



INFORME DE INVESTIGACION GEOLOGICA
EN AREA GRAY OCCIDENTAL DE COSTA RICA

REGISTRO DE PAIS Y TIPO DE REGISTRO

PAIS

AREA GRAY OCCIDENTAL DE COSTA RICA

TIPO DE REGISTRO

REGISTRO

REGISTRO

REGISTRO DE PAIS Y TIPO DE REGISTRO
REGISTRO DE PAIS Y TIPO DE REGISTRO

702
66.1
MPN
LIBRARY

6

1

.

マイクロ
フィッシュ作成

702

66.1

MPN

13584

INFORME DE INVESTIGACION GEOLOGICA

EN

AREA GRAN CHOCAYA, REPUBLICA

DE BOLIVIA

FASE II

MAYO 1981

METAL MINING AGENCY OF JAPAN
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

JICA LIBRARY



1054310[6]

国際協力事業団	
受入 月日 56.12.13	84.9.24 70-20
登録No. 09909	66.92
	MPN

PROLOGO

El Gobierno del Japón, de acuerdo con la solicitud de la República de Bolivia, decidió efectuar estudios relativos a la exploración minera como investigaciones geológicas a efecto de comprobar la existencia de recursos minerales en el área de Gran Chocaya situada en la parte sur de este país, y encargó la ejecución de los estudios a la Japan International Cooperation Agency (JICA). Los estudios son de materias especiales pertenecientes a las investigaciones sobre geología y recursos minerales, por lo que la JICA pidió a la Metal Mining Agency of Japan (MMAJ) que los pusiera en ejecución.

La investigación presente del ejercicio de 1980 es del segundo año. La MMAJ envió una misión investigadora de trece miembros y las investigaciones en el campo se realizaron desde 14 de noviembre de 1980 hasta 22 de febrero de 1981.

Las investigaciones se han concluido tal como estaban planeadas gracias a la cooperación de autoridades bolivianas, especialmente del Ministerio de Minería y Metalurgia y de la Corporación Minera de Bolivia.

El presente informe es fruto de las investigaciones efectuadas en el segundo año, y formará parte del informe final, conjuntamente con los estudios de los años primero y tercero.

Al terminar, gueremos manifestar nuestro profundo agradecimiento a todas las personas de Autoridades y Instituciones Bolivianas, a los Ministerios de Relaciones Exteriores y de Comercio Internacional e Industria del Japón, a la Embajada del Japón en Bolivia y todas las empresas privadas que nos cooperaron.

Mayo de 1981

Keisuke Arita
Presidente
Japan International Cooperation Agency

Masayuki Nishiie
Presidente
Metal Mining Agency of Japan

CONTENIDO GENERAL

PROLOGO

PLANO DEL AREA DE INVESTIGACION .

RESUMEN 1

DESCRIPCION GENERAL Y SUMARIO 1

DESCRIPCION DETALLADA

PARTE I INVESTIGACION GEOLOGICA EN EL
INTERIOR DE MINA I — 1

PARTE II PROSPECCION GEOFISICA II — 1

PARTE III OBRA DE SONDEO III — 1

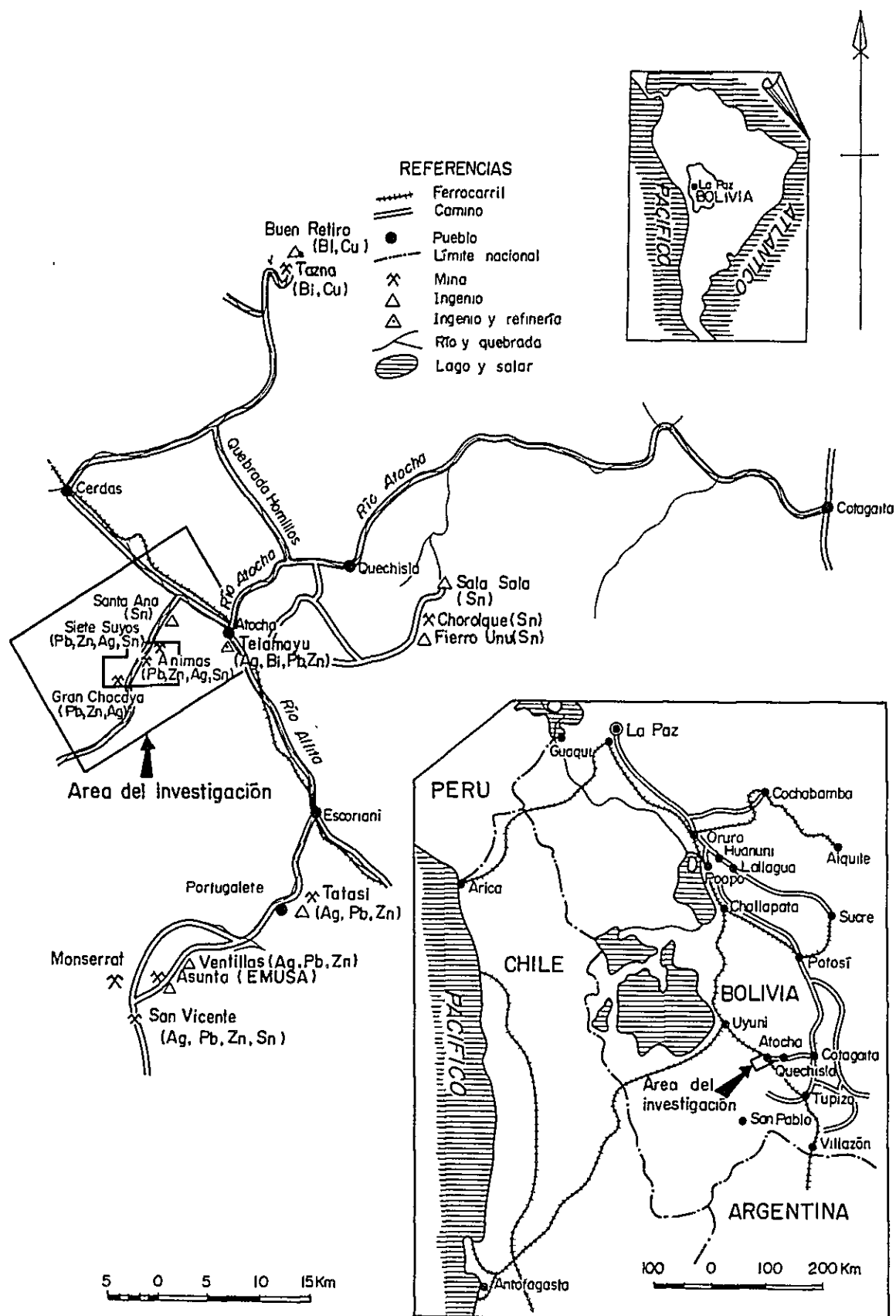


Fig.1-1 Plano general del área de investigación

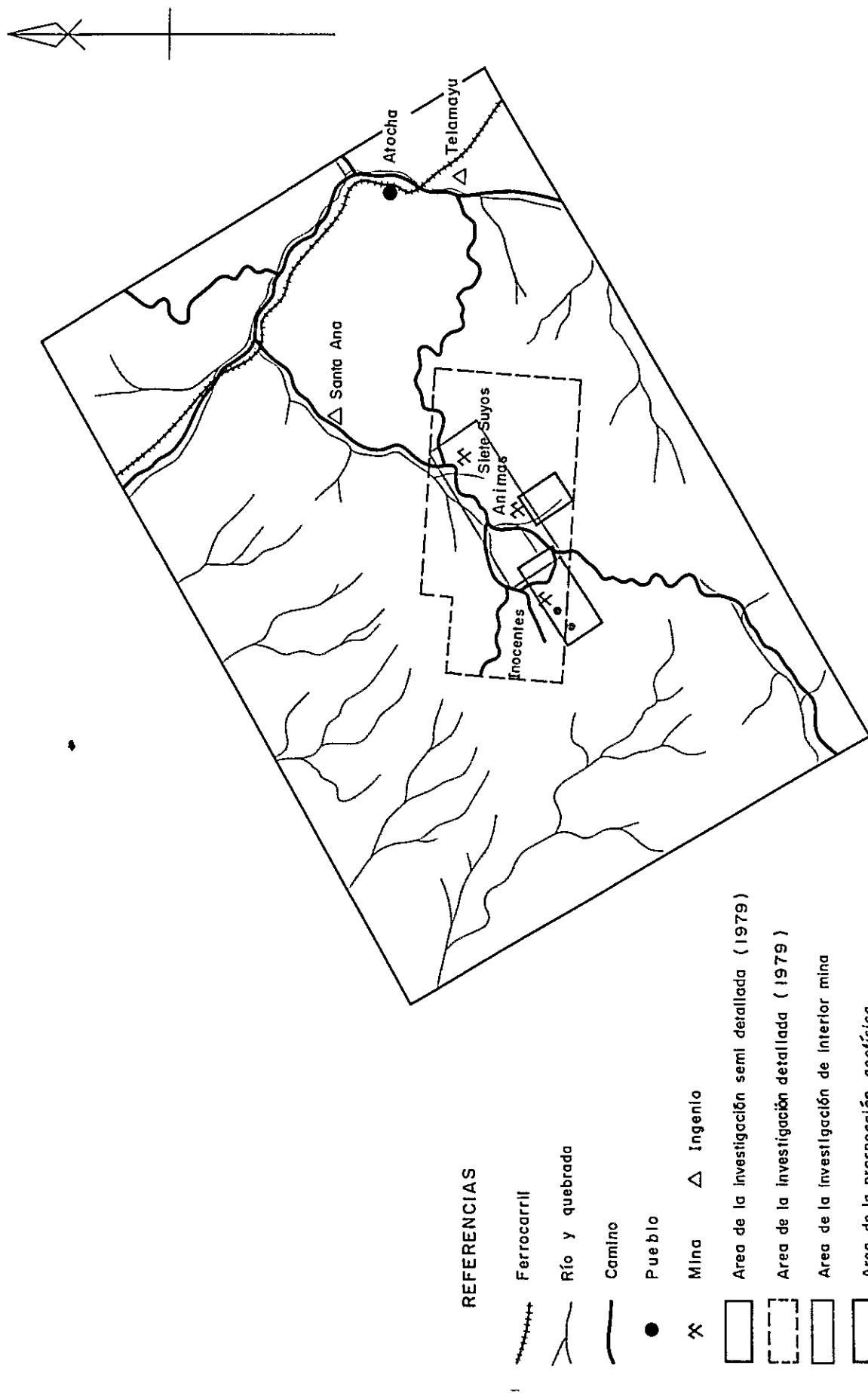


Fig 1-2 Plano de alcance del área de investigación

RESUMEN

A base de los resultados que se obtuvieron a través de los estudios geológicos del primer año, se realizaron en el presente año los estudios geológicos correspondientes al segundo año, conforme al Programa de Investigación Básica de Cooperación sobre la exploración de los recursos minerales en el sector de Gran Chocaya, región sudeste de la República de Bolivia.

Los estudios consistieron en la investigación geológica de interior mina con 26 kilómetros de longitud total, Prospección geofísica con 17.2 kilómetros de extensión total de línea de medición y también la obra de sondeo de 2 taladros con 802.25 metros de longitud total perforada.

