas más productivas y persistentes son las del sistema Norte-Sur (con espesores de 0.5 a 5 metros) y las del sistema NW-SE (con espesores de 1 a 20 metros) que en cantidad son mucho menos que las primeras y por último las vetas del sistema NE-SW. El manto está alojado en el contacto Conglomerado-Areniscas Guanaceví y no se conoce mas que por referencias en informes antiguos ya que sus minas están inundadas y en superficie solo hay zonas de alteración.

Las vetas tienen manifestaciones de mineralización a lo largo de sus extensiones pero es común la acumulación-

de valores en clavos mineralizados espaciados irregularmente cuyas dimensiones varían de unas decenas de metros hasta 600 metros de longitud. Los clavos mineralizados conocidos se han localizado entre los 1900 y 2500 metros sobre el nivel del mar.

### Mineralogía del Distrito

La mineralogía del distrito consiste en argentita, galena, esfalerita, proustita-pirargirita, calcopirita y ganga de cuarzo calcita, barita, fluorita y pirita en menor proporción. Además de estos minerales, Terrones (1940) --- identificó, en estudios mineragráficos de la parte noroeste del distrito. tetraedrita variedad freibergita, estefanita, polibasita, miargirita y bornita; la tetraedrita sólo se observó en las vetas cuproargentíferas Aurora y El Tigre (con tenidas en la Falla San Juan) y se asocia a otros sulfuros de plata y con los sulfuros de cobre y hierro. Los elementos nativos no son muy abundantes sólo se presentan oro y plata. Aparentemente el electrum es común en las vetas contenidas en andesita propilitizada. Dentro de los minerales de ganga Terrones (1940) reporta rodonita, además de los ya mencionados y dice que es muy común en las vetas. Durante los levantamientos geológicos realizados en este estudio -- la rodonita se observó preferentemente en las vetas de las porciones norte y noreste del distrito y muy restringida en la parte oeste del mismo.

## Zonificación

No se hicieron estudios mineragráficos de todas las vetas del distrito, sin embargo, macroscopicamente y por conocimiento de las leyes en las minas del distrito se ha notado variación en la mineralización. La mineralización de plomo, cobre, zinc varía de este a oeste en dirección de las secciones geológicas transversales. Así podemos ver que existe mayor abundancia de plomo y zinc en las vetas más orientales, por ejemplo en la Veta Sangre de Cristo. Si se considera la relación plomo/plata y zinc/plata, ésta aumenta hacia las vetas orientales. En la parte media del distrito aumentan los valores de cobre y disminuye el plomo y zinc como sucede en las vetas Rosario y Capuzaya Barradón, por consiguiente en esta sección disminuye la relación plomo/plata y zinc/plata. En la porción centro-oeste del distrito el plomo y zinc se presentan en acumulaciones locales y el cobre es raro, el oro se hace notable presentándose en proporción oro:plata de 1 a 3 : 100 tal como en las vetas San José y Arianeña. Por último, en la porción oeste del distrito, predomina la plata presentándose además acumulaciones irregulares de manganeso como en los cuerpos El Porvenir, Santa Cruz y La Prieta dentro de la Veta Falla Santa Cruz-Serrano.

En cuanto a la plata no se puede decir que los contenidos o leyes varíen, aunque sin embargo la mineralogía sí lo hace. En la parte oriental del distrito en la Mina San-

gre de Cristo se observaron platas rojas (proustita-pirargi rita) que van disminuyendo al occidente hasta desaparecer - y dar lugar a argentita y acantita en la Veta Santa Cruz. Los valores de plata en cuarzo son comunes en cualquier par te del distrito. Aunque no se ha identificado qué mineral contiene a la plata en el cuarzo (cuarzo gris) se piensa -- que es argentita-acantita.

Las anteriores observaciones conducen a pensar en un probable foco de más alta temperatura en la parte centro--- oriente del distrito ya que las proporciones de minerales - y contenidos metálicos así lo indican.

#### Descripción de Vetas del Area Arianeña y Santa Cruz

Uno de los objetivos del presente trabajo es desarro llar un método de exploración útil para el distrito. Dos - áreas cuya geología fué levantada con detalle son utiliza-- das para este fin. El Area Arianeña con vetas del sistema- Norte-Sur y el Area Santa Cruz cuya veta es del sistema --- Noroeste-Sureste (Tabla I). Estas áreas se seleccionaron - por ser representativas de los sistemas de vetas más impor- tantes y productivos del distrito.

#### Area Arianeña

Las vetas que se han incluido dentro de esta área -- son San José, Arianeña, El Hueco y Jesús María (Fig. 10). El rumbo general de estas cuatro vetas que son paralelas es norte-sur con un echado promedio de 70° al este excepto la-

TABLA 1

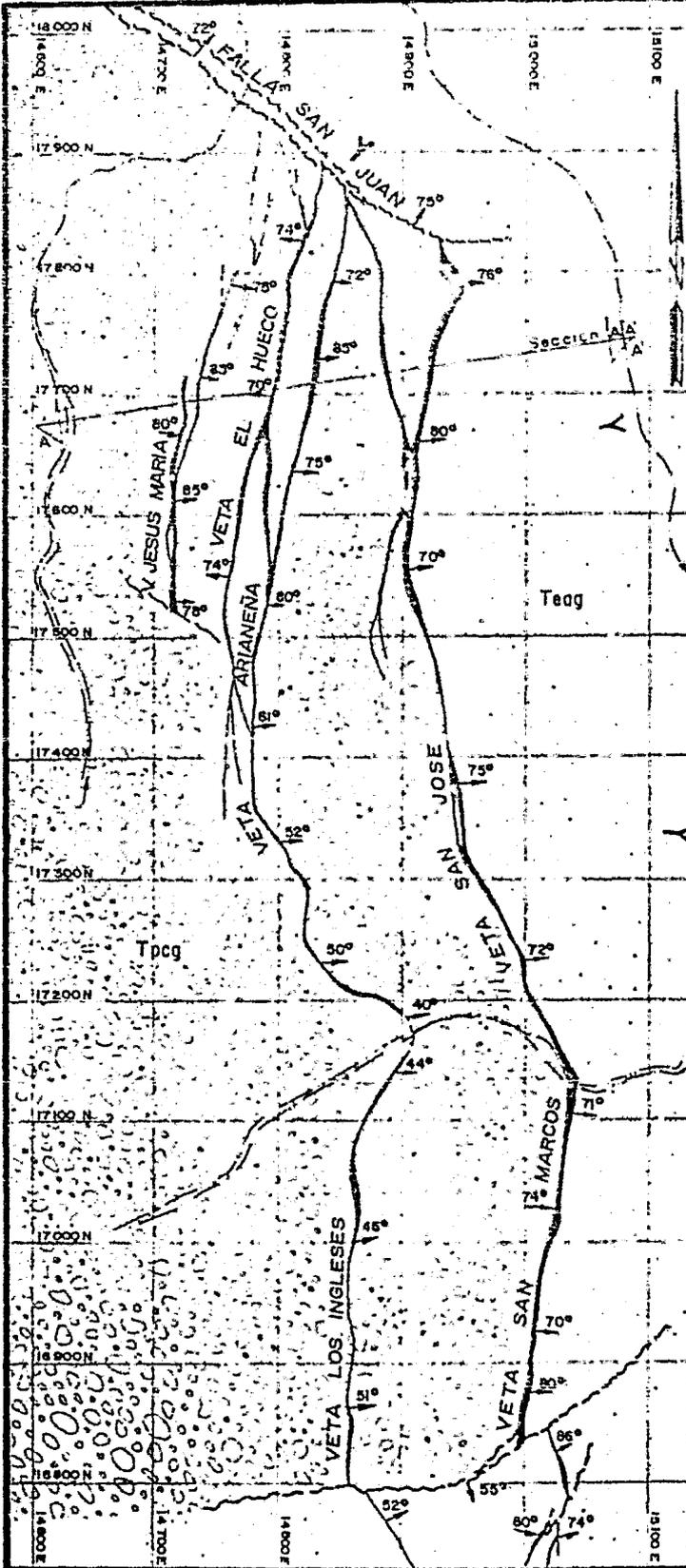
## VETAS DE LAS AREAS SANTA CRUZ Y ARIANEÑA

	D i m e n s i o n e s			Profundida Conocida (m)	Roca
	Rumbo	Longitud	Ancho (m)		Encajonante
Veta Santa Cruz	NW45°SE	10 Km	1-20	396	Areniscas to- bas al bajo - riolitas al - alto.
Veta Arianeña	NE7°SW	1.1 Km	0.5-2.5	264	Conglomerado Guanaceví.
Veta San José	NE7°SE	1 Km	1-3	185	Areniscas Guanaceví al alto.
San Marcos	N-S			150	Conglomerado Guanaceví al bajo.
Veta El Huevo	NE7°SW	480 m	0.5-3	100	Conglomerado Guanaceví.
Veta Jesús María	NE5°SW	300 m	1.70	100	Conglomerado Guanaceví.

Veta El Huevo que tiene un echado de  $75^\circ$  al oeste. La separación entre estas vetas de la primera a la última es de -- 180 metros aproximadamente (Fig. 10).

Veta San José. -- Está alojada dentro de la Falla San José-San Marcos de 1 Km de longitud y 350 a 450 metros de desplazamiento vertical cuyo movimiento pone en contacto al Conglomerado Guanaceví con las Areniscas Guanaceví. Esta veta en su segmento norte se llama San José y en el sur San Marcos.

La Veta San José tiene un rumbo general  $NE7^\circ SW$  y un echado de  $72^\circ$  al este. Su espesor varía de 1 a 3 metros. En su extremo norte esta veta se bifurca en ramales que se unen a una profundidad aproximada de 100 metros formando una estructura cimoidal. De la parte media de la Veta San José se separan dos ramales al bajo. El primero de rumbo  $SW10^\circ NE$  y el segundo de rumbo  $NW15^\circ SE$  ambos con echado de  $70^\circ$  al este. El primer ramal es una vetilla de 5 a 80 centímetros de ancho y 130 metros de longitud y está compuesta por cuarzo, hematita, óxidos de manganeso y trazas de plata en el cuarzo. Más hacia el sur esta vetilla se divide en ramaleos más delgados hasta que se pierde. El segundo ramal mide 220 metros de longitud y tiene un ancho de 0.2 a 2 metros y está compuesto por cuarzo gris rellenando una estructura de roca silicificada. Este segundo ramal se une -

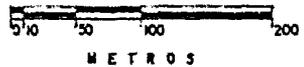


EXPLICACION

SIMBOLOS GEOLOGICOS

- Alluvión.
- Areniscas Guanacevi.
- Conglomerado Guanacevi.
- Falla Indicando echado.
- Veta Indicando echado.
- Obra minera.

ESCALA GRAFICA



GEOLOGIA AREA  
"ARIANEÑA"

Figura 10

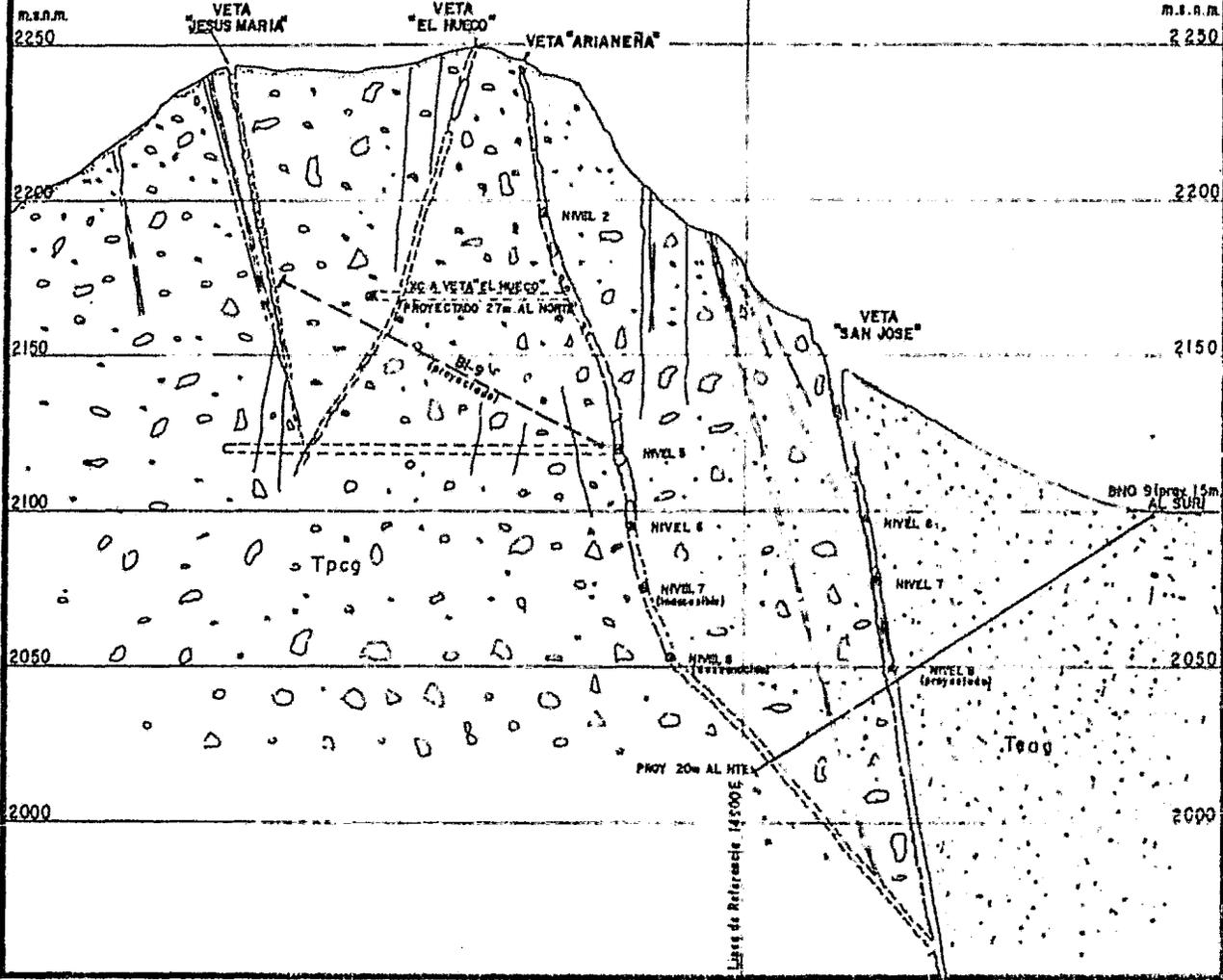
en el extremo norte de la Veta Arianeña.

La Veta San José propiamente dicha está formada por tres bandas. Una banda central de cuarzo gris conteniendo los valores de plata y oro en una proporción de 1 a 3:100 - (Au:Ag). En esta misma banda se encuentran acumulaciones aisladas de galena y esfalerita generalmente al bajo. Al bajo de la banda central se presenta una banda con brecciamiento cuya matriz está compuesta por óxidos de hierro, de manganeso y cuarzo. Al alto de la banda central se observa otra banda compuesta por fluorita con acumulaciones locales de barita y calcita.

Veta Arianeña.- La Veta Arianeña está dentro de la Falla Arianeña-Los Ingleses que tiene 1100 metros de longitud y está cortada por dos fallas de echados opuestos. Al norte está cortada por la Falla San Juan cuyo echado es 72° al NE y al sur esta veta es cortada por una falla de echado 55°-60° al SE.

La veta está totalmente encajonada en el Conglomerado Guanaceví y tiene un rumbo NE7°SW con un echado promedio de 75° al este. El echado varía de 70° a 84° en la parte norte y hasta 58° en la parte sur. A profundidad la estructura muestra cambios de echado, de 80° en el nivel 6 a 52° debajo del nivel 7 (Fig. 11). El espesor de la veta es de 0.5 metros a 2.5 metros adelgazándose hacia el sur a medida

SECCION A-A' N82°E  
VISTA AL N.



EXPLICACION

- SIMBOLOS TOPOGRAFICOS  
OBRA MINERA  
BARRENO TERMINADO PROGRAMADO
- SIMBOLOS GEOLOGICOS  
FALLA  
VETA
- ALTERACION HIDROTHERMAL  
CLORITIZACION  
SILICIFICACION  
ARGILIZACION
- LITOLOGIA  
GRUPO VOLCANICO SUPERIOR-IGNIMBRITAS
- ARENISCAS GUANACEVI -  
ARENISCAS LIMOLITAS Y HORIZONTES DE TOBAS DACITICAS-ANDESITICAS.
- CONGLOMERADO GUANACEVI-  
CONGLOMERADO ROJO DE FRAGMENTOS DE CUARZO Y ROCAS METAMORFICAS. MATRIZ ARENOSA FERRUGINOSA.



SECCION TRANSVERSAL A A'  
AREA ARIANEÑA

Figura 11

que decrece el echado. El tramo sur de la veta se va adelgazando pasando a tan sólo a una estructura débilmente silicificada con un halo de cloritización moderada y acumulaciones locales de óxidos de hierro.

La zona del clavo mineralizado se encuentra dentro de una leve flexión de la veta cuya concavidad es hacia el este. Esta concavidad es la zona de más abertura y la porción de mayor echado de la veta coincide con el cuerpo mineral.

La mineralización se presenta en forma bandeada y en forma de relleno de brecha de falla y consiste en cuarzo -- gris con valores de plata y oro en proporción oro:plata de 1 a 1.5:100. La presencia de galena y esfalerita es muy local. La galena es de cristalización muy fina y la esfalerita se presenta en vetillas y lentes pequeños.

Veta El Hueco..- Es una veta de rumbo NE7°SW y echado de 75° al oeste. La estructura aflora por 480 metros y tiene un espesor que varía de 0.5 metros en el sur de la veta a 3 metros en la porción norte promediando 1.70 metros. Esta veta está encajonada en el Conglomerado Guanaceví separada 15 metros de la Veta Arianéña.

La Veta El Hueco sufre dos bifurcaciones: En el extremo norte se divide en dos pequeños ramales de unos 15-20 metros de longitud que a su vez se adelgazan y ramalean perdiéndose. En la parte central se bifurca en dos ramales --

llamados ramal este y ramal oeste de rumbo SW4°NE y SW10°NE respectivamente. El primer ramal tiene 1 metro de ancho y se extiende por 100 metros adelgazándose hasta llegar a la Veta Arianeña en forma de fracturas delgadas con débil silicificación. El segundo ramal mide de 0.25 a 1 metro de ancho. Este ramal está incluido dentro de un crestón de roca silicificada compuesto por una serie de vetillas de cuarzo paralelas o que se entrelazan cuyo ramaleo tiene hasta 6 metros de ancho al bajo y 1 metro al alto de la veta. El ramal oeste es propiamente la porción sur de la Veta El Hueco.

La mineralización de esta veta es de cuarzo gris con escasa galena de cristalización fina y cuarzo blanco cristalino con disseminación de sulfuros de plomo plata.

Veta Jesús María.— Es una veta de carácter ramaleado cuyo rumbo es NE5°SW con echado 78° al este, tiene 1.70-metros de espesor promedio. La veta tiene 300 metros de longitud y está formada por una serie de hilillos delgados de cuarzo que se ensanchan o adelgazan y se juntan o separan en un máximo de 7 metros de espesor. Esta veta está encajonada totalmente en el Conglomerado Guanaceví y está separada de 55 a 70 metros de la Veta El Hueco. La Veta Jesús María termina en su porción norte igual que la Veta El Hueco, ramaleándose y adelgazándose hasta formar una serie de fracturas delgadas con halos débiles de cloritización y oxidación y en su parte sur termina en una pequeña falla de

rumbo NW-SE.

La manifestación de esta veta en superficie es conspicua sus afloramientos son crestones de roca silicificada con pirita diseminada y óxidos de hierro. La mineralización observable es de cuarzo gris con escasos cristales de galena y esfalerita diseminados y en hilillos.

#### Area Santa Cruz

Se llama así al área que ocupa el tramo mineralizado de la Falla Santa Cruz-Serrano donde se desarrolló la Mina Santa Cruz.

La Falla Santa Cruz-Serrano, como ya vimos, es una falla regional mineralizada de más de 10 Km de longitud que contiene vetas que reciben nombre según la localidad donde afloran, de norte a sur tenemos Serrano, El Porvenir, Santa Cruz, Garibaldí y La Prieta.

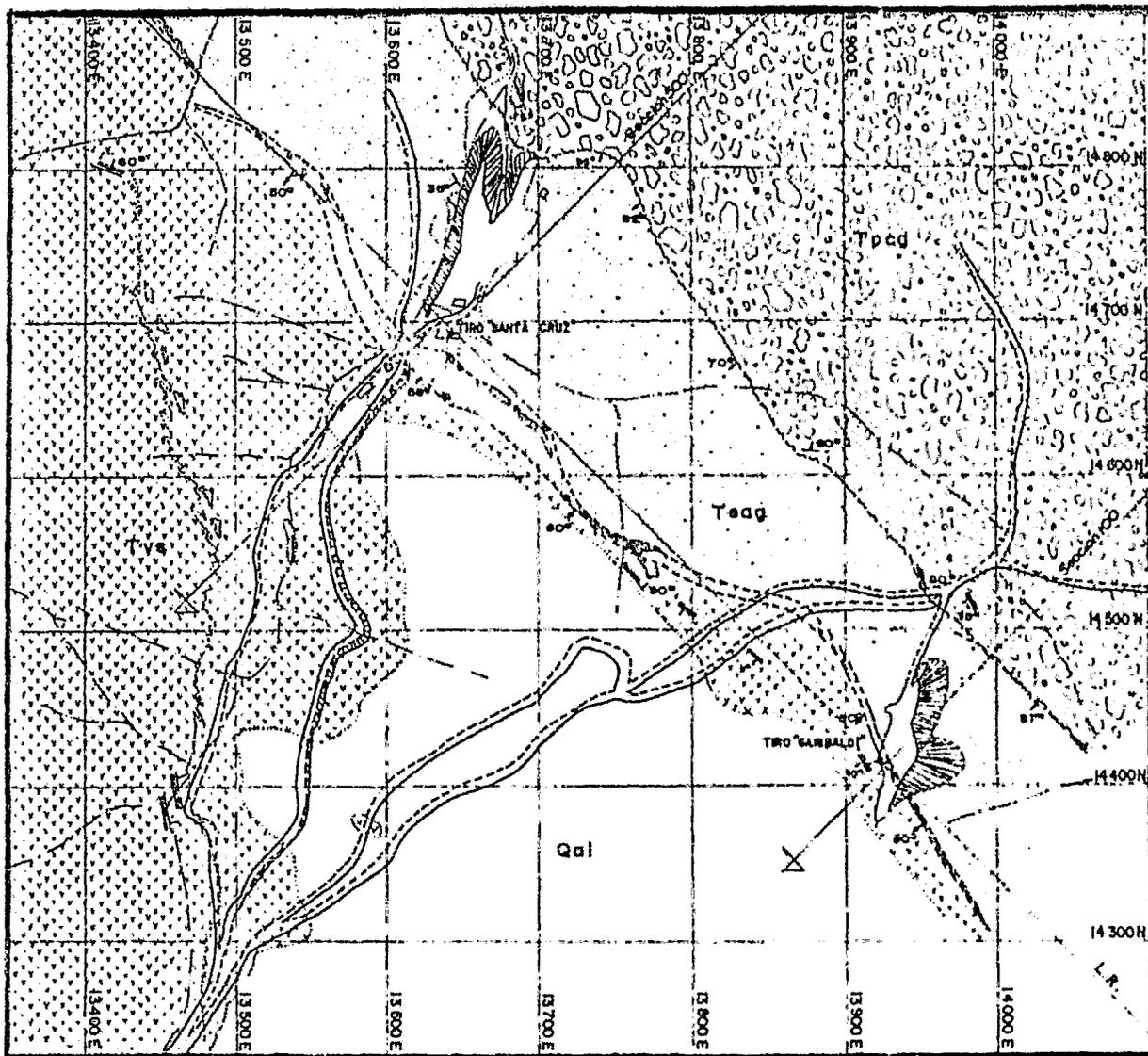
Veta Santa Cruz.- La Veta Santa Cruz es de las más potentes del distrito. Para dar la idea de potencialidad de esta veta basta decir que el tamaño del clavo donde se concentran más de 60% de las reservas de la Mina Santa Cruz es de 160 metros de longitud por 100 metros de altura y unos 20 metros de espesor. Estas cifras ilustran la alta potencialidad de esta veta y en general de toda la veta falla que la contiene.

La Veta Santa Cruz tiene un rumbo NW45°SE y un echado promedio de 50° al SW. La veta está constituida por relleno de breccia de falla y relleno de fisuras en espesores de 1 a 20 metros y está alojada en una falla de más de 10 - Km de longitud y más de 1000 metros de desplazamiento vertical cuyo movimiento pone en contacto ignimbritas del Grupo Volcánico Superior con areniscas de la unidad vulcanoclástica. Son frecuentes los tramos donde está totalmente alojada en las areniscas y tobas.

La estructura mineralizada se presenta de varias maneras ya sea como dos vetas paralelas con ramales que las unen, o bien como una zona de relleno de breccia con vetillas que se entrelazan presentando además una zona bandeada al bajo que puede o no estar presente. Aunque su rumbo general es NW45°SE se aprecian flexiones y cambios de rumbo entre tres partes que coinciden con ensanchamientos y estrechamientos producidos por movimientos a rumbo de veta (Fig 12).

Flexiones parecidas se observan en sentido vertical de modo que tales variaciones en el echado también producen aberturas y estrechamientos producidos por movimientos a rumbo de echado. (Fig 13 y 14).

Los cambios de rumbo de la veta muestran ramaleos -- asociados a dicho cambio (Mc Kinstry, 1948). En el nivel 13 de la Mina Santa Cruz uno de esos cambios de dirección coincide con una ramaleo y con el límite sur del clavo. El



# EXPLICACION

## LITOLOGIA

- Qal** Aluvión, Eluvián.
- Tvs** Grupo Volédnic Superior.
- Teag** Areniscas Guanaeivi.
- Tpcg** Conglomerado Guanaeivi.

## ALTERACION

- Clorificación.
- Silicificación.
- Argilización.

## SIMBOLOS GEOLOGICOS

- Rumba y echado de estratificación.
- Laminación.
- Falla observada - oculta.
- Fractura observada - oculta.
- Veta observada - oculta.
- Afloramiento.

## SIMBOLOS TOPOGRAFICOS

- Tiro.
- Tajos y acas.
- Terrero.
- Obra minera.
- Construcción.
- Camino (brecha).
- Vereda.
- Arroyo.

## ESCALA GRAFICA



## GEOLOGIA AREA "SANTA CRUZ"

Figura 12

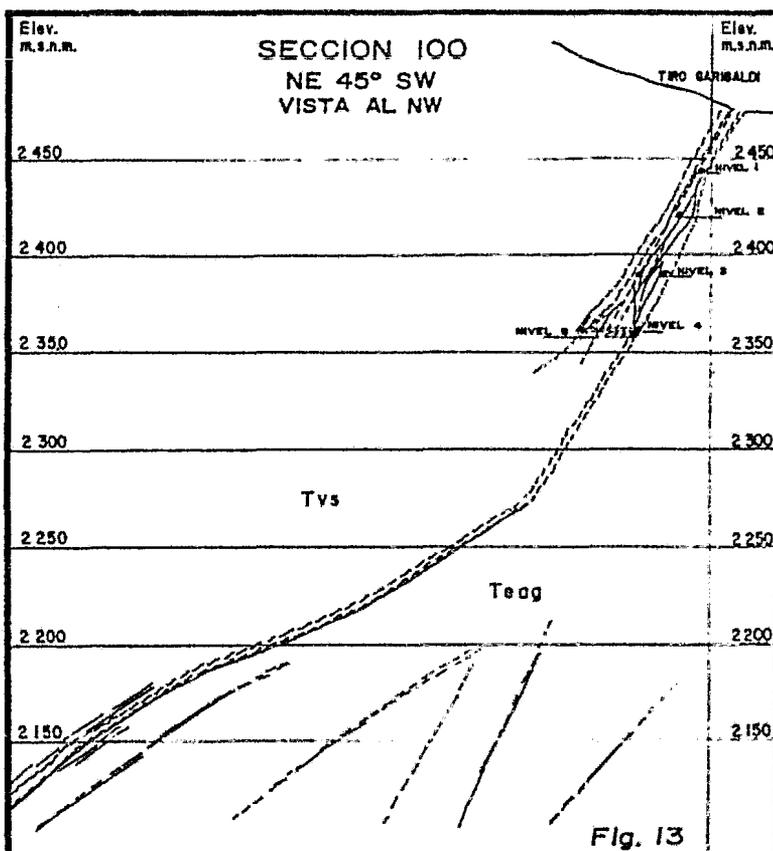
límite norte del clavo mineralizado coincide con un estrechamiento en que la veta se convierte en fracturas y planos de falla con abundante milonita y cataclasita.

### Textura de las Vetas

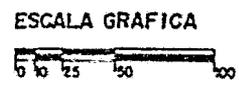
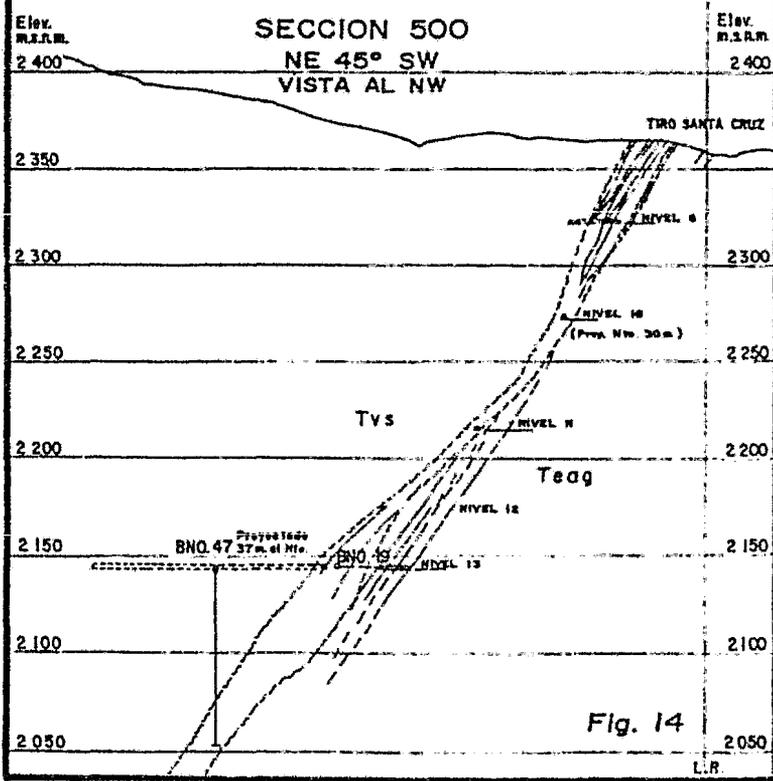
El rasgo textural más común de las vetas es el carácter bandeado de casi todas ellas observándose drusas, texturas coliformes o texturas irregulares por relleno de breccia de falla.

En la Veta San José la textura está definida por una serie de cuatro bandas que pueden presentarse juntas o presentarse solo una de ellas. La primera banda es una breccia de falla cuyos fragmentos están silicificados incluidos en una matriz de cuarzo con óxidos de hierro y manganeso, la siguiente banda está compuesta de cuarzo con acumulaciones de galena y esfalerita que se presentan como manchones o bolsas hasta de 40 centímetros, la tercera banda consiste de cuarzo gris que contiene mineralización de plata, esta banda alcanza hasta un metro de ancho. La última banda consiste en fluorita, localmente barita y calcita y tiene de 0.5 a 1 metro de espesor. En general las vetas del Area Arianeña son de cuarzo, a menudo muestran drusas y delgadas bandas de sulfuros.

En Santa Cruz el bandeamiento no es continuo a lo largo de la veta. El relleno de breccia de falla es la apariencia más común y en ocasiones se presenta una zona bandada al bajo de la veta. No obstante lo anterior, a veces



- EXPLICACION**
- SIMBOLOS TOPOGRAFICOS**
- OBRA MINERA.
  - BARRENO TERMINADO, PROGRAMADO.
- SIMBOLOS GEOLOGICOS**
- FALLA.
  - VETA.
  - BRECCIAMIENTO.
  - MINERALIZACION-Diseminada, en fracturas, veta.
- ALTERACION HIDROTHERMAL**
- CLORITIZACION.
  - SILICIFICACION.
  - ARGILIZACION.
- LITOLOGIA**
- Tvs GRUPO VOLCANICO SUPERIOR- Ignimbritas.
  - Teag ARENISCAS GUANACEVI- Areniscas, limolitas y horizontes de tobas dacíticas-andesíticas.
  - Tm Conglomerado GUANACEVI- Conglomerado rojo de fragmentos de suorzo y rocas metamórficas, matriz arenosa-ferruginosa.



**SECCIONES TRANSVERSALES MINA "SANTA CRUZ"**

**Figuras 13 y 14**

se observan bandas que estan compuestas de diferentes minerales como son cuarzo gris, pirita, cuarzo blanco, calcita, barita, fluorita, bandas con sulfuros también se observan y alcanzan hasta 10 centímetros de ancho.

Como se mencionaba anteriormente la breccia de falla es la textura más común en esta veta y está compuesta por fragmentos de composición variada como fragmentos de cuarzo blanco, fragmentos de roca silicificada y cloritizada, fragmentos de cuarzo gris, todos estos elementos estan contenidos dentro de una matriz también variada compuesta de hematita, sulfuros básicos, cuarzo gris, fluorita y óxidos de manganeso. La gran variedad de fragmentos y matriz sugieren varias etapas de mineralización.

La textura coloforme y crustificación cuando se presentan consisten de bandas sucesivas de cuarzo a veces fluorita, hematita, calcita con capas de sulfuros esto en el caso de la textura coloforme. Las drusas que se presentan tiene un arreglo simétrico en bandas de cuarzo blanco criptocristalino, bandas delgadas de sulfuros y cristales euedrales de cuarzo que se desarrollaron en los espacios abiertos.

#### Mineralogía de las Areas Arianeña y Santa Cruz

La mineralogía de las vetas de las áreas Arianeña y Santa Cruz es muy simple comparada con la amplia variedad de minerales presentes en todo el distrito. Para identificar con precisión la mineralogía presente en las áreas Arianeña y

Santa Cruz se colectaron muestras a todo lo largo de las vetas en varios niveles de las minas con objeto de determinar - posibles variaciones de la mineralización ya fuera en sentido vertical y horizontal. En la Mina Santa Cruz se colectaron - 10 muestras para estudio mineragráfico en los niveles 4 y 13- y para estudio petrográfico se colectaron 16 muestras en los niveles 4, 6, 11, 12 y 13. En el Area Arianeña las muestras se clasificaron megascópicamente y en la Mina Santa Cruz se hicieron estudios al microscopio.

#### Minerales de Mena y Ganga

La mineralogía primaria de las vetas consiste en galena, esfalerita, argentita, acantita, pirita y calcopirita. La argentita, acantita y galena variedad argentífera son los minerales de mena más importantes.

La mineralogía secundaria está constituida por covelita, hematita, goetita y óxidos de manganeso que se han observado en la zona de oxidación de las vetas y en tramos parcialmente oxidados en el nivel 13 de la Mina Santa Cruz.

Los minerales de ganga son cuarzo, calcita, barita, -- fluorita y rodonita. El cuarzo alcanza desde el 70% hasta el 95% del total de la ganga, la calcita, barita y fluorita son abundantes sólo localmente. La rodonita no es muy abundante, se identificó megascópicamente en los niveles superiores (del 1 al 6) de la Mina Santa Cruz.

Pirita.- La pirita está presente en todas las vetas. Siempre es de cristalización fina, comunmente menor a un milímetro. La pirita se presenta masiva, diseminada en cuarzo en intercrecimientos con esfalerita y en ocasiones reemplazando galena y esfalerita. La presencia de fragmentos de pirita con brecciamiento posterior al depósito y la presencia de cristales euedrales completos sugieren al menos dos etapas de depósito de pirita.

Galena.- La galena es el principal mineral de plomo y es importante por ser uno de los minerales de mena. La galena ocurre en acumulaciones locales. En el Area Arianeña se encuentra en bolsadas asociada con esfalerita o bien se encuentra en vetillas o bandas lenticulares o en diseminaciones finas en cuarzo. En la Veta Santa Cruz la galena ocurre en bandas o distribuída irregularmente en masas dentro de cuarzo y breccia de falla.

La galena por lo general es de cristalización fina. Al microscopio se observa intercrecida con acantita y generalmente en granos xenomorfos de 0.6 micras a 3 milímetros - incluidos en esfalerita y pirita también se observó galena - rellenando fracturas en esfalerita y reemplazando marmatita.

Esfalerita.- La esfalerita es más abundante que la galena y está ampliamente distribuída, a pesar de ello sus concentraciones son también locales. La esfalerita ocurre -

en bolsas o bandas de texturas gruesas desde un centímetro - hasta dimensiones de grano fino. Se distinguen dos tipos de esfalerita, una variedad color pardo amarillenta esto es una - esfalerita color miel con lustre resinoso y otra variedad mar - matítica de color pardo-negruzco que es rica en hierro.

Al microscopio la esfalerita se observa en cristales - alotriomorfos o granos xenomorfos de 1.25 milímetros máximo - reemplazando pirita y galena e incluyendo calcopirita. En -- ocasiones la esfalerita es reemplazada por ganga, galena o pi - rita. En algunas muestras se observan fragmentos de esfalerit - ta rotos después del depósito cementados posteriormente por - ganga, esto evidencia movimientos durante el depósito y poster - riores etapas mineralizantes.

Argentita-Acantita.- La argentita y acantita son los - principales minerales de mena de plata. Ocurren en pequeños - manchones o vetillas entre cuarzo y otros sulfuros como gale - na y esfalerita.

En las vetas del Area Arianeña la argentita y acantita se encuentran siempre asociadas con galená de cristalización - fina y con cuarzo. En la Mina El Huevo en ocasiones la mena - consiste en cuarzo gris con altos valores de plata que se asu - me en forma de acantita o argentita finamente diseminada en - el cuarzo.

En la Veta Santa Cruz los ejemplares al microscopio -- muestran intercrecimientos de acantita con galena. La argen -

tita se observa en cristales xenomorfos entre galena y esfalerita o marmatita comúnmente con hábito vermicular y mirmequítico dentro de la galena, esa estrecha relación galena-argentita es el resultado de exsolución de la segunda en la primera.

El hecho de encontrar argentita en los niveles inferiores y acantita en los superiores arriba del nivel 10 indica que el  $\text{Ag}_2\text{S}$  en los niveles inferiores se depositó a más de  $-176^\circ\text{C}$ .

Calcopirita.- En estas vetas la calcopirita no es muy abundante, su presencia es mas bien ocasional. El porcentaje de cobre en éstas nunca llega al 1%. Al microscopio la calcopirita se observó en cristales de 90 micras incluidos en marmatita. La calcopirita se presenta también como exsolución en esfalerita. Megascópicamente la calcopirita se observó en la parte sur del clavo inferior de Santa Cruz indicando un posible zoneamiento (?).

Hollandita.- La hollandita es uno de los minerales en los que ocurre el manganeso, se identificó al microscopio en la Mina Santa Cruz. La hollandita se presenta en cristales idiomórficos de hábito radial acicular intercrecido en el cuarzo. El porcentaje promedio de manganeso en la Mina Santa Cruz no llega a 2% aunque localmente alcanza más del 10% mucho de este manganeso es de origen secundario presentándose otros óxidos de manganeso.

Oro.- Aunque los ensayos indican valores de oro nunca se ha observado entre los minerales de mena. El oro es particularmente abundante en las vetas del Area Arianeña que históricamente fueron famosas por sus bonanzas de oro y plata. En la Veta Santa Cruz el oro es muy escaso y no se observó aún - al microscopio.

Plata.- La plata nativa se observó en muestras de la zona de oxidación de la Veta Arianeña.

Parece ser que la plata nativa es producto de la oxidación de los sulfuros de plata. Probablemente la percolación de aguas descompone la  $Ag_2S$  oxidando el azufre y reduciendo, - por lo tanto, la plata.

Covelita.- La covelita es un mineral secundario muy - escaso en las vetas de las áreas Arianeña y Santa Cruz. Se - observó al microscopio en el nivel 13 de la Mina Santa Cruz - en fracturas acompañando a hematita.

Hematita-Goetita.- Estos minerales son abundantes y - muy comunes como producto de descomposición de pirita y otros minerales de hierro en las zonas oxidadas de todas las vetas.

La hematita y goetita se presentan en variedades terrosas y compactas rellenoando espacios entre breccia de falla o - en vetillas en ganga.

Estos óxidos ocurren en asociación con otros productos de alteración como pirolusita, manganita y plata nativa.

Pirolusita-Manganita.- Abundantes en manchones dendríficos y masas rellenas de espacios se presentan óxidos de manganeso como pirolusita y manganita. Estos óxidos probablemente son producto de alteración de rodonita y posiblemente manganocalcita.

La pirolusita y manganita se encuentran asociadas a -- óxidos de hierro. En las vetas del Area Arianeña los óxidos de manganeso son muy escasos, en la Veta Santa Cruz el porcentaje promedio no llega al 2%.

Cuarzo.- El cuarzo es el mineral más abundante dentro de las vetas. Se distinguen seis tipos de cuarzo: lechoso, amatista, verdoso debido a microinclusiones de clorita, rojizo debido a los óxidos de hierro y un cuarzo gris que es el más importante por su asociación a valores de plata.

El cuarzo se presenta en bandas, reemplazando a la --- breccia o masivo poroso con abundantes óxidos de hierro y manganeso. Este mineral es de cristalización fina salvo en algunas drusas o cavidades en las que se desarrollaron cristales-eudrales de hasta un centímetro.

Calcita.- La calcita es localmente abundante. Esta se encuentra en vetillas y en bandas alternando con la mena, también se encuentra asociada con fluorita y barita.

La calcita es de color blanco a rosado o de color pardo oscuro a negro. La calcita de color rosado se asume sea manganocalcita. Esta variedad fluoresce bajo luz ultravioleta---

ta. Park (1964) sugiere que la fluorescencia se debe a la presencia de manganeso y posiblemente plomo que actúa como activador y señala que esto es evidencia de que la calcita se formó con la mena.