El presente área de estudio está localizada cerca del borde al sureste del vasto altiplano boliviano y ocupa una parte de las zonas de los yacimientos poli-metal de la región. La geología de la presente área está integrada por el Ordovícico que constituye el basamento del área y también por el Cretácico y Terciario que cubren al primero. En cuanto a la estructura geológica de estos estratos, se advierte que tanto el Ordovícico como el Cretácico presentan ambos sus ejes de pliegue de dirección principalmente de noroeste a sureste, mientras que el Terciario demuestra tener su dirección casi horizontal. Con respecto a las fallas, su número es algo escaso sin ninguna directividad dominante entre ellas. El yacimiento de la presente área de estudio es uno de los yacimientos poli-metal del tipo veta y su época metalogénica es relativa a las actividades ígneas de dacita Animas que se desarrollaron a los finales del Mioceno. El yacimiento se compone de un gran número de vetas paralelas de rumbo noreste-suroeste, y las fracturas donde están emplazadas estas vetas han sido formadas por una serie de compresión lateral tectónica de dirección igual de noreste-suroeste,

armonizando con la estructura geológica del presente área de estudio.

El yacimiento produce una gran diversidad de los minerales metalíferos, a base de la paragénesis de minerales, los resultados del estudio de laboratorio sobre la inclusión flúida que contienen los minerales, se puede determinar que el yacimiento pertenece a los del tipo "Xenothermal".

Las rocas madres del yacimiento son, de abajo arriba, el Ordovícico, las rocas piroclásticas dacíticas y también dacita Animas del Terciario, pudiéndose advertir que dentro del Ordovícico las vetas se presentan en forma más predominante en general.

El yacimiento y la zona de alteración que le acompaña a éste primero se extienden de noreste al suroeste y sobre la línea de extensión al suroeste se ubica la veta Nueva que es la principal de Inocentes. La veta Nueva está siendo explorada a través de una galería excavada a Nivel 132 por una extensión aproximada de 500 metros.

Por lo tanto, se realizaron urgentemente la totalidad de las obras de sondeo y también la mayoría de los trabajos de prospección geofísica, dando importancia a confirmar los estados de la mineralización en la parte profunda y prolongada a lo largo del rumbo de la Veta Nueva. Investigación geológica de interior mina tuvo el propósito de esclarecer los aspectos geológicos y de geología económica en el yacimiento de Animas y también de obtener ciertas orientaciones útiles para la exploración efectiva de dicho yacimiento, consiguientemente, de otros yacimientos similares. Además, se hizo concentrar una parte restante de los trabajos de prospección geofísica para confirmar alguna posibilidad de existencia de algunas vetas paralelas al sur del yacimiento de Animas.

La interpretación detenida de todos los resultados obtenidos nos permitió hacer las siguientes consideraciones con respecto a las zonas mineralizadas y alteradas del yacimiento de Animas inclusive Inocentes.

- (1) De resulta de los sondeos, que fueran efectuados a propósito de comprobar el estado de mineralización en las partes inferiores prolongadas al noreste y suroeste de la veta Nueva, no se ha podido localizar ninguna indicación de mineralización prometedora, se ha revelado que las vetas no sería de gran magnitud a lo largo de rumbo y buzamiento.
- (2) Tanto la mineralización y alteración de las rocas madres en los dos sondeos perforados son extremadamente débiles en comparación con las de los yacimientos de Ánimas.
- (3) Por conveniencia de su estudio, fué subdividido el yacimiento de Ánimas en las 5 zonas integrantes según las diferencias de la forma de distribución horizontal de leyes de los elementos metálicos, sus correlaciones y también otros puntos distintivos. La zona IV que está representada por el grupo de vetas con veta Burtón y veta Inca VI es más económica de toda.
- (4) Según el resultado de interpretar la variación vertical de las leyes de veta Burton y veta Inca VI, las direction de prolongación de las bananzas es aproximadamente vertical y no se presenta ningún indicio que indique el límite inferior de las vetas aún a nivel 780.
- (5) A base de los estudios efectuados sobre las inclusiones flúidas y el paragenesis mineral, etc., se presumió que la temperatura metalogénica estaba alta en la parte de la veta Rosario situada al oeste de la área estudiada, pero bajando al este y sureste del oeste.
- (6) Se conoció una tendendia que las boananzas de las vetas alcanza al profundo al sureste del noroeste en la mina Animas.
- (7) Por lo anterior, las exploraciones en el interior mina deberán limitarse sólo a comprobar (a) la parte inferior de las bonanzas económicas de veta Burton y veta Inca VI, etc. (b) la existencia de otras bonanzas en la parte prolongada de las bonanzas estrechadas (c) otras nuevas vetas paralelas que se esperan sus existencias en la parte al sur de la veta Inca VI.

(8) Se descubrieron las 6 anomalías de I.P. por la prospección geofísica.

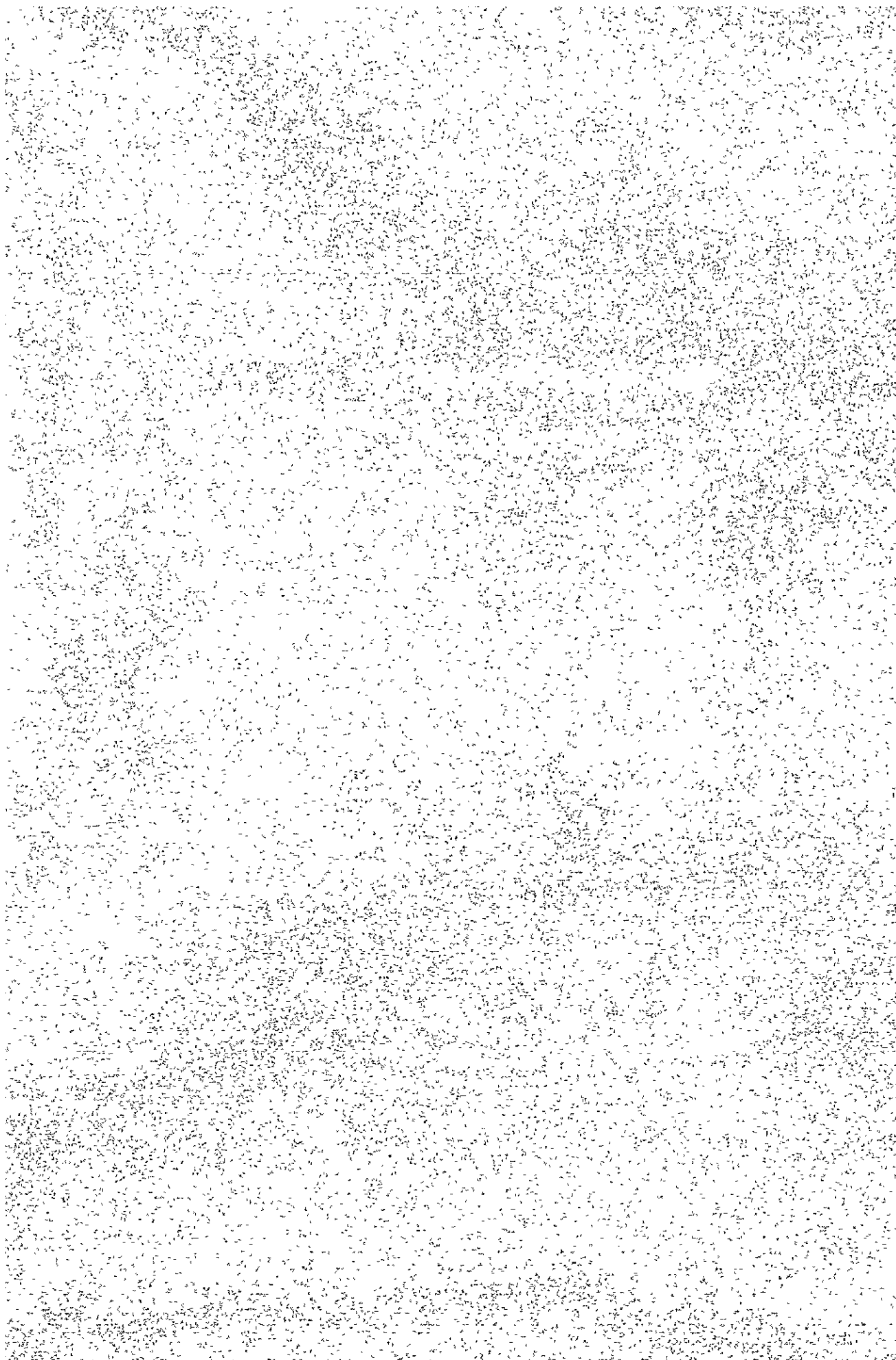
Es necesario comprobar con los sondeos las anomalías IV y V situadas en las partes prolongadas respectivamente al suroeste de la veta Burton y al sur de la veta Nueva.

(9) Las anomalías I y VI de I.P. se sitúan respectivamente cerca de los extremos de las líneas de medida, sus estados reales no están claros,

así que es necesario comprobar las anomalías otra vez con la prospección geofísica después de prolongar las líneas de medida.

(10) Se han sacado unas respuestas satisfactorias de los yacimientos conocidos por la prospección geofísica de I.P. realizada en el presente año, así que se considera que la prospección geofísica es efectiva como un medio de exploración para otros yacimientos del tipo veta que existen dentro del país.

DESCRIPCION GENERAL Y SUMARIO



CONTENIDO

DESCRIPCION GENERAL Y SUMARIO

CAPITULO 1	INTRODUCCION	3
1-1	Reseña histórica y objeto de la investigación	3
1-2	Reseña de los trabajos de la investigación	3
1-3	Formación de la misión investigadora	5
CAPITULO 2	RESEÑA GENERAL DEL AREA DE INVESTIGACION	7
2-1	Localidad y accesibilidad	7
2-2	Geomorfía y clima	7
2-3	Reseña de las minas animas y Siete Suyos	8
CAPITULO 3	RESEÑA GENERAL GEOLOGICA	11
3-1	Geología	11
3-2	Geología estructural	14
3-3	Yacimientos	14
CAPITULO 4	CONCLUSION Y PERSPECTIVA FUTURA	17
4-1	Conclusión	17
4-1-1	Investigación geológica en el interior de mina	17
4-1-2	Prospección geofísica	18
4-1-3	Obra de Sondeo	20
4-2	Opinión sobre la exploración en el futuro	22

CAPITULO 1 INTRODUCCION

1-1. Reseña histórica y objeto de la investigación

Conforme al resultado de la investigación del primer año dentro de las investigaciones fundamentales colaboradas en la explotación de los recursos naturales en el área de Gran Chocaya, Republica de Bolivia, Gobierno de Japón decidió efecutar la investigación geológica en el interior de la mina Animas-Siete Suyos, la prospección geofísica alrededor de la mina Inocentes y obras de sondeo en la misma área, de segundo año.

El objeto de la investigación geológica en el interior de la mina es comprender formas de los yacimientos y conseguir unos claves del descubrimiento de algún yacimiento nuevo por analizar la tendencia de la bonanza, y el sistema de fisuras. Y en la prospección geofísica el objeto es confirmar alguna posibilidad de existencia de yacimiento en la parte profunda del área de zonas alteradas conseguidas por el análisis de ray X realizado en el año anterior. Y el objeto en las obras de sondeo es investigación de las profundidades en la dirección prolongada del yacimiento Inocentes.

Por medio de estas investigaciones se podrá elegir algún área que tenga mucha posibilidad de existir bonanzas y conseguir unas guías útiles para las actividades de investigación de la próxima etapa.

1-2. Reseña de los trabajos de la investigación

Los trabajos de la investigación se dividieron en tres grupos que son de la investigación geológica en el interior de la mina, de la prospección geofísica y de las obras de sondeo. La zona correspondiente a estos trabajos se sitúa en la extensión de la investigación detallada dentro de la zona investigada en el año anterior, y la investigación geológica en el interior de la mina se realizó a los niveles 302, 510, 545,

617, 661, 700, 740, 780 en el interior de la mina Animas y el nivel 132 en la mina Inocentes, y la prolongación de investigación es de 26 km.