En la Mina Santa Cruz la calcita es abundante en los niveles del 1 al 6 y al sur de la veta predominan las variedades negras; en los niveles inferiores la calcita disminuye notablemente.

Barita.- La barita ocurre en forma de cristales gruesos, masiva o en microcristales prismáticos de color blanco, ocurre también en bandas o rellenando espacios junto con la calcita y asociada a sulfuros como galena y esfalerita. En el Area Arianeña la barita es muy escasa. En la Veta Santa Cruz la barita se presenta en bandas o en bolsas lenticulares en las que llega a ser más del 20% de la ganga por ejemplo en el nivel 6, aunque en promedio la barita es un 2-4% de la ganga.

Fluorita.- La fluorita se presenta en variedades microcristalinas o cristales de 1 ó 2 centímetros en colores morado, rosado e incolora translúcida. Generalmente la fluorita rellena espacios en forma de agregados masivos radiales -- con terminaciones de cristales octaédricos. La fluorita también alterna con bandas de cuarzo, calcita y barita. En la Mina Santa Cruz la fluorita es más frecuente en los niveles inferiores (debajo del nivel 6) predominando las cristaliza--

ciones finas menores a un milímetro. En el Area Arianeña la fluorita es típica en las vetas Arianeña y San José.

### Clavos Mineralizados

La mineralización de las vetas se encuentra distribuída en clavos mineralizados que se localizan ya sea periódica o irregularmente en zonas de ensanchamiento de las vetas. Estas zonas de ensanchamiento se encuentran en flexiones de las vetas, esto es, que los clavos mineralizados se encuentran en cambios de dirección ya sea de rumbo o de echado de las vetas como se puede observar en las figuras 11 y de la 13 a la 16.

Esta localización de clavos mineralizados coincide con las observaciones de Emmons (1942) quien dice que muchas vetas epitermales se encuentran en fallas normales y comunmente los clavos más grandes están en las porciones más verticales. La anterior relación podría oscurecerse porque en otros distritos mineros muchos clavos mineralizados se localizan por más de una característica estructural favorable tales como intersección de vetas con estratos favorables, anticlinales, rocas encajonantes favorables para reemplazamiento, rocas quebradizas y otras características, a pesar de ello, en el Distrito Guanaceví la litología no parece tener relación determinante con la presencia de los clavos mineralizados.

En las minas del Area Arianeña y Santa Cruz gracias a la cantidad de datos de que se dispone en interior mina y ba-

SECCION VERTICAL · LONGITUDINAL NW 8°30'SE VISTA AL

Elev  
msnm  
2 200

2 150

2 100

2 050

2 000

1 950

1 900

LIMITE DEL CLAVO MINERALIZADO  
(PUNTEADO DONDE ESTA SUPUESTO)

ZONA MAS FAVORABLE

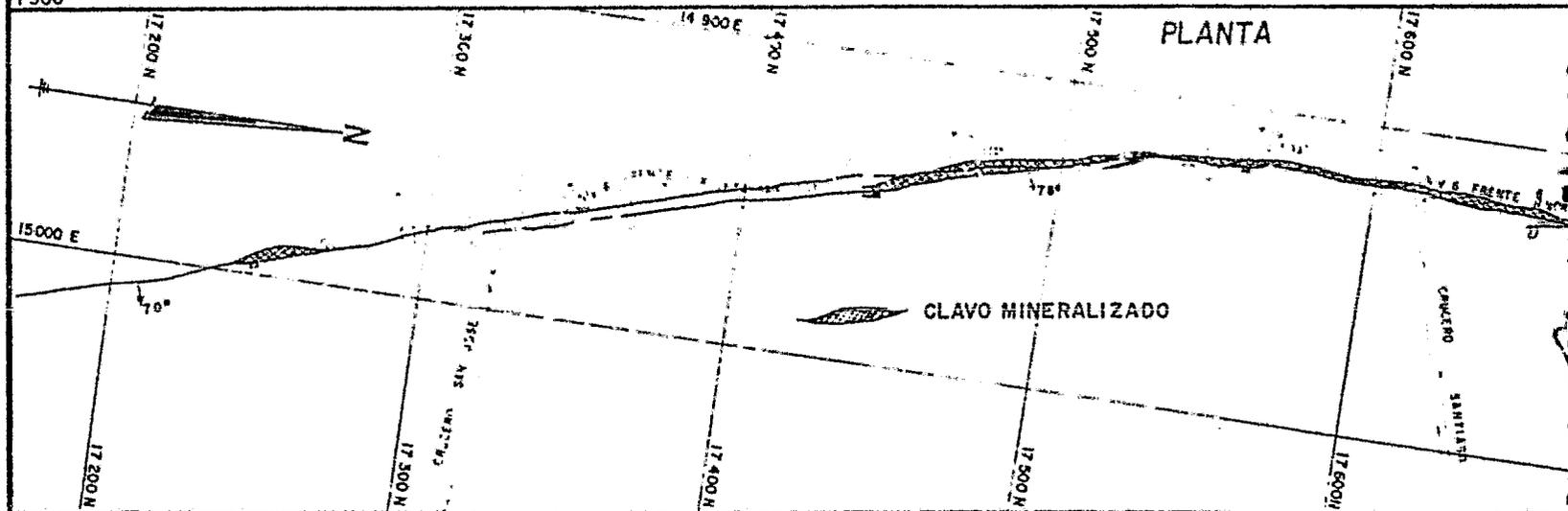
BLOQUE DE RESERVAS

NIVEL T

NIVEL B

PLANTA

CLAVO MINERALIZADO



SECCION VERTICAL LONGITUDINAL NW 6°30' SE VISTA AL PONIENTE

Elev.  
m.s.n.m.  
2 200

2 150

2 100

2 050

2 000

1 950

1 900

CONDICIONES FAVORABLES

BLOQUE DE RESERVAS

NIVEL 7

NIVEL 8

VEGA FALLA SAN JUAN

PLANTA

ESCALA GRAFICA



CLAVO MINERALIZADO

SECCION LONGITUDINAL Y PLANTA  
DE LA MINA SAN JOSE  
MOSTRANDO CLAVOS MINERALIZADOS

Figura 15

rrenos, aunados a los datos de producción, muestreos y rebajes se pudo definir la localización, forma y tendencia de los clavos mineralizados (Fig. 15 y 16).

#### Area Arianeña

En las vetas del Area Arianeña las dimensiones de los clavos mineralizados varían de mayor a menor longitud de la cima hacia la base de los mismos.

En la Veta San José el clavo mineralizado mide 550 metros en superficie y en su base mide 150 metros. En la Veta Arianeña el clavo mineralizados mide 500 metros en superficie y en su base 180 metros. En la Veta San José la forma del clavo mineralizado tiene burdamente la apariencia de un hongo y en el caso de la Veta Arianeña el clavo mineralizado tiene la forma de un cono truncado invertido.

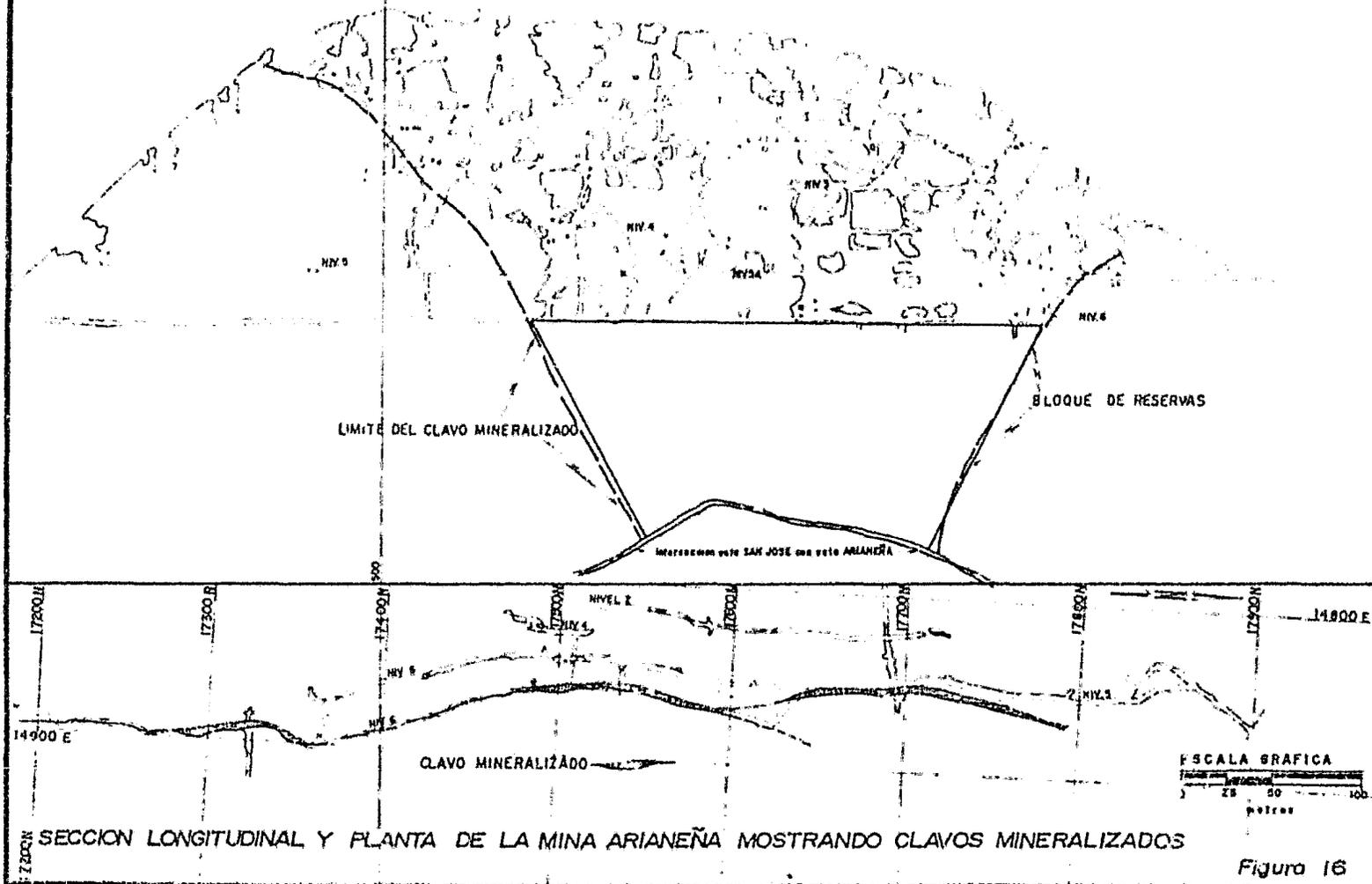
En ambas vetas el clavo mineralizado coincide con la concavidad de la estructura a favor del echado como se aprecia en las plantas de las figuras 15 y 16.

#### Area Santa Cruz

En la Mina Santa Cruz se han observado dos clavos mineralizados en sentido vertical separados por una zona de menor echado de la veta. El primer clavo mineralizado es el clavo superior que a su vez se puede dividir en dos cuerpos llamados el Cuerpo Santa Cruz y el Cuerpo Garibaldi. El segundo clavo es el llamado Santa Cruz cuerpo inferior y es el más --

Figura 16. Sección vertical longitudinal y planta de la Veta Arianeña. En planta se muestra la posición del clavo mineralizado con respecto a la forma de la estructura. Obsérvese el cambio de rumbo. En la sección se indica con líneas punteadas la forma del clavo mineralizado.

SECCION VERTICAL LONGITUDINAL VISTA AL PONIENTE  
NW2°45' SE



SECCION LONGITUDINAL Y PLANTA DE LA MINA ARIANEÑA MOSTRANDO CLAVOS MINERALIZADOS

Figura 16

importancia dadas sus dimensiones.

Estos clavos mineralizados conocidos de la Veta Santa-Cruz se encuentran en un área de 500 metros de longitud por 400 metros de profundidad. El clavo mineralizado superior mide 500 metros de longitud por 220 metros de profundidad máxima. El clavo mineralizado Santa Cruz cuerpo inferior mide 160 metros de largo por más de 100 metros de profundidad y un espesor promedio de 15 metros. En conjunto estos clavos mineralizados muestran una tendencia general igual a la de los clavos mineralizados del Area Arianeña, esto es, su longitud disminuye a profundidad.

Los clavos mineralizados de la Veta Santa Cruz pueden utilizarse como modelo para la búsqueda de continuación de los clavos mineralizados en otras vetas haciendo consideraciones estructurales como se verá en el siguiente capítulo.

#### Forma y Localización de los Clavos Mineralizados

En general los clavos mineralizados se localizan en zonas de más abertura o de ensanchamiento y se distribuyen según la periodicidad de estas zonas dentro de las estructuras. La mayoría de los clavos mineralizados afloran y se han localizado entre los 1900 (Mina San José) y 2475 metros sobre el nivel del mar (Mina Santa Cruz). Esta ubicación indica un horizonte mineralizado ligeramente inclinado de un mínimo de 400 metros de espesor como se indica en la sección 1N de la figura 9.

Los clavos tienen forma de un cono invertido o de un hongo como se puede observar en las figuras 15 y 16. Las dimensiones de los clavos varían de unas decenas de metros hasta 600 metros de longitud por 300 a 400 metros de profundidad.

La forma de estas tendencias de los clavos mineralizados puede deberse a un control puramente estructural. También pueden explicarse con el modelo de Norton y Knight (1977). Este modelo de Norton y Knight habla de circulación convectiva de aguas causada por un intrusivo en rocas permeables llenas de agua, este modelo se ilustra con una solda de Hele-Shaw y con una sección del sistema hidrotermal de Wairaki Nueva Zelandia (Fig. 17, 18 y 19) en que la distribución de temperaturas y dirección de flujo se parece a un hongo y tiene un gradiente rápido hacia cerca de la superficie. El gradiente rápido de temperatura en Wairaki se debe en parte a la mezcla de agua caliente ascendente con agua fría subterránea no circulada y pérdida conductiva de calor a ésta (Elder, 1966).

Los intervalos del gradiente rápido de temperatura tales como las partes superiores de los sistemas de circulación en las figuras 18 y 19 son situaciones favorables para precipitación de cuarzo y sulfuros (White, 1974). La explicación de la distribución de clavos mineralizados en el Distrito Guanacaví puede atribuirse tal vez a variaciones en la saturación de agua o presencia local de ésta, variaciones en las composicio-

nes de los fluidos y a características estructurales que por supuesto deben haber tenido influencia.

Figura 17. Fotografía de una celda Hele-Shaw mostrando compartículas de aluminio el esquema de flujo sobre una fuente de calor

Figura 18. Distribución de la temperatura en la celda de la figura 17

Figura 19. Sección vertical del sistema hidrotermal de Wairaki Nueva Zelanda mostrando la distribución de temperatura y forma del flujo

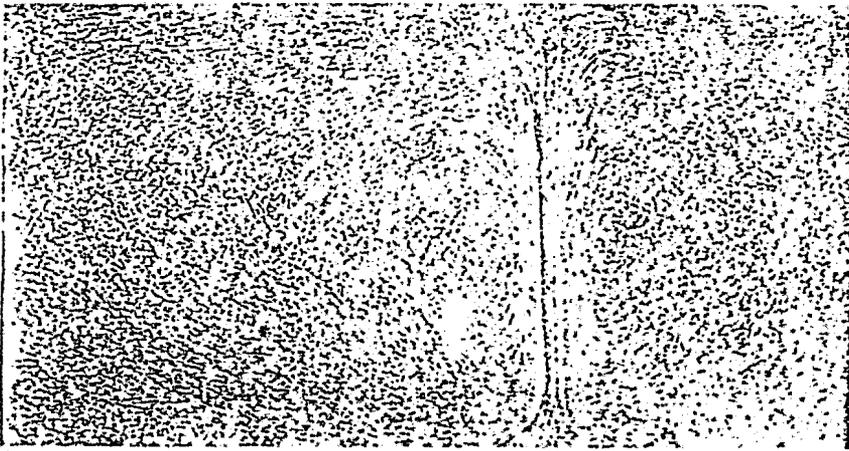


Figura 17

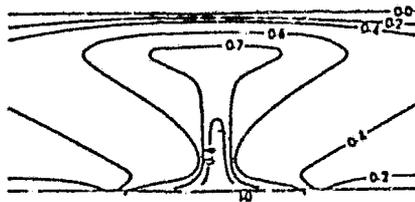
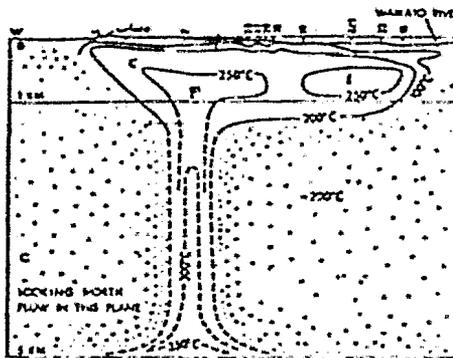


Figura 18



(Tomadas de Loucks, 1980)

Figura 19

## CAPITULO 4

### TECNICAS Y RESULTADOS DE EXPLORACION

Existen gran variedad de técnicas y métodos para la exploración de yacimientos en vetas, sin embargo, en un distrito minero antiguo en producción como el Distrito Guanaceví, - las herramientas de exploración más rápidas y útiles son las que definen el control estructural, la alteración y los rasgos geoquímicos asociados con el yacimiento.

En vista de que en el distrito se observa un marcado - control estructural de la mineralización, un marcado rasgo de alteración adyacente a todos los clavos y en vista de que la mayoría de los clavos afloran reflejando relación directa entre los ensayos de superficie con los de interior de mina en las áreas de trabajo se hicieron:

- (1) Planos de contornos estructurales para identificar el -- control estructural de la mineralización.
- (2) Levantamientos geológicos a detalle con observaciones de tipo e intensidad de alteración hidrotermal a lo largo de las vetas para determinar la relación de alteración con los cla-- vos mineralizados.
- (3) Plano de perfiles geoquímicos que muestran la relación - de los ensayos de superficie con la localización de clavos mineralizados.

### Contornos Estructurales

El desplazamiento a lo largo de un plano de falla que presenta ondulaciones sean variaciones de rumbo y/o echado -- produce una serie de zonas de debilidad que se abren y estrechan como puede observarse en la figuras 20, 21 y 22. Estas zonas de debilidad sirven de conductos para el flujo de soluciones hidrotermales mineralizantes hasta que el depósito de minerales cierra los espacios.

Las estructuras planares tales como fallas o fisuras -- presentan un aspecto uniforme a pequeña escala pero pueden -- ser irregulares a gran escala. El advertir la forma e irre-- gularidad de una estructura a gran escala se logra con el mé-- todo de contorno de vetas. Con esta técnica se obtiene un -- control y vista en tres dimensiones de la estructura con solo contornear el plano alaveado del alto o del bajo de la veta -- con respecto a un plano perfecto paralelo al rumbo y echado -- general de la veta (Fig. 23). Esta técnica de contorno de ve-- tas fué descrita y aplicada con éxito en minas de oro en Aus-- tralia por Conolly en 1935, en México ha sido usada con efica-- cia por Buchanan (citado por Clifton y otros, 1980) en Guana-- juato. En las figuras 23 y 24 podemos ver los principios del procedimiento de la técnica.

En la práctica para elaborar un plano de contorno de -- veta, primero se dibuja la veta en un plano topográfico o se -- hace el levantamiento de la estructura con puntos de control -- al menos cada 25 metros anotando en cada punto elevación, rum

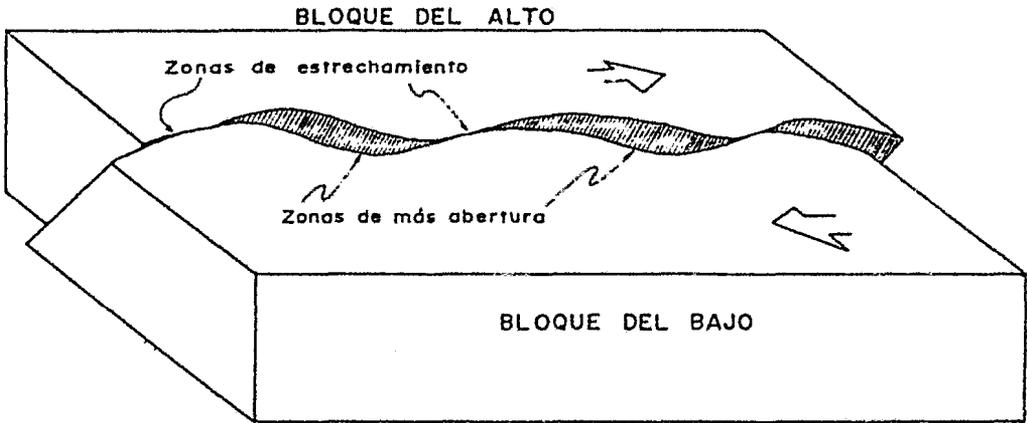


FIG. 20 ABERTURAS PRODUCIDAS POR MOVIMIENTO LATERAL A RUMBO DE VETA.