La prospección geofísica se realizó por método de polarización inducida, y las áreas correspondientes son el área A prolongada por 4 km al sureste de la zona alterada comprendida en la investigación anterior y el área B prolongada por 13,2 km al suroeste de la misma zona, y se estableció las líneas de medición de 17,2 km en las ambas áreas. Los trabajos de sondeo se realizaron dentro de la extensión de la prospección geofísica. Un sondeo se efectuó en la parte prolongado noreste del filón Nueva de la mina Inocentes y otro en la parte prolongada suroeste del mismo, y cada sondeo es de 400 m de profundidad cuya cantidad del trabajo es de 800 m en total.

La presente investigación se realizó por los miembros japoneses y los bolivianos enviados por la Corporación Minera de Bolivia abajo mencionados. El término de los trabajos en el lugar son desde el día siguiente de la llegada a la mina Animas hasta el día anterior de la partida de la misma; investigación geológica 31 días, prospección geofísica 26 días y sondeos 84 días. Durante la investigación se ofrecieron varios datos por COMIBOL y otros informes de las investigaciones anteriores realizadas por la misma corporación de los cuales se aprovecharon bien para ésta investigación. Sobre todo, en el interior de la mina hubo varios lugares en donde no se pudo entrar por derrumbamientos y por falta de oxígeno por lo cual no se pudo realizar la investigación. Así, se aprovecharon los datos de COMIBOL y varias opiniones de los geólogos pertenecidos a la mina como datos de referencia para hacer este informe.

1-3. Formación de la misión investigadora

Proyecto de investigación y negociación de la parte japonesa.

Kyuzo Tadokoro	MMAJ
Ken Ishibashi	"
Kenji Nakamura	"
Atsushi Osame	"

Los miembros japoneses de investigación

Toshiya Itoh	Jefe	DOWA ENGINEERING CO., LTD.	
Hideo Janome	Miembro	"	(Investigación geológica)
Ryoichi Kono	"	"	"
Ikuo Kinryu	"	"	"
Kyoichi Kawakami	"	"	"
Yasuo Endo	"	"	(Prospección geofísica)
Eiji Tanaka	"	"	"
Shigeo Matasaka	"	"	"
Kazunori Miura	"	"	"
Masanobu Kajio	"	"	(sondeo)
Shigeru Kano	"	"	"
Ikuo Tanikawa	"	"	"
Hiromichi Kusano	"	"	"

Los miembros bolivianos

Ing. Wilfredo Salinas	COMIBOL, Subgerencia de Geología de Oruro	(Investigación geológica)
Ing. Dionicio Garzón	"	"
Ing. Juan Carlos Segurola	"	"
Ing. Hildebrando Martínez	"	"
Ing. Pilinio Velazco	"	"
Ing. Jorge Caballero	COMIBOL, Empresa Minera de Quechisla	"
Ing. Victor Choque	COMIBOL, Empresa Minera de Quechisla, Mina Animas	"
Ing. Carlos Angulo	COMIBOL, Subgerencia de Geología de Oruro	(Prospección Geofísica)
Ing. Juan Larrea	"	"

CAPITULO 2 RESEÑA GENERAL DEL AREA DE INVESTIGACION

2-1. Localidad y accesibilidad

El área investigada se sitúa a unos 520 km al Sursudeste de La Paz. Administrativamente pertenece a la provincia de Nor Chichas del Departamento de Potosí.

Se puede llegar al área investigada de La Paz en tren y en automóvil. En caso de tren se tarda unas 15 horas para ir a Atocha, por la línea ferroviaria La Paz-Villazón. Luego se puede llegar dentro de media hora en vehículo a la mina Animas, que queda en el centro del área investigada.

En caso de viaje en automóvil hay varias rutas. En la estación seca se tarda 2 días corriendo unos 860 km de Las Paz a Animas vía Potosí y Cotagaita. En la estación de lluvia la carretera se corta en muchos sitios y queda hundida de modo que no se puede definir la hora necesaria ni la ruta. Ocurre la posibilidad de interrumpirse el tráfico.

2-2. Geomorfología y clima

El área investigada se sitúa en el altiplano ubicado al sur de Bolivia, donde tiene de 3,600 m de altura s.n.m. hasta 4,703 m que es la altura de Cerro Khumullani situado en el centro del área estudiada. Por el centro del área estudiada corre el río Chocaya hacia el noreste, y la erosión de su lecho está avanzada y se forma topografía empinada de la etapa madura. Alrededor de la mina Animas, se ven las montañas (4,500 m ~ 4,700 m de altura) formadas de dacita que estaba activa en el Mioceno Terciario. La topografía contrasta con el área planas difundidas de rocas sedimentarias en contorno del área estudiada. Se observan relaciones estrechas entre la geología y la topografía.

El área estudiada se sitúa a unos 21° de la latitud sur, de modo que debe tener el clima tropical. Debido a que se sitúa en el lugar muy alto, sin embargo, tiene un clima particular. Se dice que la temperatura media anual es entre 5 y 6 centígrados y la temperatura nocturna en invierno baja hasta 25 centígrados bajo cero. Aun en verano la temperatura nocturna se registra bajo cero. La máxima temperatura invernal marca alrededor de 15 centígrados en julio, y unos 25 centígrados en diciembre (en verano).

Pero, baja mucho por la noche, por lo cual la diferencia de temperatura llega a más de 20 centígrados.

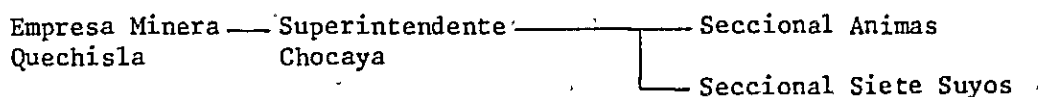
La diferencia entre la temporada seca y la de lluvia está bien marcada.

La temporada de lluvia dura desde diciembre hasta marzo, la mayoría de toda la precipitación anual es de esta temporada, de modo que se interrumpen las carreteras en muchos sitios y se paraliza el tráfico.

En la temporada seca apenas llueve y es muy seco, cuando la humedad señala entre 0 y 30% más o menos. Así las estrictas condiciones climáticas de esta área influyen mucho sobre fauna, flora y la vida de los habitantes. La mayoría del área presenta tierra estéril.

2-3. Reseña general de las minas Animas y Siete Suyos

Las minas Animas y Siete Suyos pertenecen a COMIBOL y El organograma funcional es lo siguiente;



Las ambas minas se explotaron en la época colonial española y se explota el mismo yacimiento por los ambos lados.

Llega a 780 m de profundidad, y todavía la condición de veta está dominante. Especialmente veta Burton es principal de mina Animas, y estas

minerales de explotación son 90% de total.

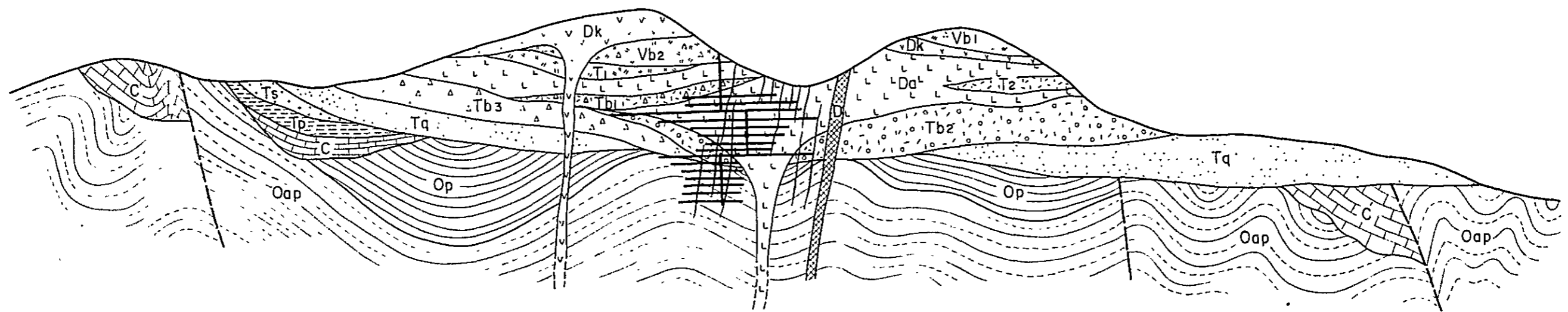
En la mina Animas se explotan principalmente los minerales de plata-plomo-zinc, y se transportan a ingenio de Telamayu.

En la mina Siete Suyos se explotan minerales de estaño-plata-cobre, y se transportan a ingenio de Santa Ana.

La producción mensual en las ambas minas es de 12,000 a 13,000 toneladas. La ley de cada mineral es lo siguiente; Ag 313 g/t, Pb 2,23%, Zn 3.54% y un poco de estaño. En las ambas minas trabajan aproximadamente 1,200 personas, y 65% de ellos trabajan en el interior de las minas.

Edad		Parte Sur y Suroeste del área de estudio (Río Angosto ~ Est Villa Villa ~ Gran Chocaya)					Parte central del área de estudio (Animas ~ Siete Suyos)					
		Unidades	Columna	Actividad Ignea	Mineralización y alteración	Descripción	Unidades	Columna	Actividad Ignea	Mineralización y alteración	Descripción	
CENOZOICO	CUATERNARIO	Aluviones, terrazas, etc										Brecha volcánica de Cerro Pabellón
		Lavas y rocas piroclásticas	Dacita de Cerro Khumullani (Sup inf) (+150m)		Mineralización del área de Gran Chocaya (Ag, Pb, Zn) Silicificación y alteración arcillosa Alteración fuerte (Blanqueamiento)	Rocas efusivas de dacita con color gris pardo diatasa bien desarrollada y con la parte autobrechada	Brecha Volcánica de Cerro Khumullani (50 ~100m)		Mineralización del área de Siete Suyos ~ Animas Alteración arcillosa Alteración fuerte (Blanqueamiento)	Rocas efusivas de dacita con color gris pardo, diatasa bien desarrollada y con la parte auto-brechada		
			Toba de Brecha volcánica de Belén Loma (-200m)			Toba esencialmente blanda y punkeada con color gris y gris verdoso y poros de gas	Brecha volcánica de Belén Loma (200m)			Dura y compacta en estratificación a, Toba esencialmente blanda y punkeada con color gris y gris verdoso y poros de gas		
			Dacita de Animas			Rocas efusivas de dacita con color gris y gris verdoso	Toba Cerro Negro Pozo (-200m)			Rocas efusivas de dacita con color gris y gris verdoso.		
			Toba brecha de Gran Chocaya (-200m)			Toba dura y compacta con la brecha con parte porfírica brechas accesorias de dacita y rocas sedimentarias ordovícicas	Dacita de Animas (+250m)			Toba dura y compacta con brechas la parte porfírica accesorias de dacita y rocas sedimentarias ordovícicas		
			Toba brecha de Inocentes (+30m)			Toba brecha con brechas accidentales, poca estratificación y color blanco a gris	Toba brecha de Gran Chocaya (-200m)			Toba brecha con brechas accidentales masizas sin estratificación y de color blanco a gris		
		Formación Quehua	(+100m)			Tobas y areniscas rosadas con clara estratificación y bien clasificadas, y toba lapilli y tobas brechas	Formación Quehua			(+300m)	Toba blanca y blanda areniscas tobaceas de grano medio a grueso con cuarzo y biotita fresca	
		Formación San Vicente	(+80m)			Areniscas tobaceas y arcillas grises						
		Eoceno ?	Formación Patoco			(+120m)	Areniscas rojizas de grano medio a fino y limolitas					
						Areniscas rojizas oscuras de grano medio a fino						
	Formación El Molino		(+650m)			Calizas, limolitas blancas y areniscas rojas fosilíferas						
	MESOZOICO	CRETACICO					Pizarra predominante con las partes filíticas					
						Disposición alternante de areniscas gris oscuras a gris y duras, y pizarras verdosas a oscuro	Ordovícico no diferenciado			Miembro de disposición alternante de areniscas y pizarras de Peña Blanca (+700m)	Disposición alternante de areniscas gris oscuras a gris duras y pizarras verdosas a oscuro	
PALEOZOICO	ORDOVICICO	Ordovícico no diferenciado	Miembro de pizarras de Peña Azul (+1000m)									
			Miembro de disposición alternante de areniscas y pizarras de Peña Blanca (+1500m)									