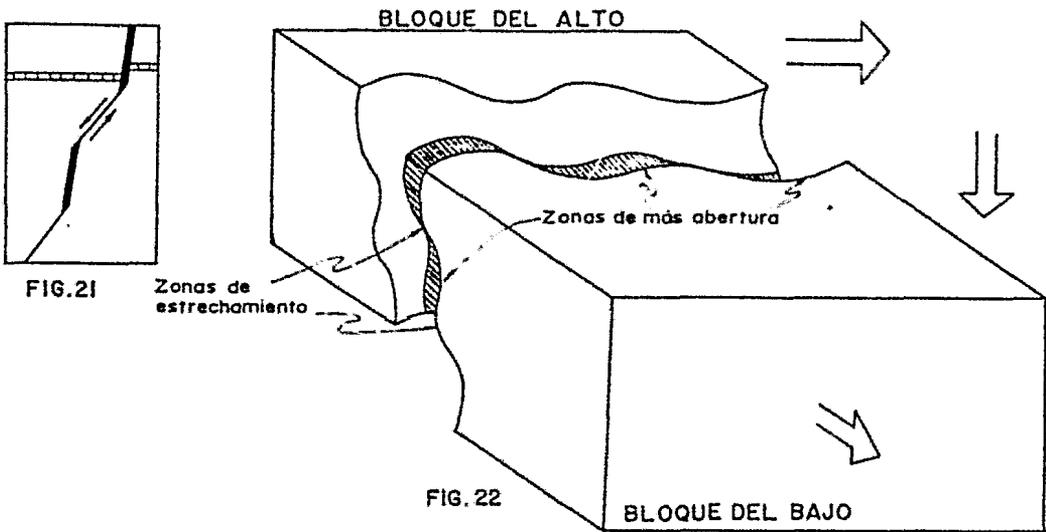


FIG. 21

Zonas de estrechamiento

FIG. 22

BLOQUE DEL BAJO

FIG. 21 FISURA CON CAMBIO DE ECHADO CON DESLIZAMIENTO NORMAL. EL MOVIMIENTO PRODUCE LAS ABERTURAS MAS ANCHAS EN LAS PARTES DE MAYOR ECHADO.

FIG. 22 ABERTURAS PRODUCIDAS POR MOVIMIENTO CON COMPONENTE HORIZONTAL Y VERTICAL A LO LARGO DE UN PLANO IRREGULAR DE FALLA.

bo y echado. En el caso ideal si contamos con datos de interior de mina podremos considerar también las variaciones de echado de la veta a profundidad. Se escoge un rumbo y echado promedio de la estructura y se pasa un plano de tal actitud paralelo a la veta separado comúnmente 50 o más metros hacia el bajo (Fig. 23). Se escoge una elevación arbitraria digamos unos metros abajo del afloramiento de menor elevación de la veta y se dibuja la traza de la veta en planta a la elevación escogida, se mide la distancia del plano de referencia - también proyectado al nivel correspondiente- a la veta en intervalos regulares usualmente 20 ó 25 metros y se grafica esta distancia proyectándola a la sección longitudinal de la veta. Se repite la misma operación para cada nivel en intervalos de 20 ó 25 metros.

El plano obtenido (Fig. 25 y 26) es una sección longitudinal con una serie de puntos que se contornean uniendo isovalores. Este plano muestra la desviación del plano de la veta con respecto a un plano perfecto.

Con el plano resultante se detectan las más leves irregularidades o flexiones, estrechamientos y ensanchamientos de la estructura, periodicidad y control de profundidad. Superponiendo la forma de los clavos mineralizados (Fig. 16) con el plano de contornos obtenido se identificará qué régimen controla la localización de los clavos mineralizados.



Fig. 23 PROCEDIMIENTO DE CONTORNO DE VETAS

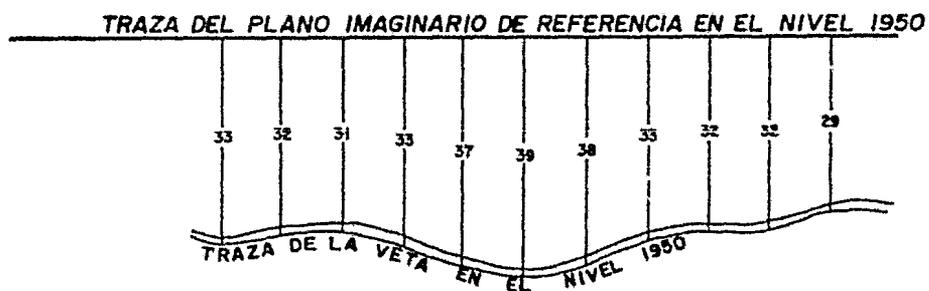


Fig. 24 PROCEDIMIENTO DE CONTORNO DE VETAS. ESQUEMA EN PLANTA MOSTRANDO LAS MEDIDAS DEL PLANO DE REFERENCIA A LA VETA

## Area Arianeña

En el Area Arianeña sólo se elaboró el plano de contornos estructurales para la Veta San José con intención de conocer el régimen estructural que controló el depósito en esta veta y con objeto de localizar nuevas zonas favorables para la localización de clavos mineralizados. Anteriormente conocíamos la tendencia del clavo mineralizado por datos de muestreo, rebajes, etc., y este método de contornos estructurales sirvió para ver la relación del clavo mineralizado con los contornos estructurales y programar con más fundamentos la exploración con barrenación (Fig. 25).

El plano de contornos de la Veta San José es bastante explícito, muestra una zona concava a favor de echado que coincide con la zona mineralizada. El ligero acercamiento entre los contornos a la altura del panel 400 indica una zona de estrechamiento notable y es ahí donde termina la zona favorable. Esto coincide aproximadamente con la tendencia del clavo mineralizado definido por los rebajes de la veta.

La depresión formada por los contornos estructurales indica la zona favorable en los dos sentidos, es decir, a rumbo y en dirección del echado de la veta (Fig. 25). Esta concavidad a favor del echado de la estructura produjo una zona de ensanchamiento apropiada para la circulación y depósito de las soluciones mineralizantes.

Hacia la parte sur los contornos siguen la tendencia casi regular aumentando de valor indicando una flexión hacia-

SECCION VERTICAL LONGITUDINAL NW 8°30' SE VISTA AL PO

Elev.  
m s n.m.  
2 200

2 150

2 100

2 050

2 000

1 950

1 900

Límite del Clavo Mineralizado  
(podría ser donde está el agua)

NIVEL 5

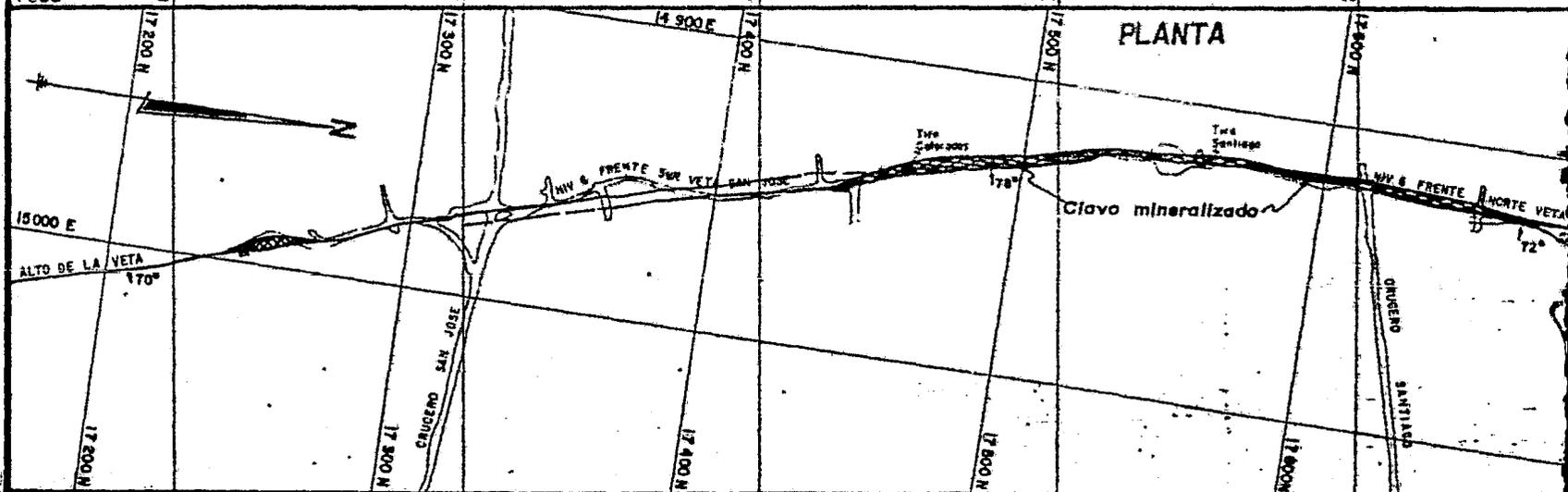
NIVEL 4

NIVEL 3

ZONA MAS FAVORABLE

PLANTA

Clavo mineralizado



SECCION VERTICAL LONGITUDINAL NW 8°30'SE VISTA AL PONIENTE

87

Elev  
m.s.n.m.  
2 200

2 150

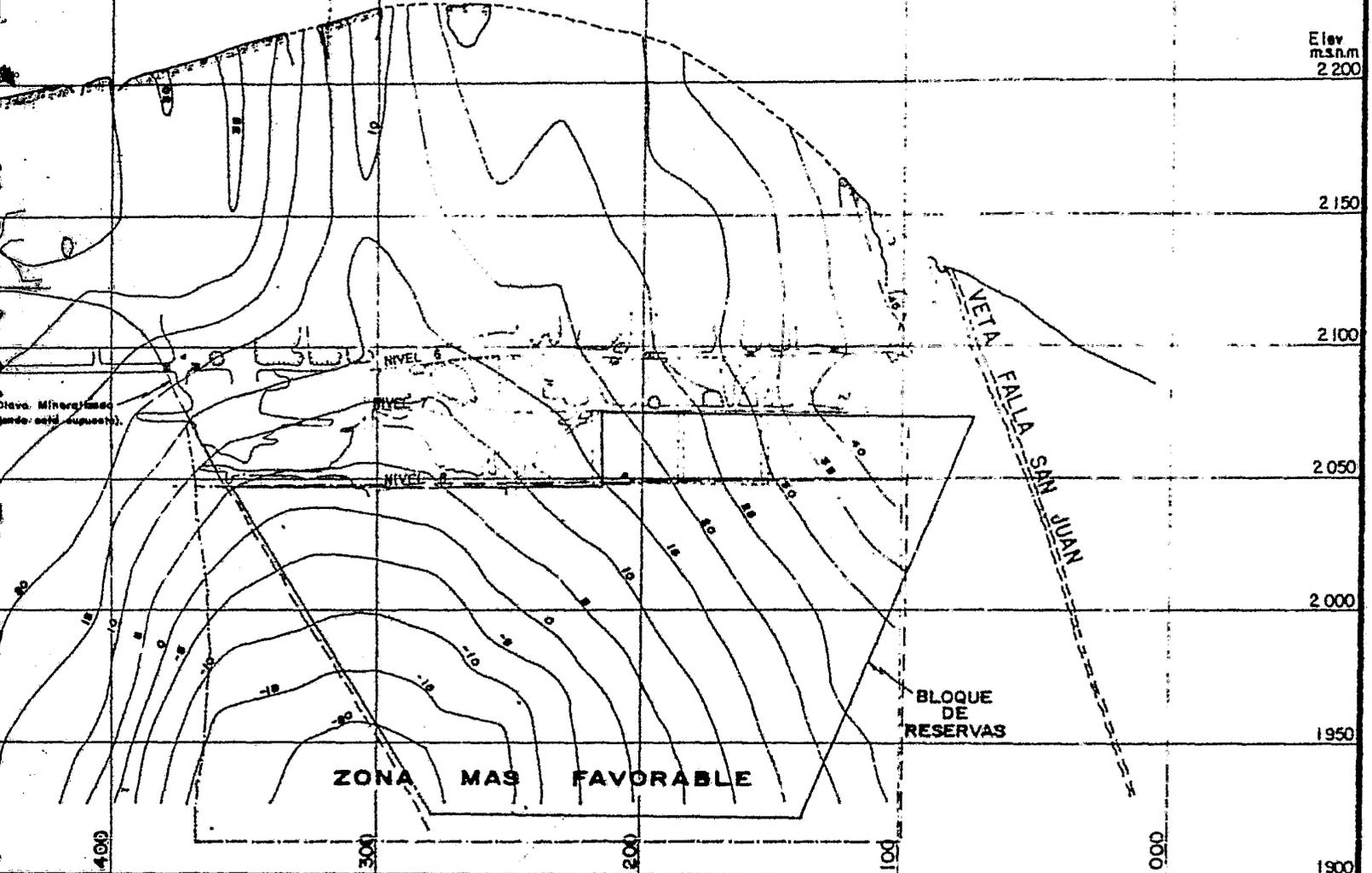
2 100

2 050

2 000

1 950

1 900



ESCALA GRAFICA



CONTORNOS ESTRUCTURALES  
VETA "SAN JOSE"

Figura 25

el este que se traduce en una zona de estrechamiento, el mayor acercamiento entre sí de los contornos a profundidad indica una disminución de echado que restringe más las posibilidades estructurales en esta parte sur. La tendencia general de los contornos hacia el sur es casi uniforme a excepción de -- dos pequeñas flexiones que rompen la uniformidad de los contornos y que coinciden con bolsadas de mineral.

En planta, la traza de la veta indica también la relación que existe entre la flexión oeste con la mineralización. Hacia el sur la tendencia es casi uniforme formando una flexión al este que coincide con el tramo estéril, lo mismo se puede decir hacia el norte de la veta.

La barrenación en la zona cóncava vista en los contornos, producirá las mejores intersecciones en cuanto a ancho de estructura, con las mejores posibilidades de mineralización. La barrenación hacia los extremos o sea en la parte -- norte y sur de la zona de depresión producirá intersecciones angostas de baja ley y alejándose se harán estériles. La zona más favorable se marca con un cuadro en el plano de contornos (Fig 25).

#### Area Santa Cruz

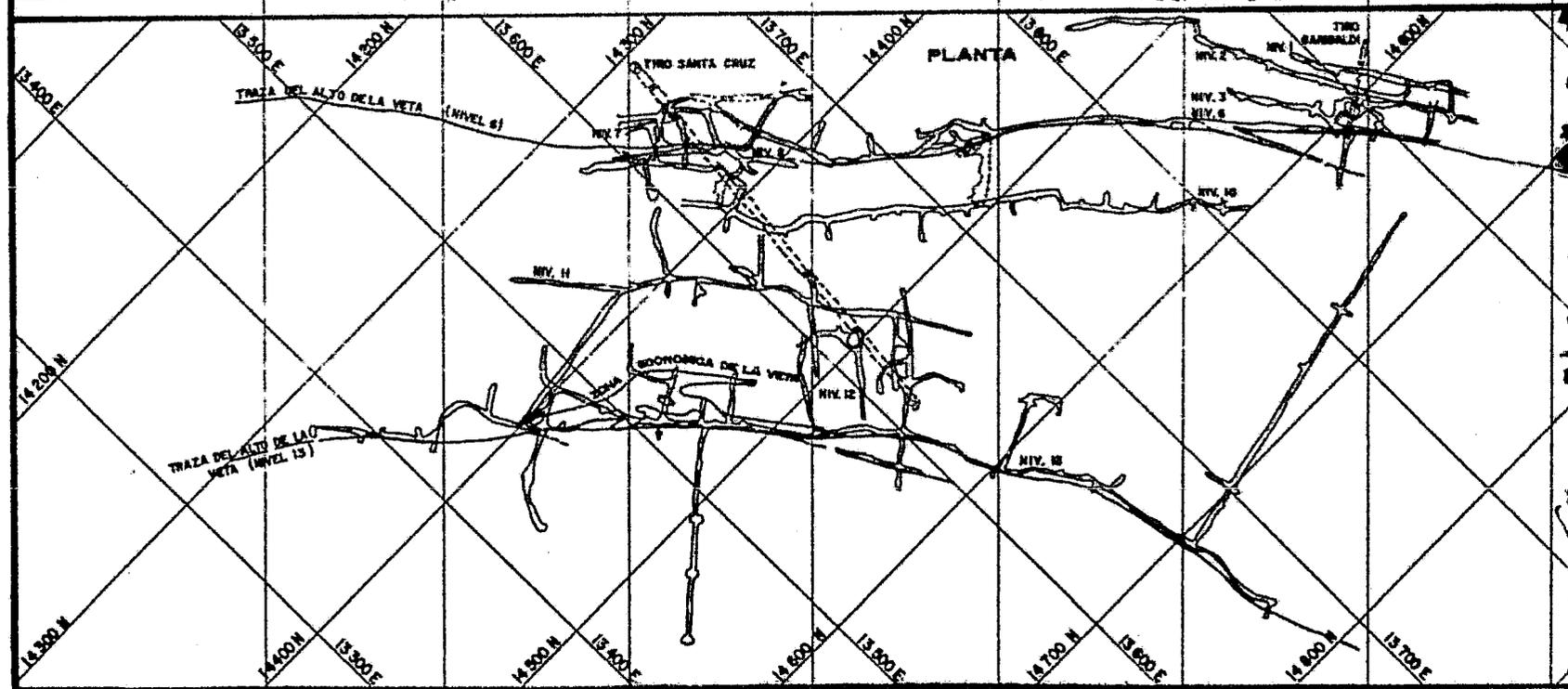
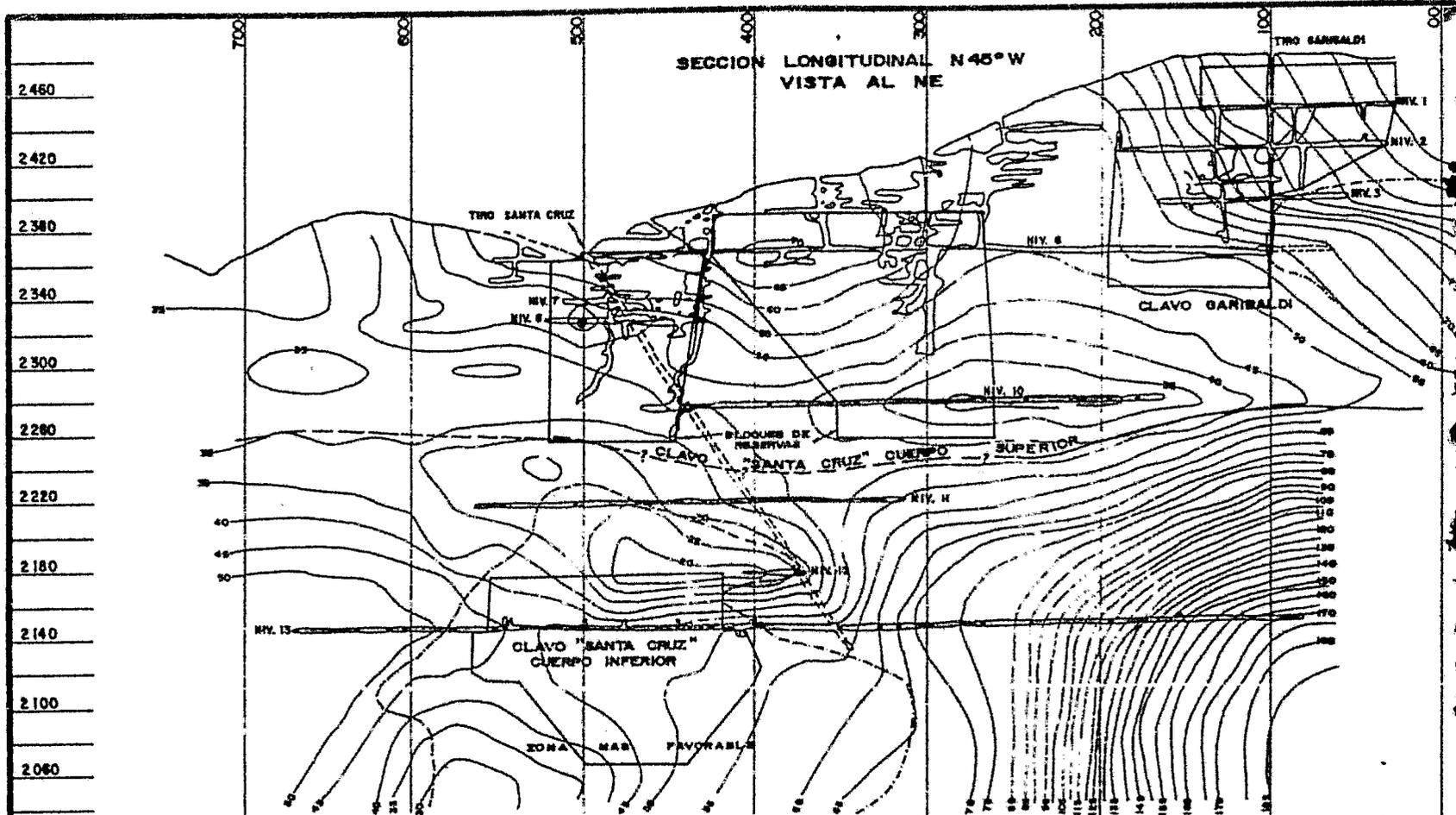
Los contornos de la Veta Santa Cruz resultan complejos y no indican con claridad todos los puntos de estrechamiento y ensanchamiento que corresponden con zonas estériles y con zonas de clavo mineralizado respectivamente. Sin embargo, --