Fig.1-4 Columna geológica



ROCAS SEDIMENTARIAS

ROCAS IGNEAS

TERCIARIO		Brecha volcánica de Cerro Pabellón		Dique de dacita
		Brecha volcánica de Belén Loma		Dacita de Cerro Khumullani (Lavas)
		Toba de Cerro Negro Pozo		Dacita de Animas (Lavas)
		Toba de Rancho Lupijara		
		Toba brecha de Gran Chocaya		Vetos
		Toba Lapilli de Rancho Candelaria		
		Toba brecha de Inocentes		Falla
		Formación Quechua		
CRETACIO		Formación San Vicente		Socavón
		Formación Poloco		
ORDOVICICO		Formación El Molino (Calizas y areniscas rojas)		
		Miembro de pizarras de Peña Azul		
		Miembro de disposición alternante de areniscas y pizarras de Peña Blanca		

Fig.I-5 Perfil idealizado

CAPITULO 3 RESEÑA GENERAL GEOLOGICA

3-1. Geología

El área estudiada se sitúa entre el sistema montañoso de los Andes Orientales, formado del grupo paleozoico y el altiplano difundido del Terciario. Por los límites entre los dos se observan principalmente las rocas derramadas intrusivas del grupo de rocas volcánicas ácidas consideradas como actividades del Terciario, y aparte de ellas se ven solamente las facies sedimentarias eugeosinclinales y tobas de la última época del Terciario. Estas actividades volcánicas ácidas se desarrollan en las principales zonas mineralizadas de Bolivia y estrechamente toman parte en la formación de yacimientos de estaño, plata, plomo, cinc, antimonio y bismuto etc.

La geología de esta región consta del Sistema Cretácico y el Terciario basada en el Ordovícico.

El Sistema Ordovícico: el Sistema Ordovícico de esta región no se desarrolla dentro del área estudiada sino en el este, el oeste y el sur del área ampliamente. La litofacies consta de pizarra y arenisca estratificadas y de la alternancia de las ambas, y la pizarra ocupa principalmente la parte superior de este sistema la cual se nombra el mienbro de Peña Azul. En la parte inferior se observa la alternancia de arenisca y pizarra y se nombra el mienbro de Peña Blanca. Este sistema tiene más de 1,500 m de espesor, pero no intercala roca piroclástica y conglomerado, y es de sedimentos del simple tipo eugeosinclinal típico. Este sistema tiene una relación en falla y discordancia inclinada con el Cretácico de la parte superior, y relación de discordancia inclinada con el Terciario de más arriba salvo una parte del interior de mina.

El Cretácico: el Cretácico en Bolivia se desarrolla en las áreas difundidas de grupo paleozoico formando el geosinclinal estrecho y largo. El Cretácico de esta región no se desarrolla dentro del área estudiada, pero se difunde en pequeña escala limitando con el Ordovícico al este y el oeste del área estudiada. Este sistema consta principalmente de la litofacies de arenisca roja, estratificada de la formación continental, pero tiene un estrato delgado de calizas intercalado en la parte superior. Se compara con la formación de El Molino de Bolivia por su litofacies y fósiles producidos, y tiene más de 650 m de espesor. Tiene relación de discordancia inclinada con el Terciario de arriba.

El Sistema Terciario: en el sistema Terciario de esta región se observan desde abajo arriba las formaciones Potoco, San Vicente, Quehue y rocas ígneas y piroclásticas. Todas estas son de la formación continental y tienen relación de discordancia entre ellas. La mayoría de la presente área investigada está cubierta de varias clases de rocas volcánicas.

La formación de Potoco es de formación continental constadas de arenisca gris-rojiza y limo estratificados que están difundidos en escala pequeña proxima al oeste del área estudiada. Tiene menos concreción que arenisca roja del estrato de El Molino de la parte interior, y se considera que tienen relación de discordancia paralela entre los ambos.

La formación de San Vicente consta de arenisca roja tobácea y arenisca que indican poca estratificación, difundidas en escala pequeña próximas al oeste del área estudiada, y con conglomerado básico tiene relación de discordancia con el potoco inferior. Por los fósiles sacados en esta formación se comparan con la formación de San Vicente de forma

maciza sin estratificación de la localidad típica.

La formación de Ouehua es de rocas piroclásticas de muchas litofacies que se difunden ampliamente rodeando el área estudiada. Estas son rocas muy blandas y tobáceas sin acción de diagénesis excepto el estrato delgado de arenisca roja con forma de lentes intercalado parcialmente. Sin embargo, en las litofacies se observan toba lapilli de pumita, toba pumicea, toba lapilli, y toba pisolita.

Las rocas ígneas y piroclásticas son una serie de dacita con hornblenda y biotita desarrolladas ampliamente por la mina Animas. La mineralización y la alteración se observan solamente en el área de distribución de estas rocas, e indica que estas actividades volcánicas ácidas tienen relación estrecha con la formación de yacimiento igual que otras zonas mineralizadas principales polimetálicas en Bolivia. En la roca ígnea se observa la facies intrusiva parcialmente compacta y dura que tiene diacrasa columnar, pero, consta mayormente de la facies de lava que indica la estructura fluida y la autobrechasa, y se reconocen dos actividades. La lava de la primera actividad se nombra lava dacítica de Amínas, y la lava de la segunda lava dacítica de Cerro Khumullani. Con estas dos actividades volcánicas, se desarrollan varias unidades de rocas piroclásticas dacíticas parcialmente alrededor de lavas. Estas rocas contienen cantidades de biotita, hornblenda, cristal de cuarzo o pedazo de cristal de cuarzo, y por sus litofacies, lugares de distribución y diferencia del horizonte, se nombran toba de Inocentes, toba lapilli de Rancho Candelaria, toba brecha de Gran Chocaya, toba de Cerro Negro Pozo y toba de Rancho Lupijara. Después de realizar la prueba de edad por método de Potasio Argón, la serie de actividades ígneas cae en la última etapa del Mioceno como el período geológico.

3-2. Geología Estructural

La geología estructural de esta región, como resultado de plegamiento y movimiento de falla, se reflejan claramente en el sistema Ordovício y Cretácico. Pero, cada capa posterior al Sistema Terciario es casi horizontal y no ha recibido ningún movimiento tectónico salvo la existencia de fallas pequeñas dentro de una área de distribución de rocas ígneas.

Las capas anteriores al Cretácico, después de haber recibido los movimientos orogénicos de Variscan, Nevada y Alpes, demuestra una estructura plegada violenta. La dirección de su eje de pliegue es diversa en cada área bloqueada por falla. Pero, en la extensión de 20 km a los lados este y oeste de la mina Animas la dirección de 20 km a los lados este y oeste de la mina Animas la dirección NO-SE y enseña pliegue isoclinal menor de unos cientos metros de la longitud de onda estable, sobre todo, en las zonas mineralizadas.

En cuanto a los movimientos de pliegue, las fallas de las direcciones Norte-Sur, NE-SO u Oeste-Este se observan próximas al área estudiada, pero, están cubiertas del Terciario dentro del área estudiada de modo que no se sabe bien de los detalles.

Sí se observa ampliamente el movimiento de falla, sin embargo, por el oeste de esta región pasa la falla de San Vicente del norte al sur que es una de las más grandes y que forma el esqueleto de los Andes Orientales, por lo cual se supone que esta área también esté controlada básicamente por la falla de la dirección Norte-Sur.

3-3. Yacimientos

El área investigada forma la parte central de la inmensa zona mineralizada polimetálica que se sitúa al extremo oriental del sistema montañoso de los Andes Orientales ubicado al suroeste de la República de

Tabla I -1 Lista de las vetas de mina Animas-Siete Suyos

Veta	Rumbo	Buzamiento	Longitud(m)	Plomedio de Ancho de Veta(cm)
Rosario	N50°E	80°N	1,450	21
San Juan	N55°E	80°N	550	31
Colorada	N45°E	75°S	2,000	17
Inca	N30°E	50°N	400	22
Inca I	N45°E	80°N	750	50
Judios	N40°E	70°N	150	33
Rafael	N50°E	80°S	250	59
Animas	N40°E	80°S	250	37
Dejada	N50°E	85°S	100	25
Esperanza	N60°E	80°S	250	22
San Patrico	N60°E	70°S	400	11
Salvadora	N50°E	70°S	300	24
Arturo	N50°E	65°S	600	16
Nueva	N55°E	70°S	700	31
Chorro	N50°E	65°S	300	
Burton	N50°E	80°S	1,500	25
Inca II	N40°E	80°S	550	14
Inca III	N50°E	65°S	300	
Inca IV	N40°E	70°S	150	10
Inca V	N80°E	70°S	250	
Inca VI	N50°E	75°S	250	29
Inca VII	N45°E	65°S	100	10
A	N55°E	70°S	40	25
B	N45°E	70°S	150	15
C	N55°E	70°S	250	19
D	N60°E	75°S	150	17
E	N60°E	85°N	100	9
F	N45°E	80°N	150	12
G	N50°E	50°N	150	18
H	N40°E	80°N	350	50
I	N40°E	80°S	100	30
J	N35°E	70°N	150	35
K	N70°E	70°N	200	29
M	N50°E	70°S	100	19

Bolivia, y que se prolonga del norte al sur. Cerca de esta área ya están observadas muchas minas explotadas y partes mineralizadas. Se interpreta que estos yacimientos tienen una relación estrecha con las actividades ígneas de las dacitas Terciarias en sentido de causas formativas. La mina Chocaya tiene una historia larga desde que se explotó en la época de la colonización española. Alrededor de la mina Animas, se ubica la mina Siete Suyos a la prolongación del noroeste de ésta, y al suroeste se queda la mina Gran Chocaya en explotación. La escala de la zona mineralizada es de unos 6 km a la prolongación del rumbo NE-SO y de unos 3 km a la dirección cruzada con ésta en ángulo recto. Y está explotada hasta 780 m bajo la superficie de la tierra, pero todavía la mineralización sigue siendo buena. Este yacimiento tiene Veta Colorada, Veta Burton y Veta Rosario que tienen más de 1.0 km de rumbo aparte de otras innumerables vetas paralelas grandes y pequeñas, de modo que es un yacimiento polimetálico donde plata, estaño, plomo y zinc se consideran como objetos de minería. Por consiguiente, los minerales metálicos producidos, sus clases, sus combinaciones y textura de mineral son complicados y diversos, por lo cual el aclararlos es muy importante aumentar el valor económico de minerales.

Estas vetas están encajonadas en dacita y rocas piroclásticas dacíticas del Terciario y en el Ordovícico. Las bonanzas de las vetas ya conocidas tienen a existir en el Ordovícico que sirve de base para estas.

Esta mina tiene, gran escala, además alta ley de plata y estaño dentro de los minerales, y gran economía, de modo que se espera que el desarrollo de esta mina contribuya mucho al de la Empresa Minera de Quechisla y esta región.

CAPITULO 4 CONCLUSION Y PERSPECTIVA FUTURA

4-1. Conclusiones

4-1-1. Investigación geológica en el interior de mina

Se realizó para este año la investigación geológica detallada con enfoque al yacimiento de Animas a fin de esclarecer sus características geológicas que dieron vida al mencionado yacimiento de mineral. También, se efectuó, junto con la investigación geológica, coleccionar numerosos de minerales y rocas para hacer varias clases del estudio en el laboratorio. Como resultado de la interpretación global de los datos obtenidos, han sido puestos en claro los siguientes puntos:

- (1) Los sistemas de fisuras en que encajonados los yacimientos, han sido formados por una serie de compresión lateral tectónica, de la dirección del noreste a suroeste, y están armónicas con la estructura geológica del contorno.
- (2) Por conveniencia de su estudio, el yacimiento de Animas fué subdividido en las 5 zonas según la diferencia de la ley, combinación y correlación de los elementos metálicos contenidos. Entre todas las vetas que se reconocen dentro de dicho yacimiento, la veta que tiene la mayor economía y que produce los minerales del valor más alto es la veta Burton. La veta Burton tiene la escala más grande y el valor económico más alto.
- (3) Existe una tendencia para indicar que tanto el límite inferior como la bonanza de cada una de las vetas estarían alcanzando a las partes profundas al sureste del noroeste.
- (4) Los estudios detenidos efectuados sobre el paragenesis de mineral y también inclusiones fluidas, etc., nos revelan que aún a nivele 780 las vetas Burton e Inca VI no presenta ningún indicio que indique el límite inferior de sus vetas.

(5) Las vetas Burton e Inca VI tienen cada una, por lo menos, más de una bonanza y tales las bonanzas tendrían su continuidad casi vertical al fondo.

(6) Por lo anterior, las exploraciones en el interior mina deberán limitarse sólo a comprobar (a) la parte inferior de las bonanzas económica de veta Burton y veta Inca VI, etc. (b) la existencia de otras bonanzas en la parte prolongada de las bonanzas estrechadas.

(7) Las exploraciones que se realizarán fuera del socavon deben concentrarse sólo a comprobar (a) la existencia de otras bonanzas en la parte prolongada al sureste de las bonanzas de veta Burton y veta Inca VI (b) la existencia de las vetas paralelas posibles en la parte al sur de la veta Inca VI.

(8) Dentro de los minerales que tienen plata de altísima ley, no se reconocen minerales de plata con una frecuencia proporcional a esa ley analizada. Por lo tanto, se estima que sería bastante alta la posibilidad de poder descubrir en lo posterior los minerales de sulfurosales con plata. En tal sentido, será muy importante tratar de esclarecer unas particularidades sobre el tratamiento de los minerales, y de obtener buen porcentaje de su recuperación.

(9) Se considera que el estudio de las inclusiones flúidas es efectivo para presumir las temperaturas metalogénica y las direcciones de movimiento de solución mineral en los yacimientos de tipo veta que existen dentro del país.

4-1-2. Prospección geofísica (I.P.)

Se realizaron los trabajos de prospección geofísica del presente año dando importancia a confirmar (a) unas vetas nuevas en la parte prolongada al este y oeste de la veta Nueva de Inocentes que queda al suroeste de la mina Animas (b) algunas vetas paralelas nuevas de veta Animas (c) algunas vetas nuevas paralelas al sureste de veta Inca VI del yacimiento de Animas.

A base de la prospección geofísica, se reconocen las 6 zonas de

anomalía, Zona I ~ Zona VI, de las cuales se obtuvieron las siguientes conclusiones, en consideración a que se causa baja resistividad - alto FE de la existencia de un yacimiento.

(1) Zona I de anomalías IP:

Se reconocen las anomalías FE tanto en la parte somera como en la parte profunda del subsuelo, pero todas estas anomalías FE se localizan dentro de la zona de alta resistividad.

Por lo anterior, se estimó la existencia de una zona de mineralización/ alteración en dacita.

(2) Zona II de anomalías IP:

Se trata de anomalías IP de menor magnitud reconocidas en la parte somera del subsuelo. Esta zona fué interpretada en la misma forma que (1) anterior.

(3) Zona III de anomalías IP:

Son anomalías IP que se reconocen en la parte relativamente somera del subsuelo en compañía de una zona de baja resistividad bien marcada. Por lo expuesto, se interpretó que ésta se causa de la zona de mineralización/ alteración de la veta Rosario.

(4) Zona IV de anomalías IP:

Se trata de anomalías IP que se reconocen en la parte profunda del subsuelo. Esta zona tiene acompañada de una zona de baja resistividad que va continuando en forma intermitente.

Esta zona se ubica justamente en la parte prolongada a lo largo del rumbo de la veta Burton, y por la forma en que se van ensanchando las anomalías FE, se presume que estaría también distribuída ampliamente una zona de alteración. Se trata de una zona prometedora donde se espera la existencia de algún yacimiento y zonas mineralizadas.

(5) Zona V de anomalías IP:

Son anomalías IP que se reconocen en la parte profunda del subsuelo. Esta zona se extiende alargadamente hacia el suroeste, a partir de los puntos No.2 ~ No.3 de la línea G hasta los puntos No.5 ~ No.6 de la línea L. Esta zona está ubicada al lado sur de las vetas Nueva e Inocentes, en la que se espera la existencia del yacimiento y zonas de mineralización/ alteración.

(6) Zona VI de anomalía IP:

Se trata de fuertes anomalías en el profundo del subsuelo que se reconocen a partir de las cercanías de los puntos No.7 ~ No.8 de la línea O hacia el lado suroeste. En vista de que esta zona está ubicada al extremo suroeste de la línea de medición, se desconoce de sus aspectos generales.

4-1-3. Obras de sondeo

Los estudios geológicos del primer año, en particular, los estudios de muestras por difracción de ray-X nos habían revelado ya la existencia de la zona de fuerte alteración en el área que comprende el yacimiento de Animas como su centro. Y, en la mina Inocentes que se localiza en la parte prolongada al suroeste de la presente zona de fuerte alteración, se estaba explorando veta Nueva que es principal, en Nivel 132.

La veta Nueva está variable de su ancho, sin embargo, rica de plomo, cinc y plata, por lo tanto se realizó los trabajos de sondeo por comprobar el estado de la mineralización en la parte profunda de la veta.

Por tal motivo, se elaboró el plan de sondeo a propósito de lograr dicho objetivo y fué puesto por obra.

En total, se hicieron 2 taladros, MJ-1 (Longitud perforada: 401.05 mts) y MJ-2 (Longitud perforada: 401.20 mts), con una longitud total perforada de 802.25 mts.

Para cada pozo, se realizaron el examen de testigos, observación por

microscopio y también análisis por difracción de ray-X, para luego someter resultados obtenidos a la tarea de interpretación global, y así llegando finalmente a la siguiente conclusión:

(1) Con los sondeos MJ-1 y MJ-2 no se ha podido localizar ninguna veta suficientemente poderosa para que valga la pena de hacer un trabajo de exploración.

(2) Tanto la mineralización de la veta Nueva como el sistema de fisura, no están alcanzando hasta la parte donde se efectuó el sondeo MJ-1.

(3) El sondeo MJ-2 confirmó una débil mineralización que se atribuye a la veta Nueva. No obstante, tomándose en cuenta el estado de mineralización prominente que se reconoce en el área periférica y también los resultados de la interpretación global de las informaciones obtenidas por la prospección geofísica realizada, se considera que aún quedan unos lugares todavía para estudiar de nuevo sobre la materia.

(4) Los minerales que se reconoció en el sondeo MJ-1 se componen principalmente de siderita, además de calcopirita de accesoria, por lo tanto parece que la mineralización está diferente de veta Nueva.

(5) La paragenesis de minerales del sondeo MJ-2 es similar a la de la veta Nueva. Se considera que ambas pertenecerían al mismo tipo de mineralización.

(6) Se observa que la clase, combinación y composición mineral de los minerales de mena que se reconocen en los dos sondeos, MJ-1 y MJ-2, son extremadamente simples en comparación con las del yacimiento de Animas. Así que, se considera que el carácter de la mineralización es bastante diferente de la del yacimiento de Animas.

(7) La zona de alteración que se reconoció en ambos sondeos, MJ-1 y MJ-2, globalmente una zona de plagioclase calcita mezcladas aunque acompaña parcialmente caolinita. Así que, se considera que la alteración indica una parte extrema de la zona de alteración que se causó de alguna mineralización.

4-2. Opinión sobre la exploración en el futuro.

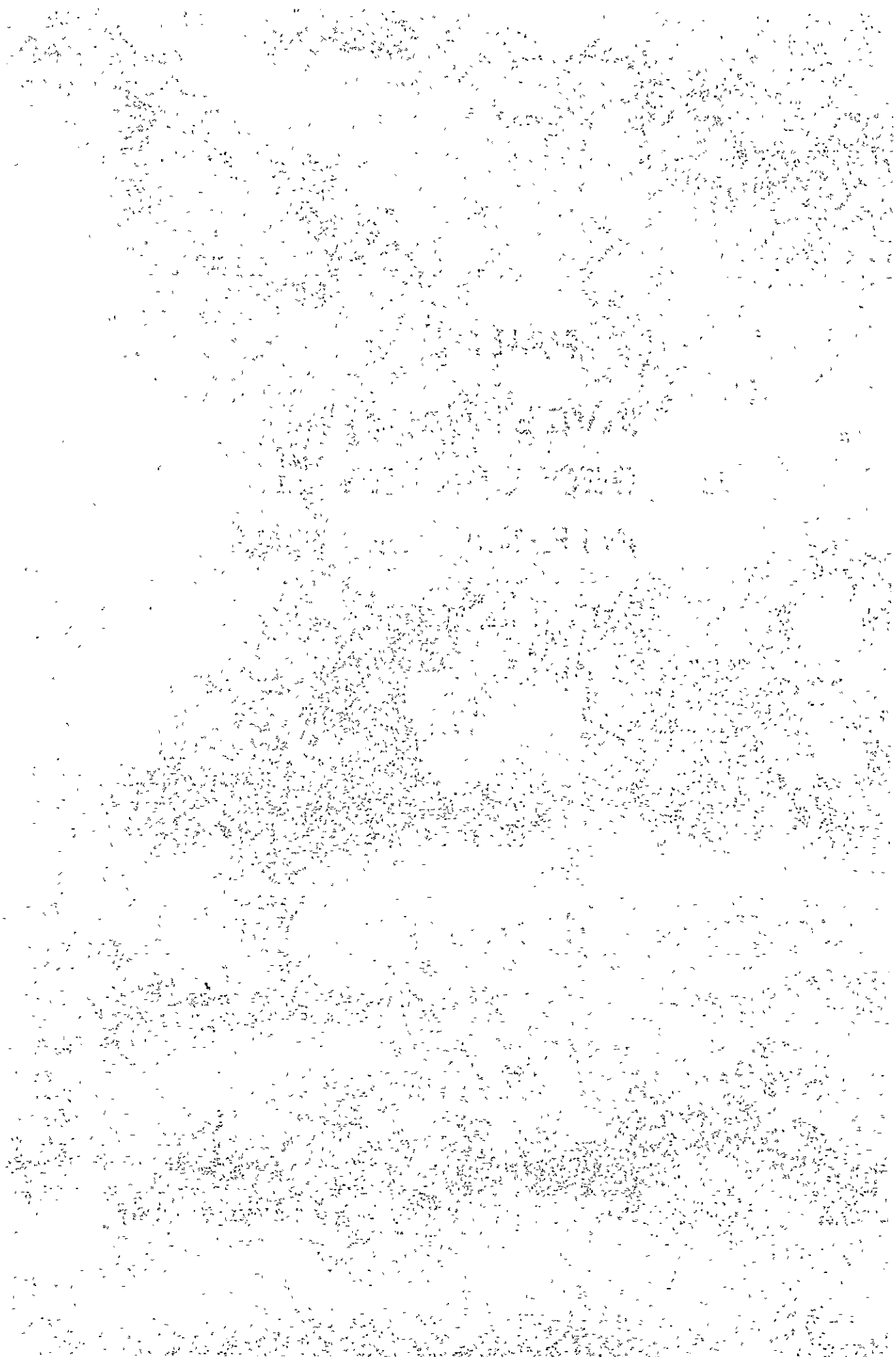
Las áreas donde se deben realizar los trabajos de exploración, sus métodos, así como problemas que se deben tomar en cuenta, son los siguientes:

- (1) Exploración por sondeo para el área que se ubica entre las líneas de medición, de F a I, de la zona IV de anomalías IP.
- (2) Exploración por sondeo para el área que se ubica entre las líneas de medición, de G a L, de la zona V de anomalías IP.
- (3) Para las zonas de anomalías IP, la zona I y zona VI, es recomendable ampliar sus líneas de medición a fin de verificar situación exacta de estas zonas.
- (4) Exploración por sondeo para comprobar la zona de alteración que se reconoció a través de los estudios del primer año y que queda cerca de Gran Chocaya.
- (5) Los estudios para esclarecer el estado real de existencia de plata y unas particularidades sobre el tratamiento del mineral, así como para mejorar su recuperación, en consideración a aumentar el valor económico de los minerales a explotarse.

DESCRIPCION DETALLADA

... ..

PARTE I
INVESTIGACION
GEOLOGICA EN EL
INTERIOR DE MINA



CONTENIDO

PARTE I INVESTIGACION GEOLOGICA EN EL INTERIOR DE MINA

CAPITULO 1	GEOLOGICA EN EL INTERIOR DE MINA	I - 5
1-1	Geología	I - 5
1-2	Geología estructural	I - 7
CAPITULO 2	YACIMIENTOS	I - 9
2-1	Reseña sobre los yacimientos	I - 9
2-2	Sistema de fisuras	I - 11
2-3	Mineralización	I - 15
2-4	Ley de mineral	I - 21
2-5	Inclusión fluida	I - 31
CAPITULO 3	CONCLUSION	I - 39
3-1	Geología	I - 39
3-2	Interpretación de sistema de fisuras	I - 40
3-3	Distribución de ley de mineral	I - 41
3-4	Ley de mineral	I - 42
3-5	Mineral	I - 43
3-6	Inclusión fluida	I - 44
3-7	Mineralización	I - 45
	Bibliografía	I - 47

LISTA DE FIGURAS

Fig. I-1	Plano general del área de investigación
Fig. I-2	Plano de alcance del área de investigación
Fig. I-3	Sistema de transporte de minerales en sección Animas-Siete Suyos
Fig. I-4	Columna geológica
Fig. I-5	Perfil idealizado
Fig. I-6	Modelo de vetas
Fig. I-7	Modelo de fisuras
Fig. I-8-1	Dibujo de vetas
Fig. I-8-2	Dibujo de vetas
Fig. I-9	Zona de elementos metalicos principales
Fig. I-10	Secuencia de minerales principales idealizados
Fig. I-11	Mapa de distribución de ley Ag de veta Burton y veta Inca VI
Fig. I-12	Mapa de distribución de ley de Cu, Pb, Zn, Sn de veta Burton
Fig. I-13	Mapa de distribución de ley de Cu, Pb Zn, Sn de veta Inca VI
Fig. I-14	Alcance de temperatura de homogenización

LISTA DE TABLAS

Tabla I-1	Lista de las vetas de mina Animas-Siete Suyos
Tabla I-2	Lista de los minerales por observación microscopica de sección pulida
Tabla I-3	Salinidad de incusión de muestra F-1 de veta Rosario
Tabla I-4	Ley de promedio de elementos metalicos principales
Tabla I-5	Correlaciones elementos metalicos principales

LISTA DE PLANOS

Pl. I-1	Mapa geológico del interior mina Animas-Siete suyos (Ni 302)	1 : 5,000
Pl. I-2	Mapa geológico del interior mina Animas-Siete Suyos (Ni 510,545,716,661)	1 : 5,000
Pl. I-3	Mapa geológico del interior mina Animas-Inocentes (Ni 700,740,780, Ni 132)	1 : 5,000
Pl. I-4	Perfiles geológicos del interior mina Animas-Siete Suyos	1 : 5,000
Pl. I-5-1	Mapa geológico del interior mina Animas-Siete Suyos (Ni 302-1)	1 : 2,000
Pl. I-5-2	Mapa geológico del interior mina Animas-Siete Suyos (Ni 302-2)	1 : 2,000
Pl. I-6	Mapa geológico del interior mina Siete Suyos (Ni 510)	1 : 2,000
Pl. I-7	Mapa geológico del interior mina Anima (Ni 545)	1 : 2,000
Pl. I-8	Mapa geológico del interior mina Animas (Ni 617)	1 : 2,000
Pl. I-9	Mapa geológico del interior mina Animas (Ni 661)	1 : 2,000
Pl. I-10	Mapa geológico del interior mina Animas (Ni 700)	1 : 2,000
Pl. I-11	Mapa geológico del interior mina Animas (Ni 740)	1 : 2,000
Pl. I-12	Mapa geológico del interior mina Animas (Ni 780)	1 : 2,000
Pl. I-13	Mapa geológico del interior mina Inocentes (Ni 132)	1 : 2,000
Pl. I-14	Mapa de ubicación de muestreo	1 : 5,000

APENDICE

A I-1	Lista de muestras
A I-2	Lista de análisis de los minerales
A I-3	Resultado de observación microscópica de sección pulidas
A I-4	Fotografías microscópicas de sección pulida y de EPMA
A I-5	Resultado de observación microscópica de sección delgadas
A I-6	Fotografías microscópicas de sección delgadas
A I-7	Fotografías

CAPITULO 1 GEOLOGIA INTERIOR DE MINA

1-1. Geología

Toda la zona de investigación está cubierta de lava de dacita o su facies de roca intrusiva. Las rocas que forman la roca madre del yacimiento interior de mina son pizarra y arenisca del sistema Ordovícico que componen la base y su alternancia, y toba brecha, toba lapilli, toba y dacita de sistema Terciario las cuales confinan con la parte superior de las rocas indicadas en falla o discordancia en una parte.

En el sistema Ordovícico alternan pizarra negra y arenisca gris de grano fino en aproximadamente 10 cm en promedio de espesura, y se encuentran textura bandeada y laminosa, y también se presentan exfoliación clara. Así también en la parte de arenisca se observan estructura de desmoronamiento lindo en todas partes. Esta roca está en acción de diagénesis y dura, pero no recibe metamorfismo termal y de fuerza, sólo la parte que confina con la veta recibe silicificación.

Rocas piroclásticas del sistema Terciario están todas relacionadas con la actividad de Animas dacita que a continuación se describen, y incluyen cristal de dacita y sus fragmentos de gran cantidad, y son rocas piroclásticas dacíticas que incluyen comúnmente cristal y fragmentos de biotita y hornblenda. Estas rocas piroclásticas se correlacionan horizontalmente a toba lapilli de Rancho Candelaria. Según una consecuencia de blanqueamiento y alteración, estas rocas presentan color de blanco grisáceo a blanco y especialmente la parte de toba en donde se acompañó con silicificación se encuentra difícil distinguir de dacita. Investigando detalladamente, sin embargo, dentro de toba se pueden observar fragmentos de arenisca y pizarra los cuales son roca de base blanqueada perfecta de diámetro de unos mm. Dentro de estas rocas los fragmentos accidentales son principalmente

pizarra y arenisca gris del sistema Ordovícico y arenisca roja subangular después de Cretácico, La cantidad y el tamaño de los fragmentos accidentales son diversos y no se presentan una regularidad, pero se puede observar gradición débil en la dirección vertical y horizontal en una parte. Estas rocas son de forma macizo sin estratificación y las relaciones detalladas entre cada litofacies no están claros, pero se suponen que están de relación gradual.

La toba brecha que confina con el sistema Ordovícico en falla incluye fragmentos y pedazo grande de arenisca y pizarra del base de diversos diámetros hasta 2m en máximo especialmente en el nivel 302 de recorte hacia Inocentes y presenta litofacies peculiar.

Animas dacita presenta una distribución en forma de oval que incluye eje largo en dirección noroeste-sudeste alrededor del cuadro Rene en nivel 302, y presenta roca de facies intrusiva en estado minucio y duro, pero la parte central de intrusión o erupción no está claro.

Como consecuencia de blanqueamiento y alteración fuertes, la facies litológica presenta el color blanco grisáceo a blanco con diseminación de pirita fina, y en la parte cercana de la veta, se encuentra el efecto de silicificación fuerte. Como conclusión de lo anteriormente descrito, los minerales de color excepto fenocristal cuarcífero fresco menos de 3 mm se blanquean, y en la parte de matriz sericitización y silicificación están en progreso. La relación con roca piroclástica que se encuentran en su alrededor, se muestra la intrusión con un límite vertical evidente de toba brecha en la parte nordeste, y la relación con roca piroclástica de la parte sudoeste está gradual, y se puede conjeturar que esta dacita sería el cuerpo de rocas cerca de domo de lavas o poro de erupción de lavas de intrusión en una parte y de lavas en otra parte.

1-2. Estructura geológica

La estructura geológica interior de mina está reflejada del sistema Ordovícico menos de nivel 302. La sección de estratificación que se puede observar raramente en la roca piroclástica del Terciario generalmente está casi horizontal, y el resultado de la investigación geológica al aire libre se presenta similar al dicho resultado, y se encuentran que esta zona no ha tenido apenas el efecto de movimiento tectónico.

La estructura plegada es común en el sistema Ordovícico, pero la dirección prominente del eje plegado es noroeste-sudeste, y su longitud de onda es menos de unos cientos metros, y se presenta pliegue de misma inclinación y la sección del eje está casi vertical. Se observan esta estructura plegada en algunas partes excepto en la dirección noroeste-sudeste, pero todas se puede restinguir en parte especial donde está dividido en partes pequeñas por actividad de fallas. (Marten nordeste de Veta Colorada, nivel 510, cerca de nivel 545, Cuadro carlos, etc.). También se puede observar una estructura plegada de una inclinación muy suave en la dirección de cruzarlo rectangularmente a este eje principal de pliegue, pero sobre el detalle no está claro.

Se observan las fallas en todas partes, y sus tamaños son también diversos, todas son fallas normales a excepción de fallas verticales y no se puede observar fallas inversas. Sus rumbos son noroeste-sudeste, noreste-suroeste, este-oeste y sur-norte, pero dentro de ellos se encuentran el sistema de sur-norte muy raro y existen fallas de otros tres sistemas con frecuencia semejantes. Sin embargo, dentro de ellas las fallas regulares que tienen dislocación grande con zona fracturada de falla son principalmente las que distinguen el sistema Ordovícico del Terciario, y se las encuentran en todas zonas de nivel 302, y sus rumbos son noroeste-sudeste, noreste-suroeste, este-oeste, y no se encuentran el rumbo específico

prenominante. Sin embargo, en la galería principal de transporte hacia noroeste en el sistema Ordovícico de nivel 302, se nota evidentemente la falla con zona fracturada del sistema de dirección noroeste-sureste, y se puede decir que en la zona de trabajo las fallas paralelas al eje principal de pliegue estuvieran predominantes.