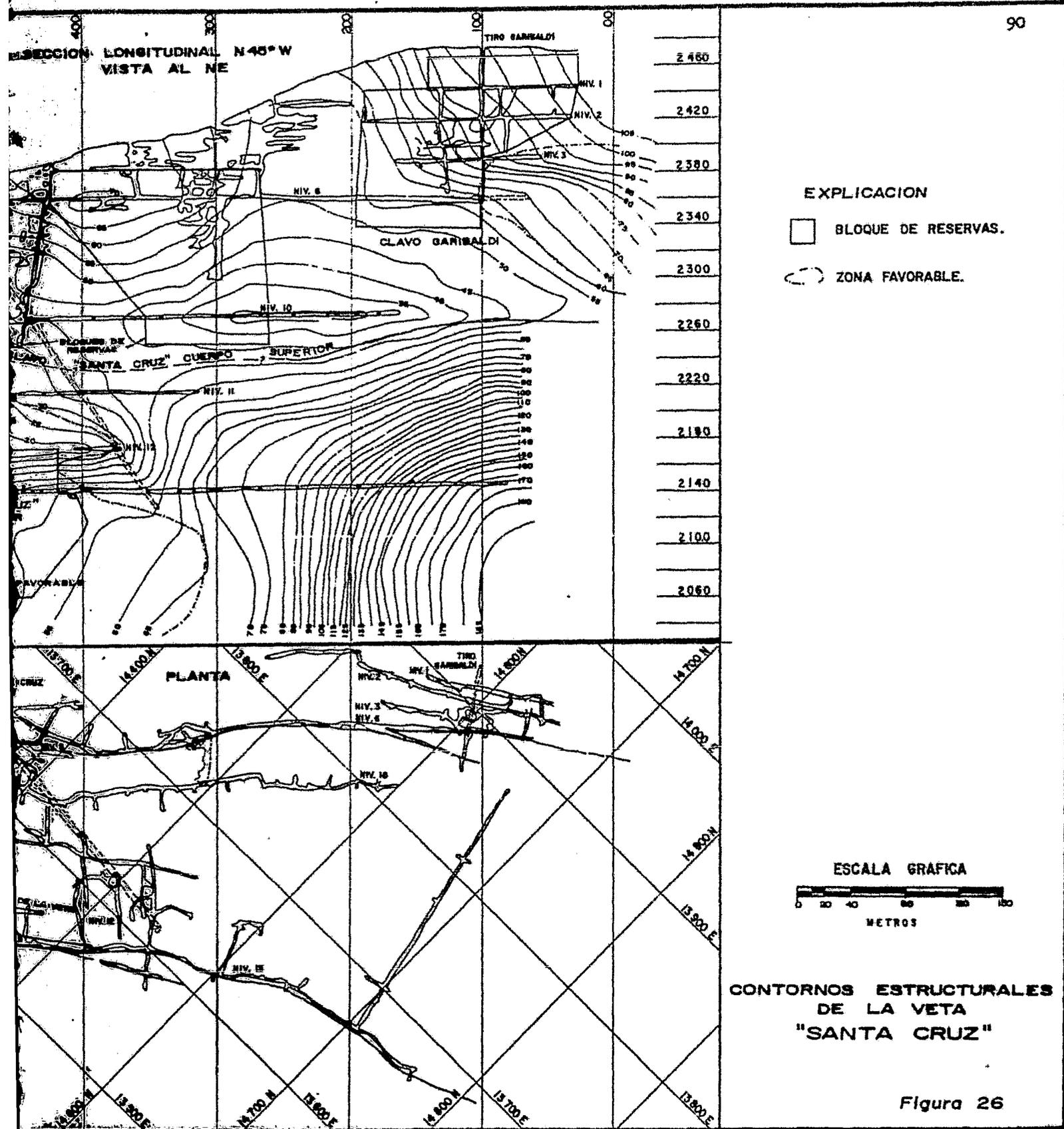
con el plano de contornos estructurales (Fig. 26) y con las secciones transversales de la Veta Santa Cruz (Fig. 13 y 14) podemos explicar la presencia de los clavos mineralizados e indicar las zonas favorables para la localización de los mismos.

Los contornos de la Veta Santa Cruz reflejan el desplazamiento tanto horizontal como vertical mostrando la predominancia de este último, de esta forma se pone de manifiesto -- que las aberturas más grandes están controladas por el desplazamiento vertical o sea por las flexiones que hay en sentido vertical.

Conociendo la forma de los clavos mineralizados se --- identifican las zonas que fueron favorables y viceversa. En general podemos decir que los contornos arriba del nivel 2250 muestran formas favorables y que coinciden con los clavos mineralizados encontrados por los niveles superiores que prácticamente ocupan toda la parte de arriba del citado nivel.

Los clavos Santa Cruz cuerpo superior y Garibaldi se encuentran en tramos de mayor echado relativo de la veta o en donde se combinan el mayor echado y concavidades a favor del echado de la veta. En estos lugares las secciones transversales (Fig. 13 y 14) y la vista en planta de la veta (nivel 6) son más ilustrativas que los contornos, en ellas se distingue la relación de los tramos de mayor echado de la veta y de las concavidades a favor del echado de la misma con los clavos mineralizados.





Los contornos a la altura del nivel 13, en el tramo norte de la veta, muestran una depresión que indica una zona de mayor echado (Fig. 14) y una zona de concavidad como se puede ver en planta (Fig. 26). Esta depresión coincide con el clavo mineralizado Santa Cruz cuerpo inferior cuyos límites marcados son los conocidos con barrenación. El área favorable que contiene a este clavo mineralizado se extiende del panel 300 al 600 indicando una zona de más abertura claramente notable por los contornos más separados. El acercamiento entre los contornos a la altura del panel 270 representa un estrechamiento no productivo relacionado con la flexión de la veta hacia el sur y con la disminución del echado de la misma, por lo tanto las posibilidades de localizar otro clavo mineralizado en esta porción, a la derecha del panel 270 y por debajo del nivel 2260, son completamente nulas.

Estructuralmente se muestra una periodicidad de formas que conduce a pensar que al SE de la veta a la derecha del panel 00, existe otra zona de ensanchamiento que implica otro clavo mineralizado cuyo límite inferior estaría en nivel 2240 esto significa más de 200 metros de altura por 300 metros horizontales que son favorables para localizar otro clavo mineral. Al noroeste existe otra zona favorable antes de llegar al tramo estéril que divide con el clavo El Porvenir, esta zona favorable está entre el nivel 2250 y superficie y como límite noroeste el panel 650, esto es más de 100 por 150 metros

de área favorable. Posiblemente más al NW existe otra zona - de ensanchamiento pasando la zona de pequeñas fallas que desplazan ligeramente la veta y cortan la mineralización en el - panel 650 aproximadamente. Para probar esta zona favorable - sería suficiente un barreno que podría localizarse desde su - superficie y no pasaría de 150 metros.

Al noroeste del clavo mineralizado Santa Cruz cuerpo - inferior la probabilidad de la presencia de otro clavo minera - lizado es un hecho ya que aproximadamente 300 metros al NW, - sobre la misma estructura, se localiza el clavo mineralizado - El Porvenir del cual no se conocen sus límites. Conocemos el límite norte del clavo Santa Cruz cuerpo inferior, que termi - na afectado por fallas dentro de la misma estructura a la al - tura del panel 630 y un tramo estéril de 40 metros hasta el - tope del nivel 13 a la altura del panel 670. Vemos, en los - contornos, que éstos marcan tendencias no favorables para la - mineralización, sin embargo, no podemos decir que continuarán así por los siguientes 300 metros de tal forma que no podemos definir con nuestros datos donde comenzará con exactitud la - zona favorable del clavo mineralizado El Porvenir. Resumien - do se concluye que las concavidades a favor de echado son las zonas más favorables para la localización de clavos y que el - acercamiento entre contornos indica flexiones bruscas o zonas de estrechamiento no favorables que producirán intersecciones angostas y seguramente de baja ley o estériles.

### Alteración Hidrotermal

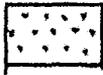
Es de sobra conocido que las soluciones mineralizantes que forman yacimientos minerales epigenéticos producen cambios químicos y mineralógicos que se manifiestan en las rocas encajonantes de dichos depósitos. Esta alteración, se manifiesta con características típicas, como una huella de la circulación de soluciones mineralizantes a través de las rocas. La alteración de la roca encajonante viene a ser entonces muy útil como guía para la mena.

Se ha probado que aún cuerpos minerales ocultos a profundidad digamos 300 metros pueden tener asociaciones mineralógicas de alteración únicas que se manifiestan en superficie encima del cuerpo mineral (Buchanan citado en Sawkins, 1982). Este investigador ha elaborado un diagrama de las variables típicas de los yacimientos epitermales en vetas (Fig. 27). Siendo el Distrito Guanaceví un distrito de vetas epitermales la alteración y mineralogía presente en el mismo son similares a las presentadas en el diagrama de Buchanan.

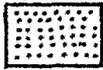
En el Distrito Minero de Guanaceví se hizo el reconocimiento y anotación de alteración de la roca encajonante en el plano topográfico regional escala 1:10 000 a medida que se fué elaborando la cartografía geológica; con esos datos se obtuvo una idea de los tipos de alteración y su relación con cuerpos minerales de magnitud conocida. Sin embargo, por falta de datos a lo largo de todas las vetas no se intentó elaborar un plano regional de alteración.

FIGURA 27.- Diagrama de Características de Vetas Epitermales ilustrando alteración y mineralogía.

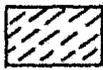
SIMBOLOS



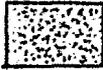
Residuo silíceo: Opalo, cristobalita, anatasa, HgS y pirita escasa



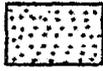
Alunita, caolín, pirita; a menudo se extiende hacia abajo a lo largo de la veta como un halo de caolín alrededor y encima del cuerpo mineral



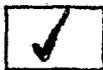
Propilitización: clorita, illita, carbonatos, pirita, montmorillonita; epidota aumenta con la profundidad



Illita, celadonita en los niveles superiores. A profundidad puede pasar a sericita, adularia



Silicificación usualmente con adularia y/o menor cantidades de albita



Adularización, con poca/o sin albita encima del nivel de ebullición, poca a mayores cantidades de albita abajo.

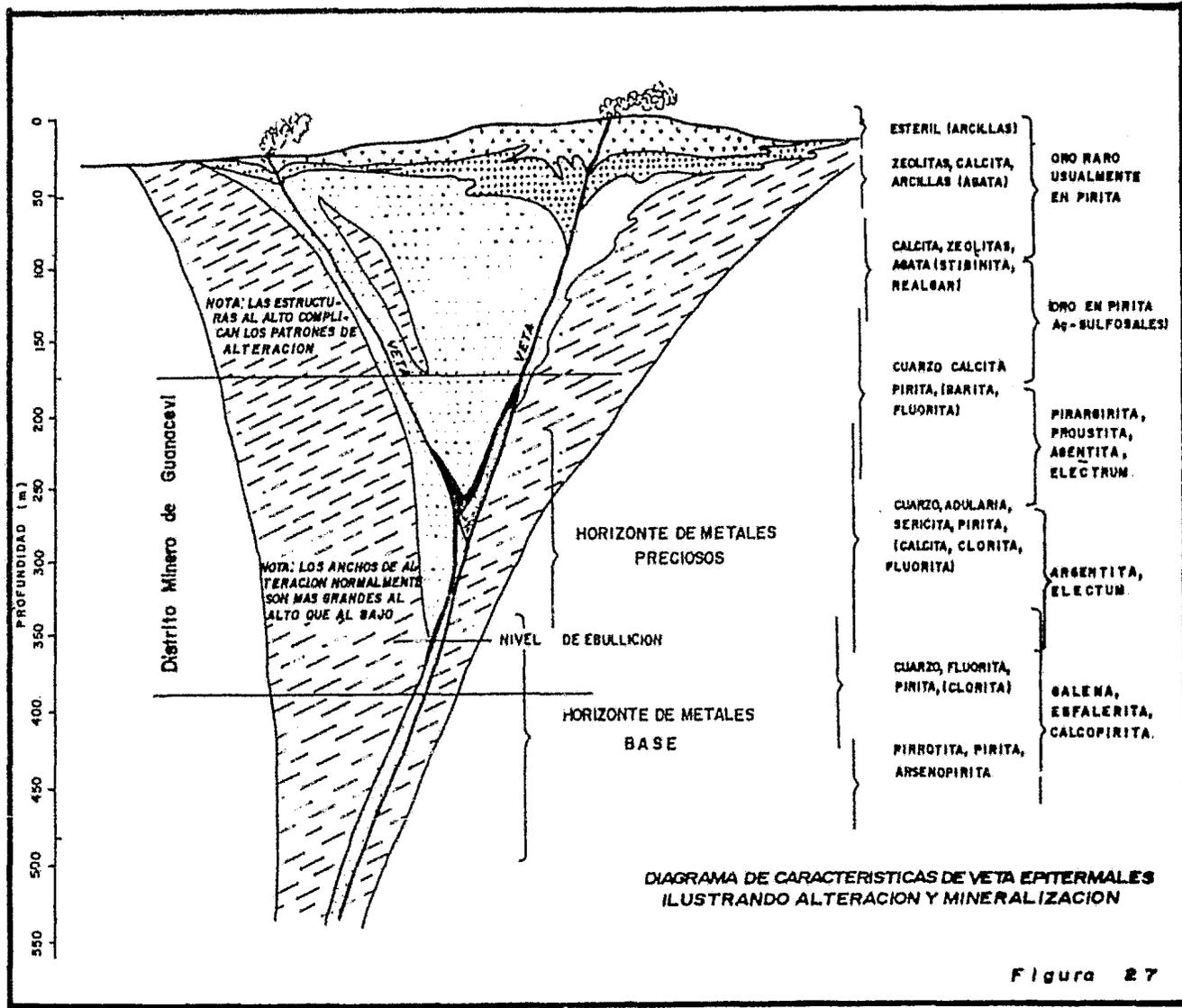


Figura 27

La alteración hidrotermal más común presente en todo el distrito consiste en cloritización, silicificación, argilización y carbonatación de las cuales esta última se desarrolla con menor frecuencia que las anteriores. La más extendida de todas es la cloritización está presente en la mayoría de las fallas y fracturas independientemente de sus dimensiones por sí sola no se considera buena guía para la mineralización. La silicificación se manifiesta en todas las vetas en forma de salientes que marcan la estructura y por estar restringida a ellas se le considera como guía aunque tampoco es definitiva. La caolinización es particularmente abundante en el Area San Pedro asociada al manto, en las vetas la argilización está asociada a los clavos mineralizados resultando por ello más indicativa y mejor guía en el distrito.

En general las zonas de alteración son más amplias al alto de las estructuras y su manifestación está en función del tipo y características de las rocas y de la intensidad de la alteración. Por ejemplo, ante esta misma intensidad de alteración, el Conglomerado Guanaceví muestra menor halo de alteración que las Areniscas Guanaceví y éstas menor que las riolitas.

Dentro de los tipos de alteración identificados en el distrito sólo se cartografiaron la cloritización, silicificación y argilización, agrupando bajo el término argilización a la seritización y a la argilización. En el campo se distin

guieron diferentes intensidades de alteración que se dividieron en alteración fuerte o débil fijando parámetros arbitrarios con objeto de uniformizar el criterio de las descripciones.

En las observaciones para la cartografía de alteración se utilizaron sólo criterios de campo que se basan en la apariencia de las rocas más que en la mineralogía. Este criterio utilizado para distinguir la alteración y cuantificar su intensidad puede ser impreciso, sin embargo, es el adecuado para estos fines.

Este criterio de campo es definido con cierta elasticidad teniendo que considerar la variedad de rocas del distrito y es aplicable a las rocas riolíticas, vulcanoclásticas y al Conglomerado Guanaceví.

Cloritización moderada se considera cuando el afloramiento presenta un color verde pero que no es uniforme. La roca muestra manchas sin alterar.

Cloritización fuerte es cuando el color original de la roca ha sido completamente cambiado a un color verde pálido y la roca muestra un aspecto diferente al original.

Silicificación moderada se considera cuando la roca ha sido endurecida pero el porcentaje de sílice introducido es menor al 30 ó 40% en volúmen y permite ver rasgos de la textura original de la roca.

Silicificación fuerte es cuando la introducción de sílice es muy abundante ya sea como matriz o constituyendo prácticamente un stockwork. Dificilmente se conservan rasgos de la roca original tornándose una roca "pedernalosa" en la que se observa sólo calcedonia.

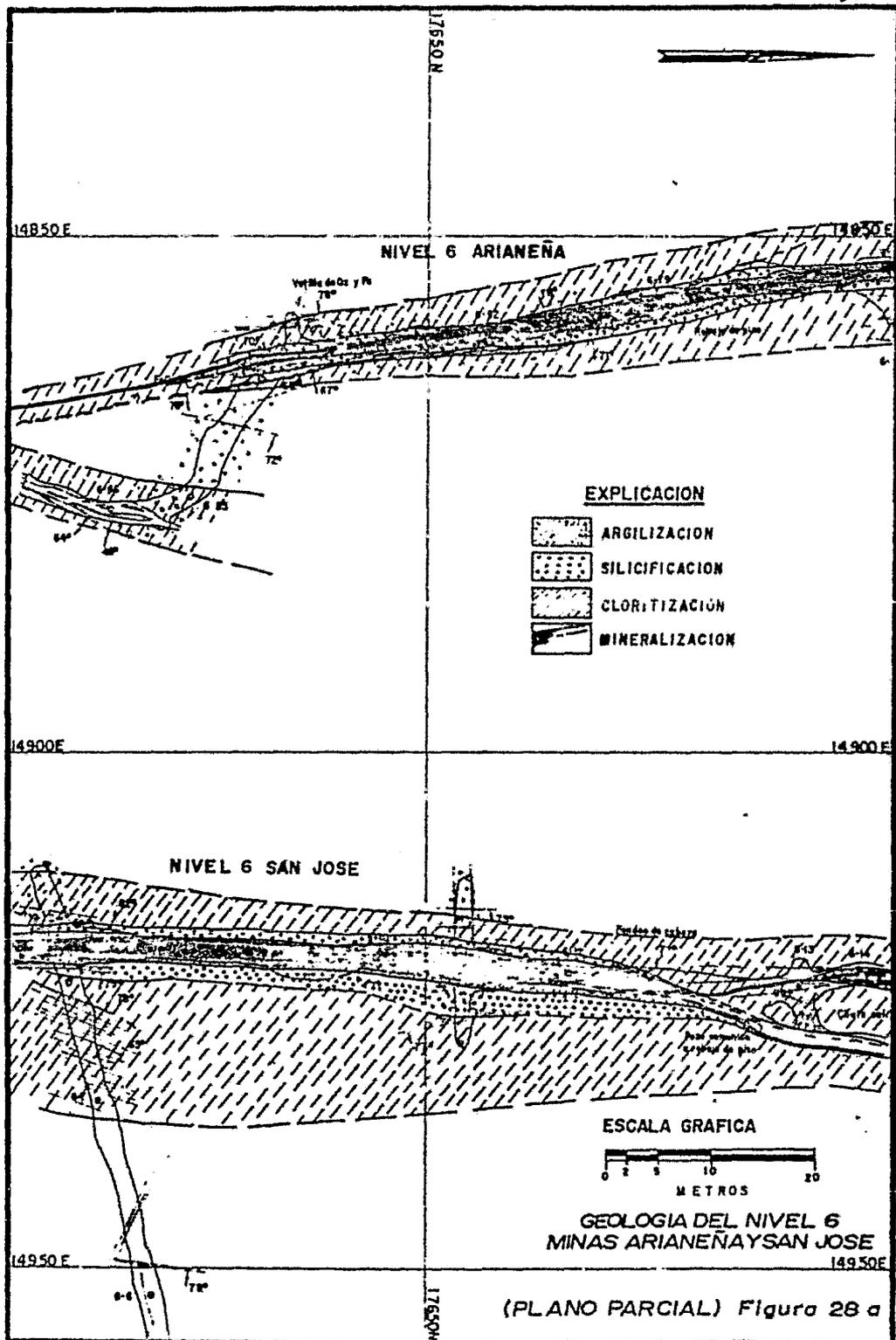
Argilización débil o moderada es cuando las rocas generalmente rojizas se tornan pardo claro se hacen más blandas y a menudo se observan manchones verdosos de la cloritización.

Argilización fuerte se considera cuando los afloramientos son completamente de color blanco a amarillento a pardo claro. La roca es muy blanda y deleznable. La matriz es 90% minerales arcillosos.

En el campo se consideraron bajo en término argilización a la sericitización y a todos los minerales arcillosos. Posteriormente al hacer un muestreo petrográfico en la Mina Santa Cruz se dividió la argilización en sericitización y argilización (kanditas). Como resultado concluimos que la alteración más indicativa es la fuerte argilización (sericitización y kanditas).

#### Area Arianeña

En los parciales del plano geológico de interior del nivel 6 de las minas Arianeña y San José (Fig. 28a y 28b) podemos ver como se manifiesta la alteración (para ubicar los planos parciales referirlos a las coordenadas de la Fig. 25).



**EXPLICACION**

-  ARGILIZACION
-  SILICIFICACION
-  CLORITIZACION
-  MINERALIZACION

**ESCALA GRAFICA**



**GEOLOGIA DEL NIVEL 6  
MINAS ARIANA Y SAN JOSE**

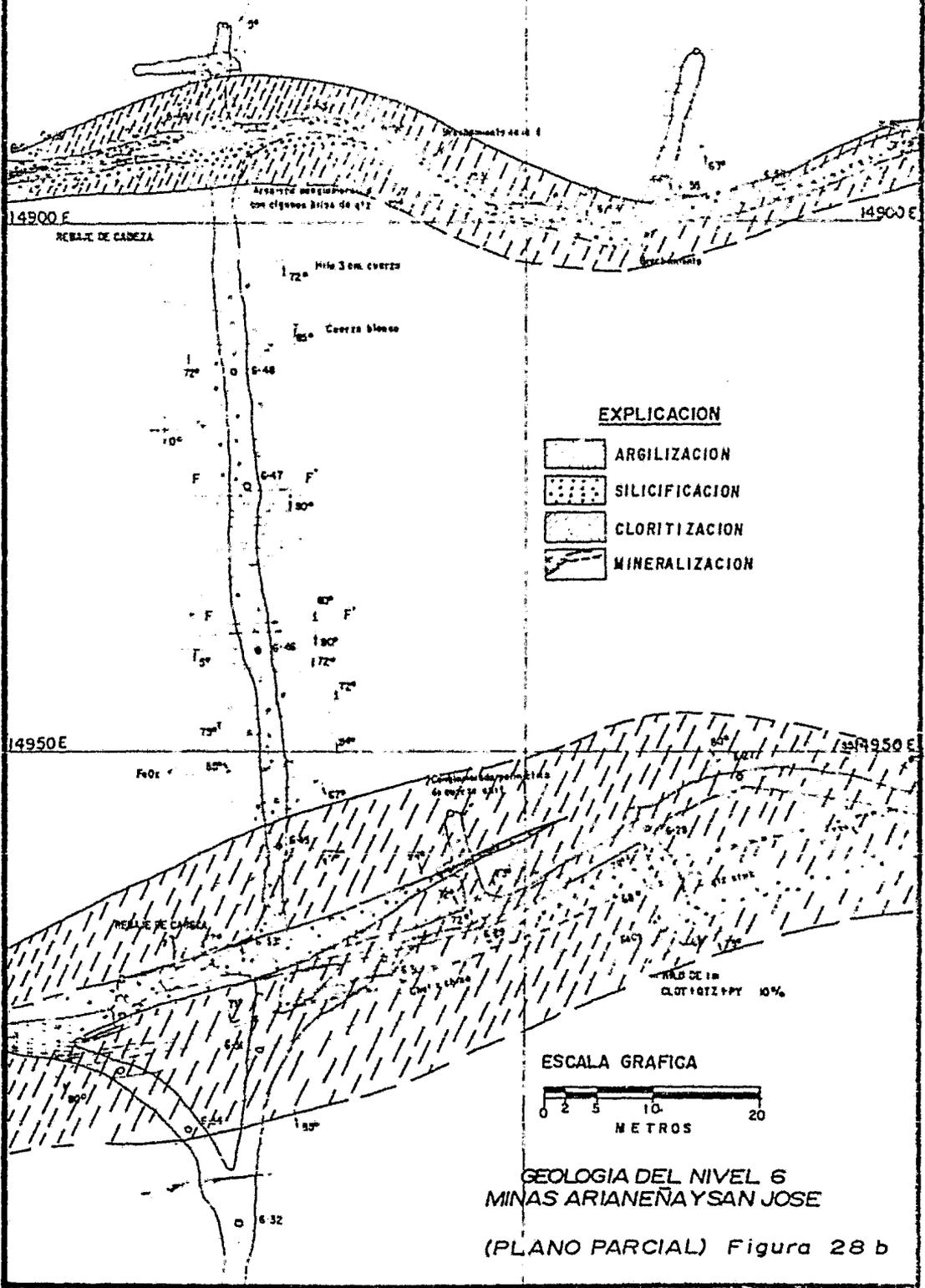
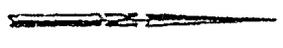
(PLANO PARCIAL) Figura 28 a

En la Veta San José la alteración más fuerte coincide con la concavidad a rumbo de echado. Es notable como más al sur, al flexionarse la veta al este y disminuir el echado, -- disminuye el halo e intensidad de alteración coincidiendo con la disminución de leyes. En los mismos planos podemos ver -- que las zonas con mayor alteración están relacionadas con los clavos mineralizados que vemos en las secciones longitudina-- les de las vetas San José y Arianeña.

Dentro de las observaciones sobresalientes en estas ve-- tas destacan las siguientes: En las vetas San José y Ariane-- ña tenemos un halo de argilización fuerte encima del clavo mi-- neralizado. b) Los halos de cloritización y silicificación -- en estas vetas siempre son fuertes coincidiendo con el halo -- de argilización. Cuando desaparece la argilización se pasa a un tramo estéril con cloritización y silicificación que bien-- puede ser moderada o tan débil que apenas es perceptible, por ejemplo, al sur de la Veta Arianeña en la coordenada relativa 17330 N.

A excepción de tramos cortos de fuerte alteración argí-- lica, cloritización y silicificación el sur de la Veta Ariane-- ña no tiene posibilidades de contener otro clavo mineraliza-- do. De la misma manera el sur de la Veta San José (17330 N)-- no tiene grandes posibilidades porque la alteración fuerte es muy local, en este tramo lo que se conserva es una fuerte si--

17350 N



GEOLOGIA DEL NIVEL 6 MINAS ARIANEÑA Y SAN JOSE (PLANO PARCIAL) Figura 28 b

silicificación que puede corresponder a la parte norte del clavo mineralizado de la Veta San Marcos. Estos tramos cortos - de fuerte alteración deben evaluarse conjuntamente con el control estructural (plano de contornos).

En la Veta San Marcos el halo de fuerte alteración alcanza 270 metros de longitud, se adelgaza y debilita a medida que avanzamos hacia el sur. La longitud de esta veta (270 metros) nos limita el potencial por lo que en esta zona hay poca probabilidad de aumentar reservas, deducido de la forma e intensidad del halo de alteración.

En la Veta El Hueco existen dos tramos con fuerte argilización que se encuentran en concavidades a favor del echado de la veta. El clavo mineralizado que actualmente se explota está localizado en uno de estos tramos a la altura de la coordenada relativa 17700 N. Más hacia el norte de esta veta, la silicificación se hace más intensa, continúan la argilización y cloritización fuertes y se aprecian las mismas características estructurales. En esta porción norte, a la altura de la coordenada relativa 17800, no hay más que labrados superficiales pequeños y es favorable para la continuación del clavo mineralizado o para la localización de otro pequeño cuerpo mineral.

En la Veta Jesús María la argilización se presenta sólo en un tramo de 170 metros aunque esta alteración es moderada no se descarta la posibilidad de la existencia de un ---

pequeño clavo mineralizado en este tramo.

En general las vetas Arianeña, San José y El Huevo - muestran rasgos de alteración asociados a mineralización en - un 70-80% de sus extensiones. Debido a ello estas zonas de - alteración deben evaluarse conjuntamente con el método de con- torno de vetas para conocer el control estructural y la ten- dencia de los clavos mineralizados tal como se hizo para la - Veta San José.

Concluyendo de las observaciones en las áreas Arianeña y Santa Cruz podemos decir que todos los clavos mineralizados se encuentran en concavidades a favor del echado con fuerte - alteración argílica, clorítica y silícica independientemente - del nivel de erosión del clavo mineralizado.

#### Area Santa Cruz

En la Veta Santa Cruz se definió la alteración con ob- servaciones en zanjas y en interior mina, de estas observacio- nes se concluye que:

- (1) En la Veta Santa Cruz siempre hay un halo de fuerte alte- ración argílica en la zona del clavo mineralizado.
- (2) El halo de alteración argílica es más amplio al alto de- la veta.
- (3) Este halo fuerte se encuentra presente desde la zanja -- uno (plano de perfiles geoquímicos) hasta la zanja 7 que está en el panel 400 al noroeste del tiro Santa Cruz y coincide -- con los clavos Santa Cruz y Garibaldi.

(4) Al bajo de la veta el halo de argilización es menor debido al desarrollo de fuerte cloritización que domina sobre la primera.

(5) Para la correcta interpretación de la alteración debemos utilizar los tres tipos básicos que tienen relación según su intensidad con clavos de determinada magnitud y nos conducen cada una más específicamente a una mejor localización de los clavos mineralizados.

Por ejemplo, una fuerte cloritización da más posibilidad de que haya un fuerte halo de silicificación y éste a su vez puede indicar más fácilmente donde buscar el desarrollo de minerales arcillosos relacionados a cuerpos minerales. Se debe tener en cuenta el tipo de roca que se afecta ya que en las riolitas la argilización se manifiesta más, mientras que en la unidad intermedia la argilización es más restringida y la cloritización más notable.

### Perfiles Geoquímicos

#### Area Santa Cruz

El muestreo geoquímico se realizó con el objeto de conocer la relación de los ensayos de superficie con los clavos mineralizados y con los ensayos de plata de interior mina para utilizar los resultados en la búsqueda de extensiones de la veta u otros clavos mineralizados. Se muestreó en superficie cada 100 metros en zanjas sobre la veta y zanjas 10 y 20-

metros al alto y bajo en una longitud de 900 metros. Se esperaba que los ensayos de algunos elementos reflejaran la presencia de los clavos mineralizados en la veta para utilizar este método acompañado al estructural y al de alteración.

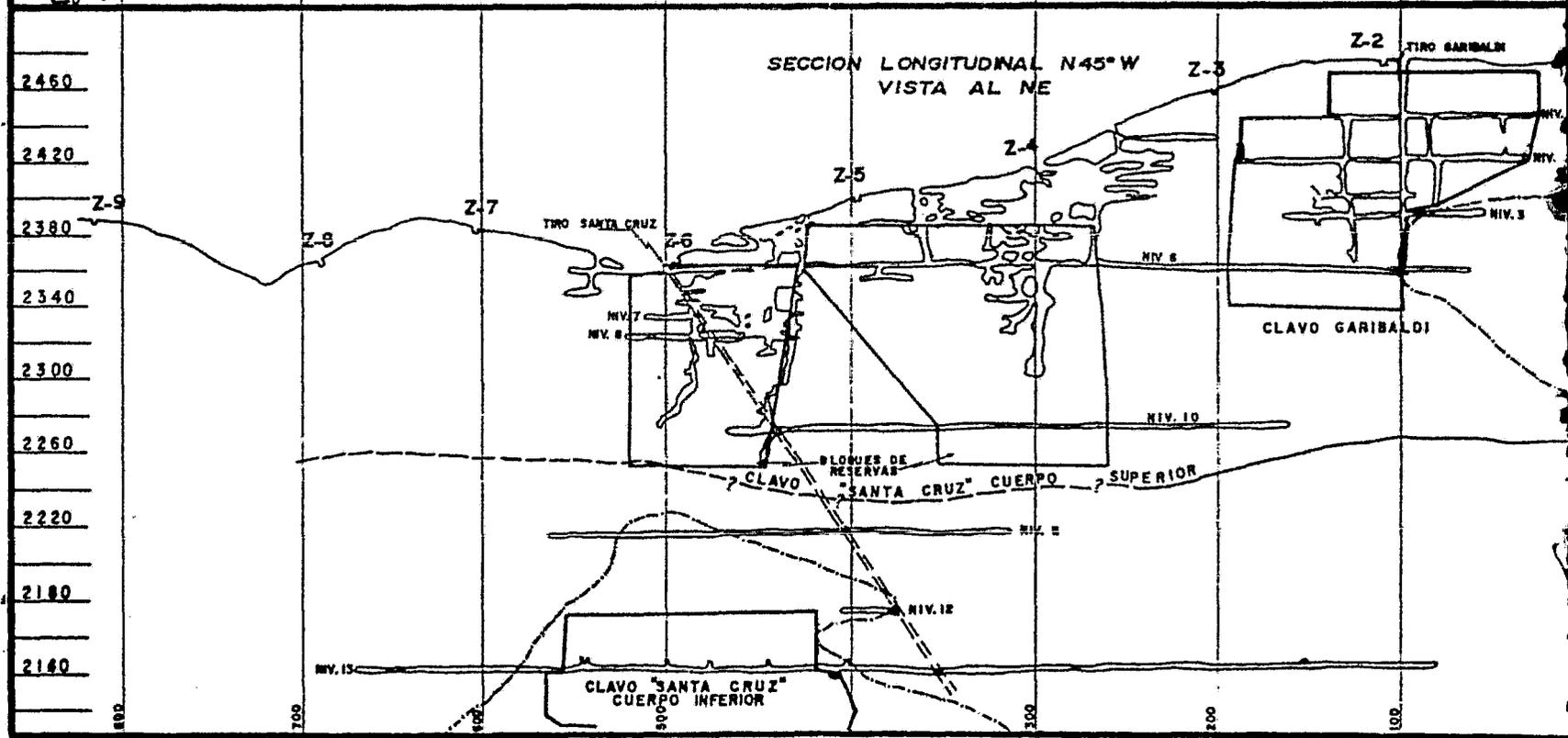
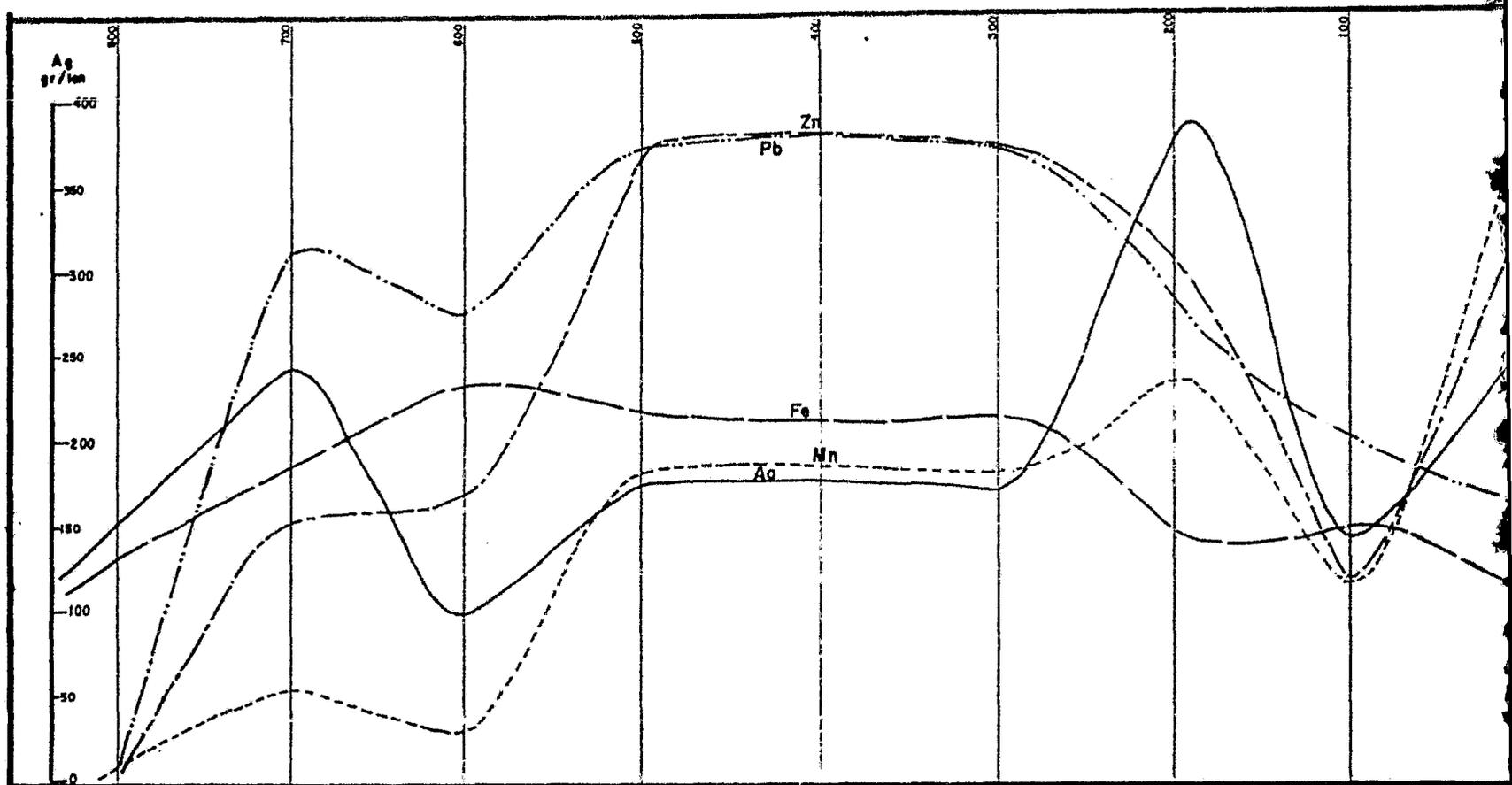
Dado que la mayoría de los clavos mineralizados en el distrito afloran es de esperarse que un muestreo sistemático en superficie para análisis químico nos limite el cuerpo mineral. Esta información de ensayos se ha convertido a través, del tiempo en una medida empírica aplicada con éxito por gambusinos y mineros para localizar y delimitar los cuerpos minerales en superficie. Es idea generalizada y demostrada en la práctica por los mismos mineros que "si hay mineral en superficie habrá en interior".

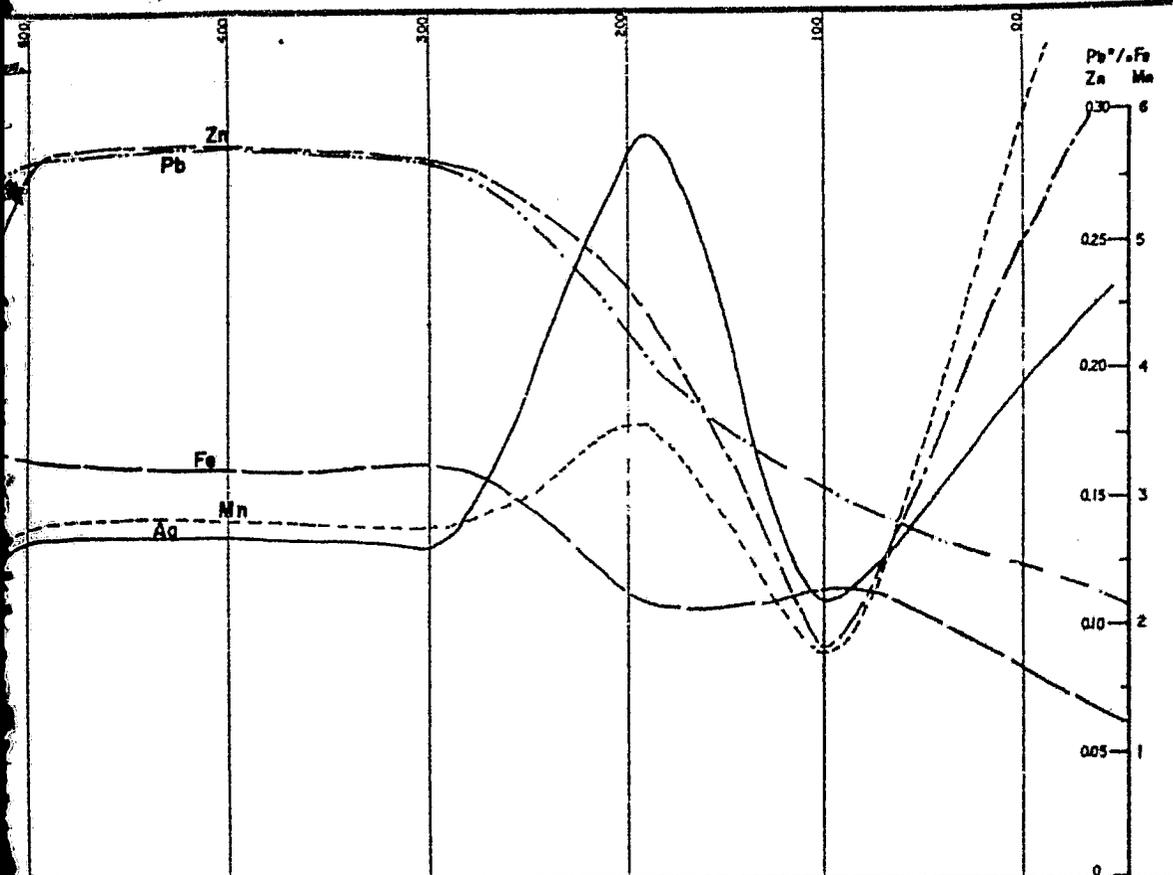
A pesar de lo anterior las relaciones que pueden existir entre los resultados de ensaye en superficie y los de interior estas se pueden distorsionar por variables como la lixiviación el enriquecimiento supergénico y porciones de baja ley dentro del clavo mineralizado. De manera que los clavos mineralizados no necesariamente tienen que tener alta ley en superficie. Es por esto que los resultados muchas veces deben de ser interpretados con criterio y servirán como una arma más pero no como la única para desechar o recomendar un área explorada.