Sobre la discolocación de fallas, Falla Basofia donde queda noroeste de Veta Rafael sólo se encuentran alrededor de 80m en dirección vertical entre los sistemas Ordovícico y Terciario, y alrededor de 50m en dirección horizontal en el nivel 700 de Veta Inca VI de dislocación por galería. Sin embargo, a excepción de la falla que existe entre los sistemas Ordovícico y Terciario, se suponen que son fallas en escala pequeña por su continuidad y escala de dislocación muy pequeñas.

Además, las relaciones de movimiento dislocado con período de mineralización son diversos como falla cortada por veta, falla con mineralización, y falla que corta la veta, y muestran claramente la existencia de fallas del período de premineralización y posmineralización.

CAPITULO 2 YACIMIENTOS

2-1. Resumen sobre los yacimientos

Este yacimiento es yacimiento xenothermal del tipo de veta formada bien relacionada con el actividad de Animas dacita, y la formación de su fractura se explicó como por el esfuerzo de la dirección Noreste-Suroeste en la dirección cruzarlo rectangularmente al eje principal de pliegue del sistema Ordovícico que forma el base de este área. Los minerales para explotar son como plata, estano, plomo, cinc, y cobre. Las clases y combinaciones de los minerales producidos son diversos, además de esto, la complejidad de la formación de minerales es característica de este yacimiento.

La roca madre del yacimiento se compone del sistema Ordovícico en la parte inferior y en la parte superior del Terciario, sin embargo la condición del yacimiento muestra la tendencia de predominación en el sistema Ordovícico. El rumbo del yacimiento es casi noreste-suroeste, pero sobre la inclinación existen dos sistemas que inclinan a noroeste y sureste, y cada uno está formado por muchas vetas paralelas.

El tamaño de la veta llega a casi 2,000 m de prolongación del rumbo en Veta Colorada como la máxima, y en el rumbo de inclinación Veta Burton y Veta Inca VI están explotadas hasta 780 m bajo el superficie de la tierra. La condición de veta esta todavía predominante. Se puede observar la diferencia evidente en el ancho de la veta según las vetas, aun en una veta misma el cambio de ancho y la variación se encuentran grandes, el ancho máximo llega a mas de 2 m. El tamaño de las vetas principales, y los minerales componentes, etc. se indican en la lista de vetas.

La veta principal para explotar en el Yacimiento Animas es Veta Burton, y de esta veta se produce más de 90% de toda cantidad producida, se reconoce esta veta como la veta principal en este yacimiento así en nombre

como en realidad por su cantidad de producción, tamaño y ley de minerales.

En la superficie de la tierra, se dispersan zona blanqueada y alterada de gran tamaño, minas abandonadas innumerables, y señales de zanjas, alrededor de la zona en donde existe veta, pero no se puede encontrar el afloramiento normal de veta, así que se encuentra este yacimiento como el yacimiento sin afloramientos.

La sección Inocentes, la cual existe en la prolongación suroeste del yacimiento Animas, está explorada de galería sólo en nivel 302. Hasta el momento del diciembre de 1980, la exploración de galería está interrumpido por estar timoneando el cuadro para la ventilación.

El trabajo de exploración del yacimiento Animas es sólo la perforación de recorte hacia Inocentes y su cantidad de operación es 30m/mes.

La investigación geológica de este año se presentó principalmente la investigación concertada dentro de galería, y se realizó el trabajo de investigación siguiente y se estudió analizando cada uno con el objeto de analizar el sistema de fisuras que encajona la veta, adquirir la forma de la veta, la clase de minerales y sus combinaciones y conjunto, su cambio hacia la parte inferior, su cambio de ley de minerales según la dirección horizontal y vertical, y la característica de la mineralización.

Investigación detallada geológica interior

de mina (prolongación de galería) 26 km

Análisis de minerales

(componentes analíticos Cu, Pb, Zn, Sn,

y utilizo el estado de análisis Ag

de datos de la Mina) 510

Formación de sección pulida de mineral 75

Formación de sección delgada de roca 20

Experimento de fluido inclusión 7

2-2. Sistema de fisura

El presente yacimiento se compone de una multitud de vetas paralelas de rumbo NE-SO: Sobre el sistema de fisura en que están emplazadas estas vetas paralelas, se realizó un estudio tentativo para esclarecer sus mecanismos de formación a fin de determinar la relación que exista entre los resultados así obtenidos y la estructura geológica del área.

Según lo que se ha podido establecer en base a los resultados del investigación geológico detallado, las principales fisuras que dan albergue a las vetas del yacimiento están integradas por una serie de combinación compuesta de las fisuras de cizallamiento y las de tensión, todas éstas de formación primaria.

Los rasgos distintivos de la fisura de cizallamiento son aquellos fenómenos que por lo general ésta presenta alguna transposición horizontal en ambos lados de roca y también buena continuidad de sí misma pero su forma es de lente con abundante variación de su ancho, además, con presencia de arcilla en el plano de resbalamiento, etc.

Por otro lado, la fisura de tensión presenta sus características de que en ambos lados de roca no se observa aquella transposición horizontal, siendo de menor escala su longitud rumbo pero de un ancho relativamente grande sin presencia de arcilla ni guijas de roca de madre en su plano de resbalamiento. Los resultados de la investigación geológica nos dan cuenta de que cada una de las vetas, cuando se las comparó con sus respectivas fisuras de cizallamiento y también de tensión, han demostrado tener más o menos de modo general las características antes mencionadas.

Sin embargo, existen como hechos algunos casos de excepción a esta afirmación, pues se sabe que también en el interior de Animas se están desarrollando en paralelo a las fisuras de cizallamiento ciertas fisuras de tensión que ostentan su desfallecida continuidad.

También, hay caso en el que tanto la fisura de cizallamiento como la de tensión se encuentran en las etapas de transición, no habiendo forma de cómo distinguirlas una de la otra. Todo ésto parece estar indicando la coexistencia de las fisuras de formación secundaria junto a sus similares de la formación primaria. No obstante, todas las vetas principales se hallan emplazadas dentro de las fisuras de formación primaria, ya sean las de cizallamiento ya sean las de tensión, y se considera que las vetas emplazadas dentro de las fisuras de formación secundaria serían de menor importancia desde el punto de la vista económica.

A fin de tratar estadísticamente el sistema de fisuras y de efectuar una interpretación de sus mecanismos de formación, se hizo proyectar cada fisura sobre el hemisferio sur hecho al estilo Schmit Net y se elaboró así un plano isométrico de densidad, tal como indicado en la Figura I-6. Según el cual, el sistema de fisura se compone evidentemente del grupo de fisuras de $N50^{\circ}E/80^{\circ}SE$ (en adelante se llamará el grupo de buzamiento SE) y del grupo de fisuras de $N50^{\circ}E/75^{\circ}NO$ (en adelante se llamará el grupo de buzamiento NO).

Las vetas que se integran al grupo de buzamiento SE están representadas por veta Colorada, veta Burton, veta Inca de I a VI, etc. y la mayoría de las vetas del presente área de estudio pertenecen a este grupo. Por otro lado, las vetas principales del grupo de buzamiento NO están representadas por veta Rosario, veta San Juan, etc., y todas estas vetas presentan de un modo general una tendencia a su distribución despareja mayormente en el sector oeste del presente área de estudio.

En lo referente a la dirección de los principales esfuerzos que hicieron formar el presente sistema de fisura, ésta podría estimarse conforme a una pareja del plano de cizallamiento coaxial o en su defecto, según el sentido de "desviación". Tal como se observa en la Figura I-7, las vetas