Para este muestreo en la Veta Santa Cruz sólo se enviaron las muestras de la veta tomando el compósito de las muestras colectadas en zanjas encima del clavo Santa Cruz cuerpo-

superior. Se ensayó por 5 elementos plata, plomo, zinc y hierro y manganeso como trazadores principales de las vetas de plata. La figura 29 muestra los resultados gráficos y se puede observar lo siguiente:

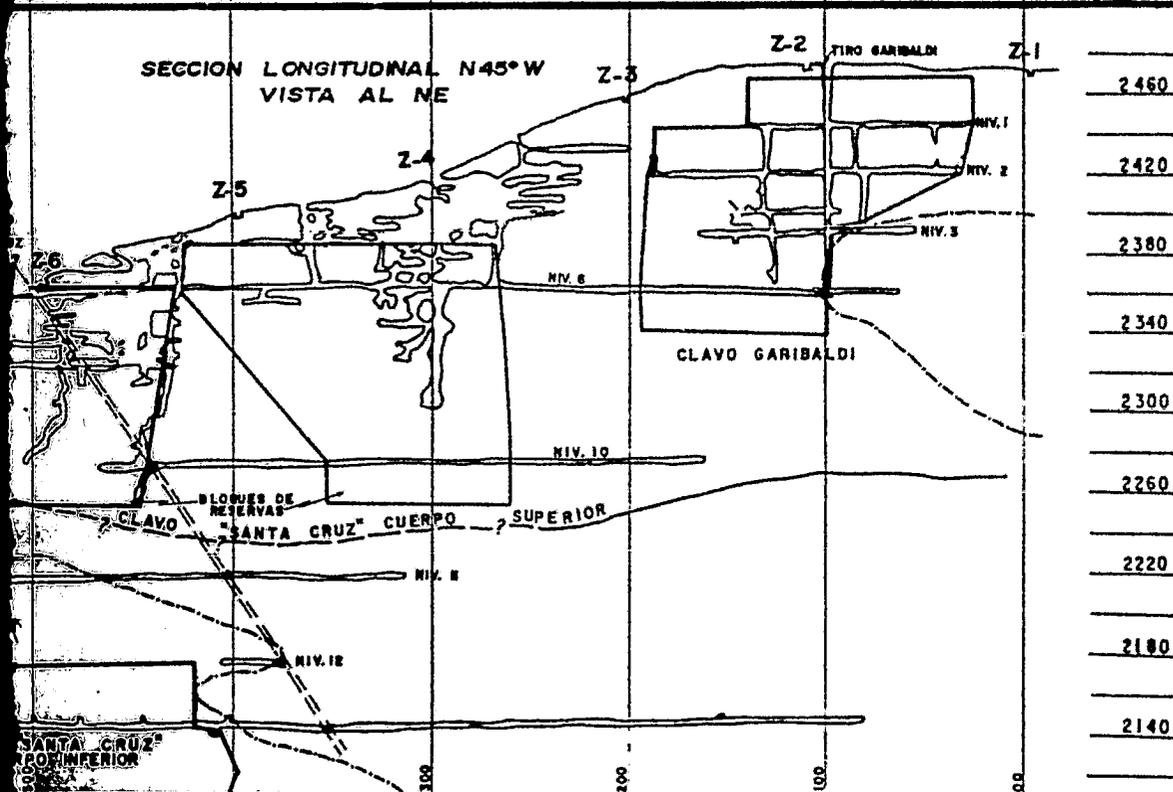
- La porción de las gráficas entre las zanjas 4, 5, 6 se ven en forma de mesa por ser promedio de las muestras tomadas en esas zanjas.
- En general vemos que las curvas de 4 elementos excepto el hierro muestran picos o altos que coinciden con la posición de los clavos mineralizados. Sólo el hierro tiene valles donde las otras curvas muestran picos.
- Las curvas plomo, zinc muestran burdamente una distribución que podría ajustarse a una distribución normal entre las zanjas 2 y la 9, marcando también amplia y burdamente la zona del clavo mineralizado.
- La curva del manganeso puede ajustarse a una recta cuya pendiente disminuye de sur a norte. Esto además se confirmó en el campo en el tramo comprendido entre la Mina La Prieta - 700 metros aproximadamente al sureste del tiro Garibaldi y la Mina El Porvenir unos 400 metros al noroeste del tiro Santa Cruz. Esto es importante ya que las recuperaciones metalúrgicas disminuyen al aumentar al manganeso.
- Todas las curvas muestran un bajo antes de llegar al clavo mineralizado El Porvenir (zanja 9) y aproximadamente 100 m --





## EXPLICACION

-  Mn
-  Pb
-  Ag
-  Zn
-  Fe
-  CLAVO MINERALIZADO CONOCIDO.
-  ZONA FAVORABLE ESTRUCTURALMENTE.



## ESCALA GRAFICA

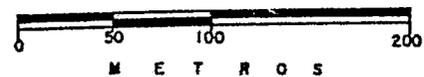
PERFILES GEOQUIMICOS  
VETA SANTA CRUZ

Figura 29

al sur, en la zanja 8, hay un pico en las gráficas lo cual -- nos hace suponer la existencia de un clavo mineralizado en el interior.

Concluyendo de las observaciones de las gráficas y sus relaciones podemos decir:

1.- Las gráficas muestran la relación directa con los clavos y es de esperarse que muestreo de este tipo tenga la misma relación o similar en otros tramos de la veta ya que la elevación a la que aflora es aproximadamente de la misma variación que en este tramo.

La relación de los ensayos de plata superficie-interior sólo puede obtenerse en dos tramos, el del clavo Santa Cruz superior y el de Garibaldi.

Clavo Mineralizado	Ley en Superficie	Ley Interior Mina
Santa Cruz Superior	174 gr/ton Ag (zanjas 4, 5 y 6)	541 gr/ton Ag
Garibaldi	307 gr/ton Ag (zanjas 2,3)	642 gr/ton Ag

Estos resultados indican una relación directa a mayor ley en superficie mayor ley en el interior. Puede ser prematuro generalizar con tan pocos datos pero no es tan aventurado ya que la ley de interior es el promedio de los clavos y la de superficie es promedio de varias zanjas, con estos dos puntos podemos extrapolar y conocer relaciones de ensayos superficie-interior; por ejemplo para un ensaye de 100 gr/ton de plata en superficie tendremos 500 gr/ton de plata en interior.

2.- Geoquímicamente la zona al norte del clavo mineralizado Santa Cruz cuerpo superior (del panel 500 al 800) muestra un pico que indica las posibilidades de otro clavo mineralizado de aproximadamente 100 metros de longitud a la altura de la zanja 8. A la porción del 500 al 600 le quedan geoquímicamente una porción de menos de 50 metros horizontales para la localización de un pequeño clavo mineralizado antes de llegar a la altura de la zanja 7 que no son favorables ni geoquímica ni estructuralmente.

3.- Al sur también tenemos otro alto en una zona donde no hay datos de interior y se espera (también geoquímicamente) la presencia de otro clavo mineralizado.

A pesar de la relación directa de las leyes de superficie con las de interior, el muestreo de las vetas en superficie no es factor determinante ni indicativo por si solo para decir de la presencia de un clavo mineralizado. Por ello estos resultados deben juzgarse con mucha reserva porque cambian en función de variables ya mencionadas como el enriquecimiento supergénico, la lixiviación de los minerales económicos o la profundidad del intervalo de mineralización.

En el caso de la Veta Santa Cruz el muestreo ha resultado indicativo de los clavos mineralizados y coinciden con condiciones favorables tanto de estructura como de alteración pero los resultados del primero sólo deben considerarse cuando se aplican en conjunto con otras técnicas o procedimientos de exploración.

## CAPITULO 5

### MODELO Y PROGRAMA DE EXPLORACION

Considerando los resultados obtenidos en la exploración de las areas Arianeña y Santa Cruz podemos proponer - como modelo de exploración el procedimiento empleado durante este trabajo. Como ya vimos, el método de contornos estructurales en conjunto con la alteración nos muestran con bastante precisión la presencia de los clavos mineralizados. La estrecha relación de ciertos rasgos estructurales y de alteración con la mineralización hace que estos métodos sean de gran ayuda para la evaluación de los controles de la mineralización y para la localización de nuevos objetivos o zonas más favorables dentro de estructuras ya conocidas y en otras nuevas.

Evidentemente estos métodos no son los unicos para evaluar qué controla y dónde se localiza la mineralización pero en el Distrito Guanaceví han tenido muy buenos resultados en las areas exploradas. Otros métodos ayudan a --- orientar con más precisión y más científicamente todavía - la exploración, por ejemplo las inclusiones fluidas que indicarían, entre otras cosas, el intervalo de depósito de - la mineralización; la geoquímica de elementos traza de la -

roca encajonante que nos indicaría posiblemente una asociación de elementos única encima de los cuerpos minerales y -- así podemos mencionar otros que no están dentro del enfoque de este trabajo.

Como procedimiento de exploración, una vez verificada una ocurrencia mineral o una vez que se ha puesto en marcha la evaluación de un prospecto o distrito minero podemos seguir los siguientes pasos: Cartografía regional de superficie, cartografía a detalle y muestreo en superficie e interior mina, trabajo de gabinete y laboratorio y barrenación.

Para la cartografía regional de superficie es seleccionada una área a escala apropiada que se levantará ya sea con ayuda de fotografías aéreas y recorridos o verificación de campo o bien solo con éstos últimos. En esta etapa, simultáneo a levantamientos geológicos, se hace el levantamiento de alteración hidrotermal y el reconocimiento y localización de minas, catas, etc., con los cuales se relacionará la alteración. Al final de la cartografía regional tendremos una idea de la estructura regional, y los controles de la mineralización. Definida la estratigrafía se observará si hay una relación estratigráfica o litológica con la mineralización o si los controles son puramente estructurales.

En los levantamientos a detalle de cada veta se concentra la observación en la mineralización, tipo de roca,

alteración y estructura. Una vez concluida esta etapa se tendrá la relación de estas características con la mineralización y podremos definir los controles de los que tenemos idea en la geología regional. En minas conocidas, el muestreo de interior y superficie nos indicará la localización de los clavos mineralizados y luego sabremos la relación de ensayos de superficie con los de interior.

Con los datos y muestras colectadas en el levantamiento a detalle se realiza la identificación de la mineralogía de alteración, al microscopio o con rayos x, posteriormente se continúa con el trabajo de gabinete explicado en el capítulo anterior y que viene a ser prácticamente el modelo de exploración en el Distrito Guanaceví. Este modelo de exploración consiste en la elaboración de planos de contorno de vetas, planos de alteración y planos de perfiles geoquímicos. Si disponemos de datos de interior podemos precisar las relaciones de la mineralización con las características geológicas mencionadas desde la etapa de geología regional y luego extrapolar estos resultados a extensiones de las vetas, a nuevas vetas o aplicarse a distritos mineros similares.

### Programa de Exploración

Habiendo determinado zonas favorables para la mineralización en las áreas Arianeña y Santa Cruz estamos en condiciones de sugerir un programa de barrenación cuyo propósito es - comprobar las reservas en esas zonas.

#### Area Arianeña

En el Area Arianeña se elaboró un programa de exploración consistente en 10 barrenos de interior que no requieren desarrollo de obra minera y que en total suman 1080 metros de perforación (Fig. 30 y 31) ocho de estos barrenos servirán para probar 204 000 toneladas en las vetas Arianeña y San José y dos para indicar la mineralización a profundidad de las vetas El Huevo y Jesús María que abrirán las perspectivas para probar un mínimo de 174 244 toneladas en estas dos últimas vetas. Los elementos de estos barrenos se muestran en la tabla 2.

En la Veta de San José estos barrenos están distribuidos en parte de la zona más favorable para contener el clavo mineralizado (ver Fig. 25). De resultar positivos estos barrenos se programa un crucero de 50 metros en el nivel 8 de la Mina San José a la altura del panel 300 para estar en posición de barrenar por lo menos 400 metros y comprobar la mineralización en el resto de la zona favorable.

En las vetas El Huevo y Jesús María se programa elaborar primeramente los respectivos planos de contornos para proceder a la etapa de exploración con barrenación de diamante.

SECCION VERTICAL LONGITUDINAL NW 8°30' SE VISTA AL P

Elev.  
m s.n.m.  
2 200

2 150

2 100

2 050

2 000

1 950

1 900

LIMITE DEL CLAVO MINERALIZADO  
(PUNTEADO DONDE ESTA SUPUESTO)

BLOQUE DE RESERVAS

ZONA MAS FAVORABLE

NIVEL 7

NIVEL 8

BI-1

BI-3

BI-2

BI-4

BI-5

009

17 200 N

005

17 300 N

001

17 400 N

003

17 500 N

007

17 600 N

17 200 E

17 300 E

17 400 E

17 500 E

17 600 E

15 000 E

17 300 N

17 400 N

17 500 N

17 600 N

PLANTA

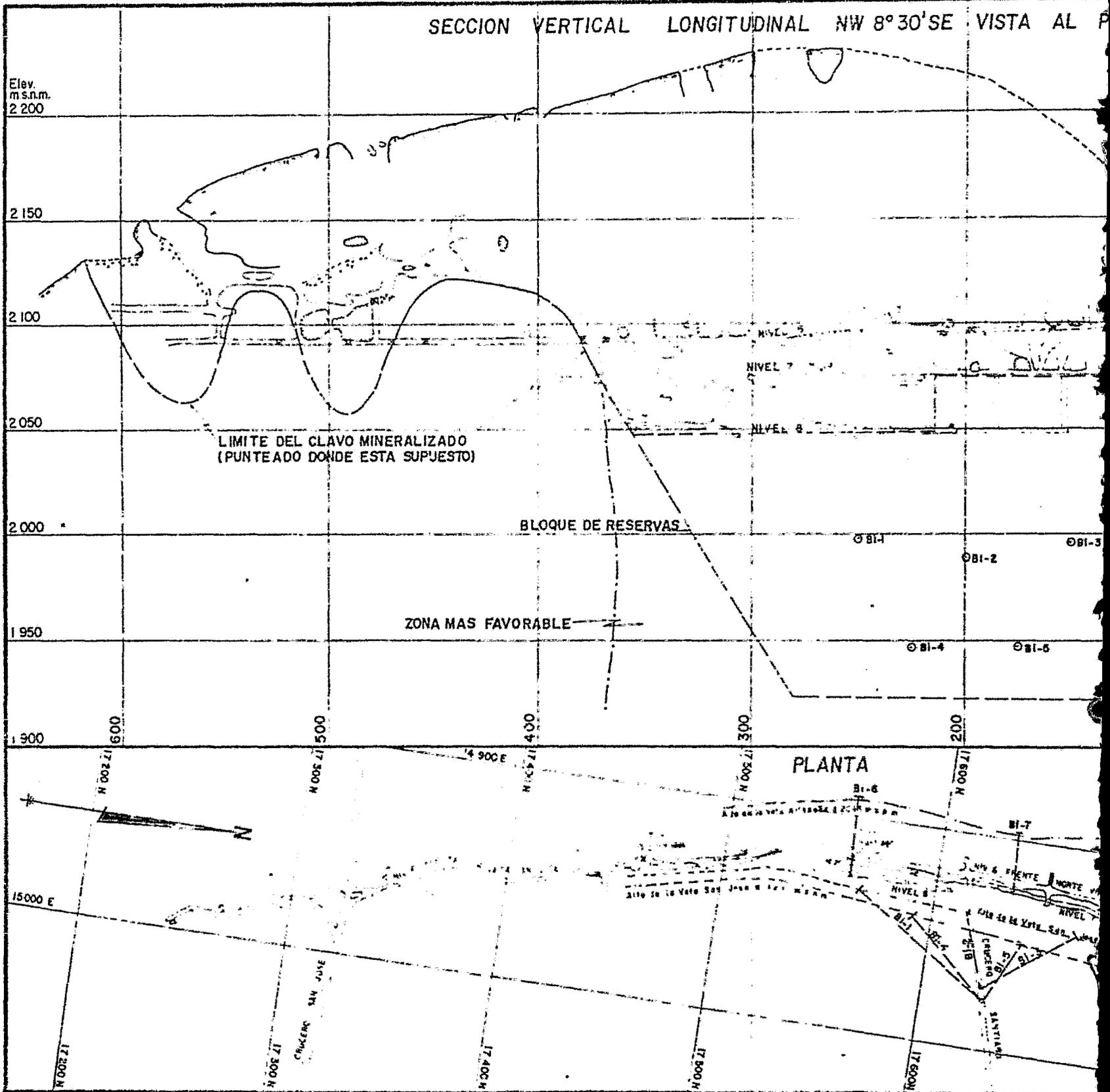
BI-6

BI-7

SAN JUAN DE LOS RIOS

A 10 M DE LA VETA SE EN LA SECCION A 20 M DE LA VETA

SITIO DE LA VETA SAN JUAN DE LOS RIOS



Elev.  
msnm  
2 200

2 150

2 100

2 050

2 000

1950

1900

BLOQUE DE RESERVAS

NIVEL 5

NIVEL 7

NIVEL 8

BI-1

BI-2

BI-3

BI-4

BI-5

VETA FALLA SAN JUAN

PLANTA

ESCALA GRAFICA

0 10 25 50 100 150

METROS

PROGRAMA DE BARRENACION  
VETA SAN JOSE

Figura 30

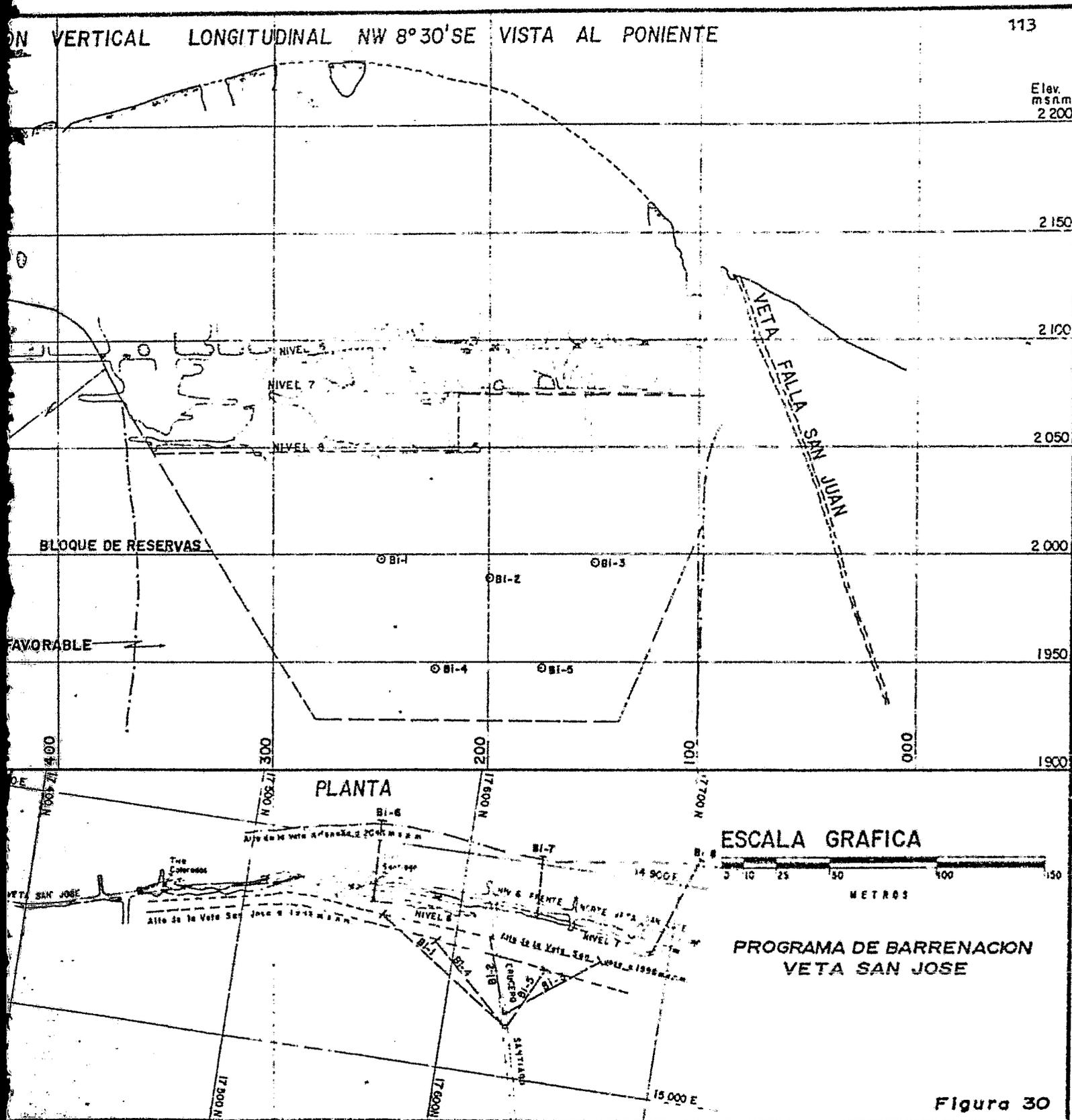
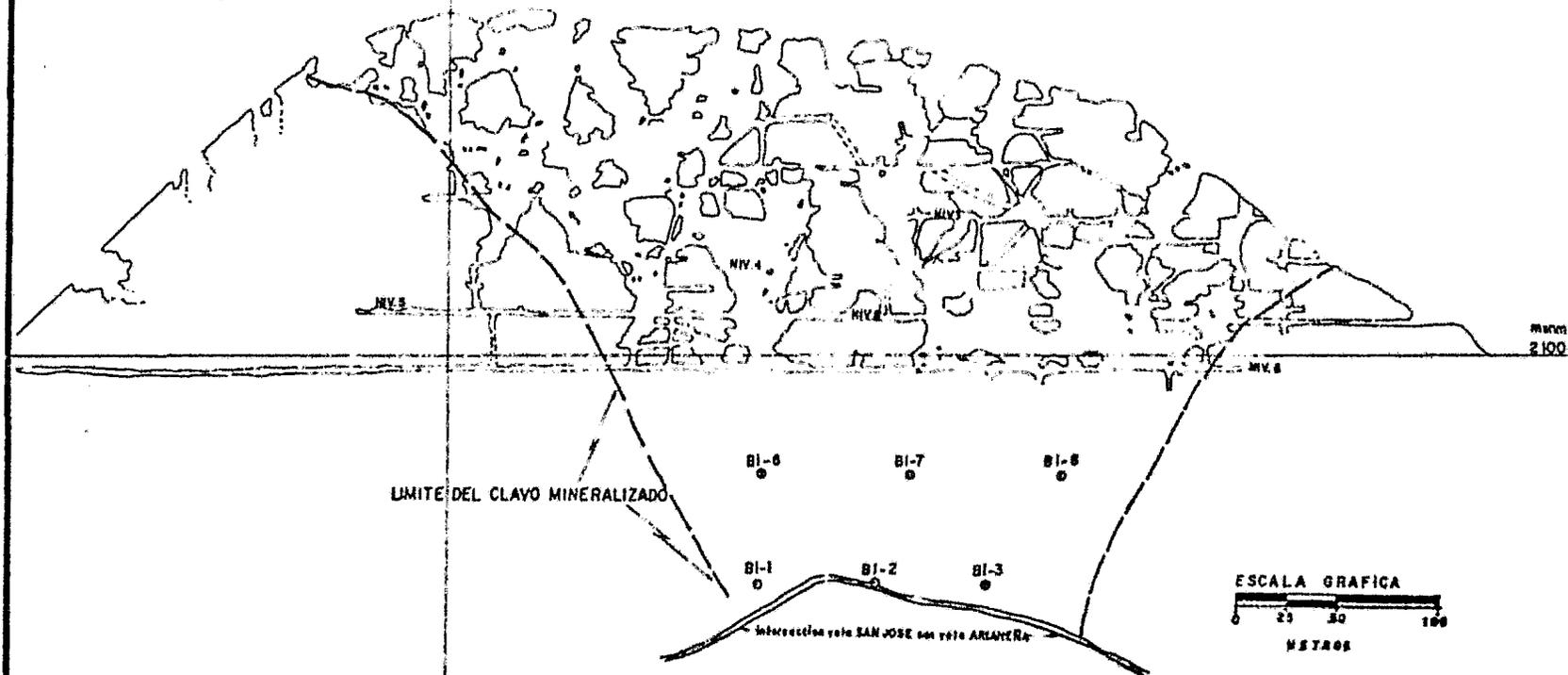


TABLA 2  
PROGRAMA DE BARENACION PARA ARIANEÑA

Barreno	Mina	Localización				Rumbo	Incl.	Profundidad Total (m)	Elevacion de las intersecciones - Veta	
		Nivel	Elevación (m.s.n.m.)	Coordenadas N            E						
Bi - 1	San José	6	2095	17630.0	14977.5	S34°W	-51°	140	1988	San José
									1888	Arianeña
Bi - 2	San José	6	2095	17628.5	14971.5	S71°W	-73°	114	1990	Intersec- ción de Arianeña y San José
Bi - 3	San José	6	2095	17628.5	14971.5	N37°W	-63°	124	1998	San José
									1987	Arianeña
Bi - 4	San José	6	2095	17630.0	14977.5	S42°W	-70°	158	1948	San José
Bi - 5	San José	6	2095	17630.0	14977.5	N64°W	-78°	152	1948	San José
								<u>688</u>		
Bi - 6	San José	8	2046	15560.2	14926.5	S87°W	- 5°	37	2043	Arianeña
Bi - 7	San José	7	2075	17635.0	14992.5	S87°W	-52°	33	2043	Arianeña
Bi - 8	San José	7	2075	17692.5	14933.0	N71°W	-34°	60	2043	Arianeña
								<u>140</u>		
Bi - 9	Arianeña	5	2120	17596	14848	N87°W	+27°	120	2154	El Hueco
Bi -10	Arianeña	5	2120	17592	14852	Oeste	+22°	132	2152	Jesús María
									2158	El Hueco
									2168	Jesús María
								<u>252</u>		
								<u>1080</u>		
						TOTAL				

SECCION VERTICAL LONGITUDINAL VISTA AL PONIENTE  
NW 2°45' SE



BARRENOS PROGRAMADOS ○

PROGRAMA DE BARRENACION  
DE LA VETA  
ARIANEÑA

Figura 31

## Area Santa Cruz

El programa de exploración de la Veta Santa Cruz -- consiste en un programa de 10 barrenos con un total de -- 1070 metros para probar el bloque 4 (Clavo Santa Cruz cuerpo Inferior Fig.32) y aumentar las reservas por lo menos -- con 300 000 toneladas más. Los datos de los barrenos se -- muestran en la tabla 3.

El área favorable prospectiva marcada en el plano - de contornos de la Veta Santa Cruz (Fig. 26) incluye holgadamente el bloque 4 y el área cubierta por los barrenos -- programados. De resultar positivos los barrenos programa-- dos en esta etapa es conveniente probar toda el área prospectiva ya sea con el desarrollo de obra directa de los niveles 14 y 15 con 250 metros cada uno, o con un mínimo de 600 metros de perforación de 4 barrenos que requerirán decuele de un crucero de unos 80 metros con bases para barrenación a los 50 y 80 metros aproximadamente.

Se programa continuar con la elaboración de los planos de contornos estructurales para las extensiones norte y sur de esta veta y hacer un levantamiento detallado de alteración y muestreo geoquímico en las mismas zonas para proponer un programa de barrenación en nuevos clavos mineralizados.

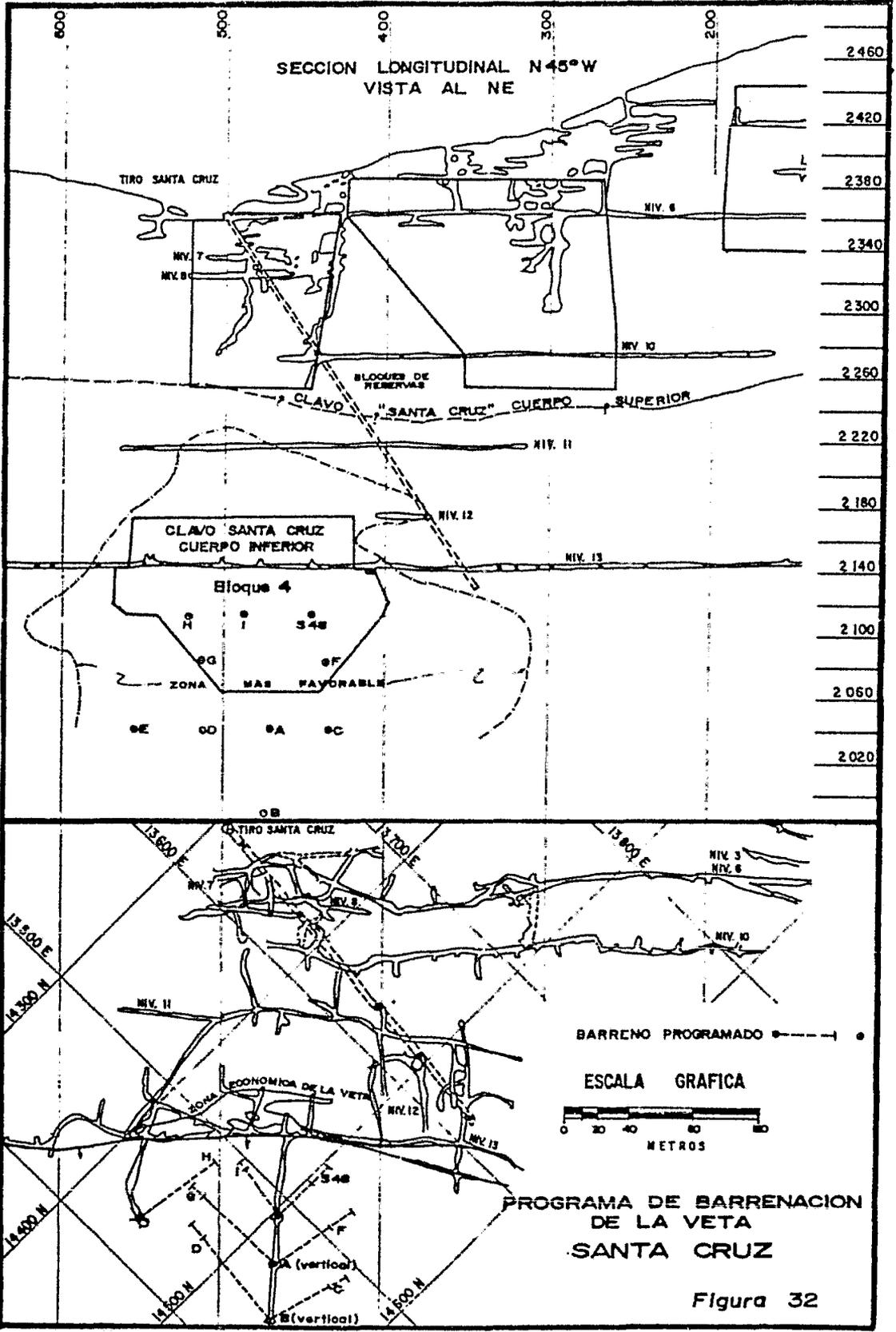


TABLA 3

## PROGRAMA DE BARRENACION MINA SANTA CRUZ

Barreno	Rumbo	Inclinación	Profundidad	Intersectará Veta a
S48	Este	-45°	60	- 30 m
A	Vertical	-90°	120	-100 abajo
B	Vertical	-90°	180	-150 del
C	S74°E	-67°	130	-100 Nivel
D	N 7°E	-58°	140	-100 Trece
E	Vertical	-90°	120	-100
F	S80°E	-54°	90	- 60
G	S 2°W	-46°	100	- 30
H	N80°E	-35°	70	- 30
I	N10°E	-48°	60	- 30
			<hr/>	
		TOTAL	1070	

## CAPITULO 6

### CONCLUSIONES

La estratigrafía del Area Guanaceví es similar y fácilmente correlacionable con la de toda la provincia de la Sierra Madre Occidental. La diferencia notable es que en Guanaceví durante el Eoceno-Oligoceno predominó el depósito de rocas terrígenas derivadas de material volcánico mientras que en el resto de la provincia predominó el depósito de rocas volcánicas.

La forma de la estructura regional del distrito se interpreta como parte de un domo elongado y afallado en sus flancos formando un horst. El arqueamiento que dió lugar al fracturamiento y fallamiento se produjo posiblemente por los empujes de un cuerpo intrusivo mismo que pudo haber proporcionado la energía para activar el sistema hidrotermal del distrito.

Las fallas y fracturas se agrupan en tres sistemas. El más importante por contener vetas más potentes es el sistema NW45°SE, le sigue el sistema Norte-Sur con vetas más abundantes y cuyo conjunto las hace más productivas y por último el sistema NE-SW con vetas poco persistentes y escasas.

La variación de las proporciones de minerales y de -- contenidos metálicos en el distrito indica una zonificación -- que posiblemente signifique un foco de más alta temperatura -- en la parte centro-oriente del distrito.

Las características comunes en las vetas Arianeña y - Santa Cruz son el control estructural y la alteración de la - roca encajonante. Las flexiones de las vetas, esto es, las - concavidades a favor del echado de la veta y tramos de mayor - echado relativo de la veta con fuerte alteración (silicificación, cloritización y principalmente argilización) son las - zonas más favorables para la localización de los clavos mineralizados.

Los métodos más rápidos y eficaces para evaluar los - contornos y localizar los clavos mineralizados en el Distrito Guanaceví son los contornos de vetas y la cartografía a detalle de la alteración. Con estos métodos se optimiza la barrenación desechando áreas no favorables para la mineralización.

El determinar el aumento del área favorable en donde - se encuentran clavos mineralizados conocidos nos permite de - cir que el Distrito Guanaceví ofrece magníficas perspectivas de desarrollar su gran potencial utilizando una exploración -- sistemática en otras vetas con técnicas cuyos resultados han - mostrado estrecha relación con la mineralización. La comprobación de estas zonas favorables se llevará a cabo con un pro-- grama de barrenación.

## BIBLIOGRAFIA SELECCIONADA

- Ashley, R.P., 1979, Relation between Volcanism and ore deposition at Goldfield Nevada: Bureau of Mines and Geology, Rept. 33, p. 77-86.
- Billings, M.P., 1972, Structural Geology: Prentice Hall Third Edition, 606 p.
- Boyle, R.W., 1970, Regularities in wall-rock alteration phenomena associated with epigenetic deposits: International Union Geol. Sci. A. No. 2.
- Cardona, A.J., 1970, Estudio de Viabilidad Proyecto Guanaceví: Reporte interno SIPSC.
- Carrasco, M.L., 1980, Carta y Provincias Metalogenéticas del Estado de Durango, México: Consejo de Recursos Minerales 63 p.
- Clark, K.F., 1976, Geologic Section across Sierra Madre Occidental, Chihuahua to Topolobampo, México: New México Geological Society special publication number 6. p. 26-36.
- Clark, K.F., and de la Fuente L.F.E., 1978, Distribution of mineralization in time and space in Chihuahua, México: Mineral Deposita., v 13, p. 27-49.
- Clark, K.F., Carrasco, M.L., Damon, P.E., and Sandoval H., 1977, Posición estratigráfica en tiempo y espacio de la mineralización en la Provincia de la Sierra Madre Occidental, XII Convención Nacional, A.I.M.M.G. de México, pp. 197-244.
- Clark, K.F., Dow, R.R., Knowling, R.D., 1979, Fissure vein deposits related to continental volcanic and subvolcanic terraines in Sierra Madre Occidental Province, México in Papers on mineral deposits of western North America: Reno Nevada Bureau of Mines and Geology Rept. 33, pp. 189-201.
- Clifton, C.G., Buchanan, L.J., Durniny, W.P., 1980, Exploration procedures and controls of mineralization in the Oatman Mining District, Oatman, Arizona: Preprint 109th AIME Annual Meeting Feb. 1980.

- Conolly, H.J.C., 1936, Contour method of revealing some ore structures: *Economic Geology*, vol., 31. pp. 235-271.
- Cordova, D.A., 1963, Geología de la región entre Río Chico y Llano Grande Municipio de Durango, Estado de Durango: U.N.A.M., Instituto de Geología, Boletín 71, 21 p.
- Durning, W.P., 1973, Guanaceví and San Pedro mining districts, Durango, México: Interoffice memorandum Oxy Minerals Corp.
- Elder, J.W., 1966, Heat and mass transfer in the earth hydrothermal systems: *New Zealand. Dept. Sci., Ind. res. bull.* 169.
- Emmons, W.H., 1942, Certain ore shoots on warped fault planes: A.I.M.E. Technical publication 1545 class I Mining Geology No. 105.
- Fredrikson, G., 1974, Geology of the Mazatlan area, Sinaloa western, México: unpublished Ph.D. dissertation, University of Texas, Austin.
- Henry, C.D., 1975, Geology and Geochronology of the granitic batholithic complex, Sinaloa, México: unpublished Ph. D. dissertation, University of Texas, Austin.
- Hoffman, D.J., 1981, Structural factors in ore position, quality, and cut off grades in fissure veins at Santa Barbara, Chihuahua, México: *Econ. Geology*, v. 76, p. 1921-1928.
- Kamilli, R.J., and Ohmoto, H., 1977, Paragenesis, zoning fluid inclusion, and isotopic studies of the Finlandia vein, Colqui District, Central Peru: *Econ. Geology* v. 72, p. 950-982.
- Keizer, R.P., 1973, Volcanic Stratigraphy, structural geology and K-Ar geochronology of the Durango area, Durango. México: unpublished M.A. thesis. University of Texas, Austin.
- Kraus, E.H., Hunt, W.F., and Ramsdell, L.S., 1951, *Mineralogy*: Mc Graw Hill Book Co. Inc. fourth edition.
- Keller, P.C., 1974, Mineralogy of the Teyaltita gold and silver mine. Durango, México: unpublished M.A. thesis, University of Texas, Austin.

- Lemish, J., 1955, The geology of the Topia mining district, Topia, Durango, México: unpublished Ph. D. dissertation University of Michigan, Ann Arbor.
- Levinson, A.D., 1974, Introduction to exploration geochemistry: Calgary, Applied Publishing Company.
- Loera, F.J., 1982, The La Cienega vein and its geological Setting, Durango, México: unpublished M.S. thesis, University of Arizona.
- Longoga, A., 1900, Informe de un grupo de minas del mineral de Guanaceví, Estado de Durango: Reporte interno en archivo de Servicios Industriales Peñoles, S.A. de C.V.
- Lozano, Ch. G., 1980, Geología y mineralización del Area Santa Anita, Mpio. Choix, Sinaloa: Tesis profesional I.P.N.
- Loucks, R.L., 1980, Mineralogía de vetas, zoneamiento respecto a distribución de metales y potencial para la explotación en el Distrito de Topia, Durango, México: Dept. de Ciencias Geológicas, Universidad de Harvard.
- Lyons, J.T., 1975, Volcanogenetic iron ore of Cerro de Mercado and its setting with The Chupaderos Caldera, Durango, México: unpublished M.A. thesis, University of Texas, Austin.
- Mason, B., and Barry L.G., 1968, Elements of mineralogy: end. Ed., W.H. Freeman Co., San Francisco and London.
- Mc Dowell, F.W., Clabaugh, S.E., 1976, Relation of ignimbrites in the Sierra Madre Occidental to the tectonic history of western, México: Geol. soc. Amer. Rock. Mtn. Sec. 8.
- Mc Kinstry, H.E., 1948, Mining Geology: Prentice-Hall New York
- Nelson, C.N., 1909, A trip through northern Durango: The Engineering and Mining Journal N.Y. p. 697-648.
- Nemeth, K.E., 1976, Petrography of the lower volcanic group, Tayoltita-San Dimas district, Durango, México: unpublished M.A. thesis University of Texas, Austin.
- Norton, D., and Knight, Jr., 1977, Transport phenomena in hydrothermal systems-cooling plutons, Am. Jour. Sci. v. 227. p. 950-979.

- Ohle, R.E., and Bates, R.L., 1981, Geology, geologists, and mineral exploration: Econ. Geology, 75th -- anniversary volume, pp. 766-774.
- Park, Ch.F., Mac Diarmid, R.A., 1970, Ore deposits: W.H. Freeman and Co. 2nd. Ed.
- Peters, W.C., 1978, Exploration and mining geology: New - York, John Wiley & Sons.
- Pineda, R.A., Altamirano R.F., Torrecillas, N.G., 1970, - Evaluación del Distrito Minero de Guanaceví, Du-- rango: Consejo de Recursos Minerales.
- Randall, J.A., 1979, Structural setting, emplacement of veta madre orebodies using the Sirena and Rayas - mines as examples Guanajuato, Mexico: Nevada Bu--reau of Mines and Geology, Rept. 33, pp. 203-212.
- Ross, C.S., and Smith, R.L., 1968, Ash flow tuffs: Their origin, geologic relations and identification: - Geological Survey professional paper 366, 3rd. Ed.
- Sawkins, F., 1982, Metalogenesis en los Arcos Cordillera nos: (Inédito) Seminario de la A.I.M.M.G.M. Dis--trito Sonora, Hermosillo, Sonora. Febrero 1982.
- Swanson, E.R., 1974, Petrology and volcanic stratigraphy of the Durango area, Durango, México: unpublished M.A. thesis, University of Texas, Austin.
- Talleres Nazario Espinoza Ed., 1908, Mineral de Guanaceví Partido de Santiago Papasquiaro, Estado de Durango Trabajo de IV exposición regional, Durango, México.
- Terrones, L.A., 1940, Estudio geológico de la zona noro--este de Distrito Minero de Guanaceví, Durango. El Subdistrito San Pedro: Tesis Profesional, Facultad de Ciencias, U.N.A.M.
- University of Arizona, The., 1972, A manual for thesis and dissertations: University of Arizona.
- Wahl, D.E., 1973, Geology of the El Salto Strip, Durango, México: unpublished M.A. thesis, University of -- Texas, Austin.
- Waite, R.B. Jr., 1970, Ignimbrites between Durango and - Mazatlán, México: unpublished M.A. thesis, -- --- University of Texas, Austin.

- Wingfield, F.L., 1939, Guanaceví Mining Company operation Guanaceví, Durango: Reporte interno en archivo de S.I.P.S.A. de C. V.
- Wingfield, F.L., 1948, Guanaceví District: Reporte interno en archivo de S.I.P.S.A. de C. V.
- White, D.E., 1974, Diverse origins of hydrothermal ore -- fluids: Econ. Geology, v. 69. p. 954-973.
- Wisser, R., 1966, The epithermal precious metal province of norwest México: Nevada Bureau of Mines rept. 13 p. 63-92.