1000

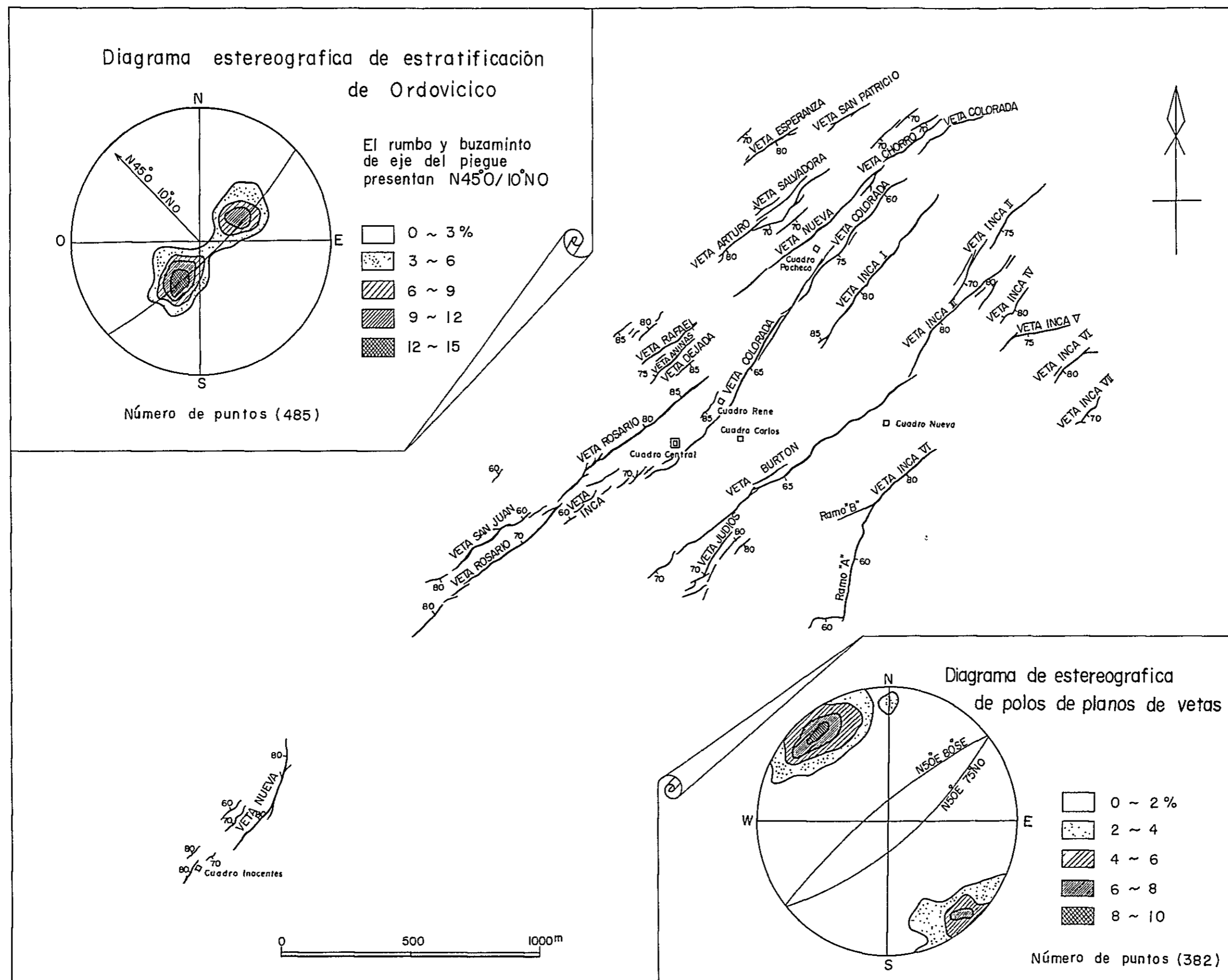


Fig I-6 Modelo de Vetos

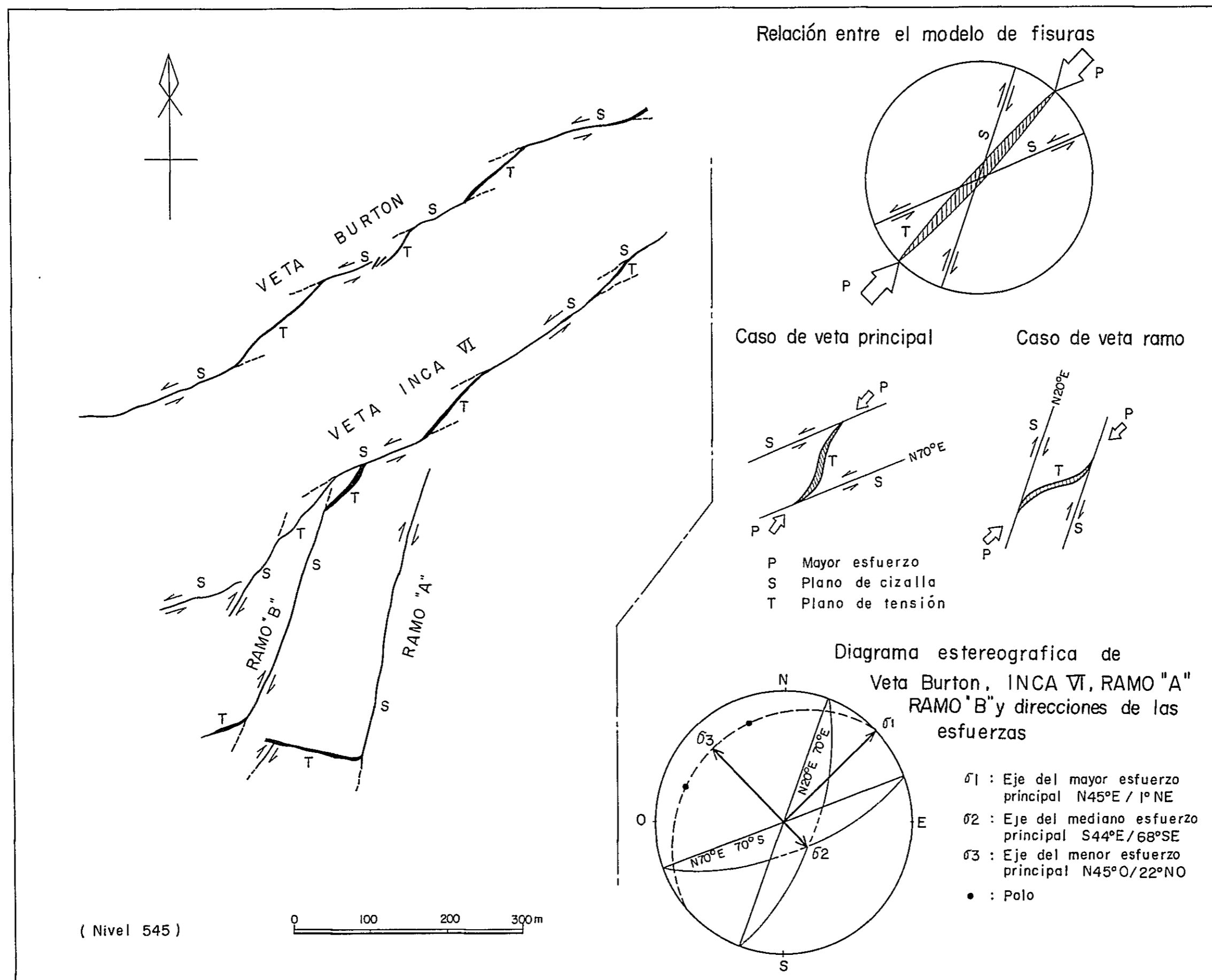


Fig. 1-7 Modelo de Fisuras

Burton é Inca VI (con buzamiento aproximado de N70°E/70°SE) y los ramoes "A" y "B" (con buzamiento aproximado de N20°E/70°SE) de la veta Inca VI constituirían, conforme al sentido de "desviación", el plano de cizallamiento coaxial. En base a ello, se obtienen tal como indicados en la Figura I-7: Eje máximo de principales esfuerzos $\delta_1 = N45^\circ E/1^\circ NE$, Eje intermedio de principales esfuerzos $\delta_2 = N44^\circ E/68^\circ SE$ y también Eje mínimo de principales esfuerzos $\delta_3 = N45^\circ O/22^\circ NO$, respectivamente. Se realizaron los mismos estudios para las demás vetas, obteniéndose los mismos resultados con respecto a la dirección de los principales esfuerzos, por lo que podría determinarse que la dirección a que trabajaron los principales esfuerzos en la presente zona de yacimiento, fué de $N45^\circ E$.

Por otra parte, el diagrama estereométrico Fig. I-6 (elaborado en 1980) destinado a la interpretación de la estructura geológica del Ordovícico ubicado en el área, nos indica que el eje de plegamiento del área es de dirección $N45^\circ O/10^\circ N$, asimismo, la dirección de los máximos esfuerzos principales que hicieron formar dicho sistema de pliegue es de $N45^\circ E$. Esta dirección concuerda plenamente con la dirección del eje de máximos esfuerzos principales que hicieron formar el sistema de fisura aquí tratado.

En base a los resultados ya expuestos de la interpretación, se presume que el sistema de fisura que prácticamente sirvió de escenario para el nacimiento del yacimiento habría tenido el siguiente proceso de formación. Que, después de haberse sedimentado la Formación Quehua, se entró en actividad afectando la presente área una serie de compresión lateral más o menos horizontal de dirección $N45^\circ E$ en ángulo recto al actual eje de plegamiento del Ordovícico. Como resultante de esta compresión lateral, fué formada cierta área de débil estructura geológica, así comenzándose dentro de la cual una serie de actividades volcánicas de dacita Animas.

Por otro lado, la compresión lateral seguía afectando al área y de

este modo fueron formadas una multitud de fisuras paralelas que se emplazan desde dentro de las rocas del Ordovícico hasta las dacita Animas.

Seguida de la actividad de dacita Animas, tuvo lugar la mineralización, la misma que hizo formar vetas dentro de las fisuras ya mencionadas. Luego, hubo una serie de actividades en que protagonizaron las dacitas de Cerro Khumullani. Hasta aquí la breve descripción sobre el proceso de formación que habría tenido lugar. Sin embargo, nos cabe mencionar que aparte de lo mencionado hay otra opinión algo muy distinta que fué formulada en ocasión de realizarse los estudios del primer año y, según la cual, las fisuras que pertenecen al grupo de buzamiento SE y también al grupo de buzamiento NO del yacimiento de mineral constituyen en su conjunto un par de fisuras de cizallamiento coaxial.

De tal manera que según esta forma de interpretación, los máximos esfuerzos principales deben tener una dirección más o menos vertical, por ende, hay que buscar la causa de tales esfuerzos en las rocas intrusivas. Aún en el caso en que se admite una suposición de que sí había intrusión ascendente de un cuerpo de roca más o menos redondo, en tal caso las fisuras que se forman a causa de esta intrusión deberían desarrollarse en forma de radiación y/o en forma circular a partir de ese cuerpo de roca como centro, por lo tanto, ninguna fisura podría desarrollarse dentro del cuerpo de roca intrusivo. Todas estas cosas son completamente contradictorias al fenómeno de fisura observable en el yacimiento de Animas y la opinión que busca la causa de la formación de tales fisuras en las rocas intrusivas podría catalogarse como inadmisibile por falta de fundamento.

En cuanto al problema de coexistencia entre las fisuras que pertenecen al grupo de buzamiento SE y NO, se hizo una deducción de que ello se debió a que las direcciones de los principales esfuerzos, intermedios y mínimos, en el campo del esfuerzo eran localmente algo distintas.

2-3. Mineralización

Los yacimientos del área de trabajo es de tipo de vetas compuesta de plata, estaño, plomo, cinc y cobre, y sus características son iguales que las de los yacimientos de tipo de polímetales en Bolivia, es decir, que hay muchas variedades de elemento y mineral producidos con sus combinaciones variadas y sus constituciones minerales y sistemas minerales son muy complicados. Esta característica se reconoce en la observación microscópica, y también se encuentra directa o indirectamente en el cambio precipitado de ley en las vetas mismas o vetas diferentes y como otra característica se puede mencionar la alteración blanqueada de roca madre ampliamente acompañada por mineralización.

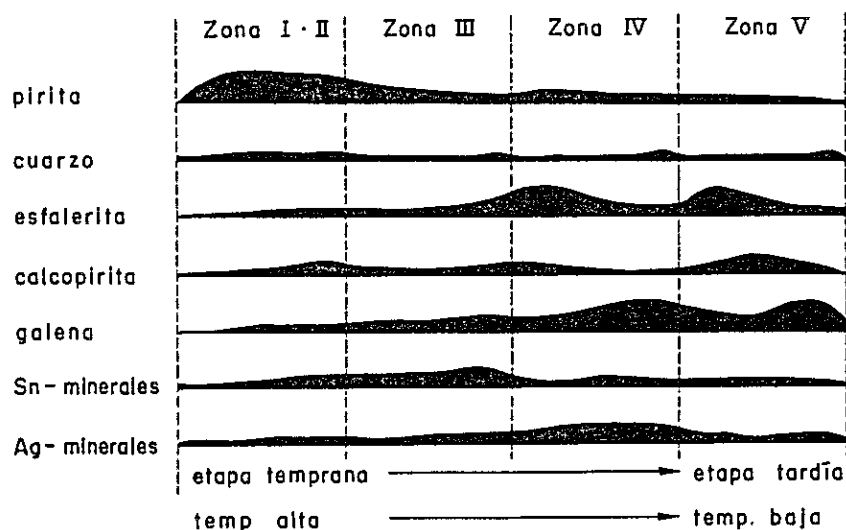


Fig. I - IO Secuencia de minerales principales idealizados

La forma de producto macroscópica de minerales son variadas tales como de cristal con grano poco fino, de polvo con grano fino, de bandas macizos, porosas, y compactos, y localmente se producen minerales de fragmentos. Las vetas son también tan variadas que se observan las vetas compuestas sólo de minerales, las acompañadas de ganga y arcilla, y las de la forma diseminada y de redes. Y también está dispersado el fenómeno de las vetas brandeadas principalmente compuestas de esfalerita formada anteriormente se veían cortadas claramente por pirita de la forma red formada posteriormente, lo cual sugiere diversidad de mineralización y de tiempos.

Roca madre ubicada cerca de vetas estos fuertemente alterada, por lo tanto sobre toda dacita de Animas del sistema Terciario y misma roca piroclástica llegaron a ser grisáceos o blancos. Y por la observación microscópica se reconoce silificada y convertido a arcilla y feldespato hornblenda, y biotita se convirtieron a sericita, clorita y minerales de carbonato. Comparando con el sistema Terciario en el sistema Ordovícico la alteración está débil y se muestra la existencia de alteración seleccionada por la diferencia de característica química y el físico de roca madre.



—

Tabla I-2 Lista de las minerales por observación microscópica de sección pulida

veta	Minerales principales					Minerales accesorios								Otros Minerales
	py	qz	sp	cp	gn	stan	cas	fc	canf	Ag-Pb	Ag-Bi	asp	po	
Rosario	•	•	•	•	•	•	•		•	•		•		rt, wurt, bi, bmt, ferb, Ag-Pg
San Juan	•	•		•		•	•				•	•		
Rafael	•					•	•				•	•		
Animas	•		•			•					•	•		fre
Colorada	•	•	•			•	•							
Inca	•	•		•		•					•	•		cv, Bi-SS
Inca I	•	•	•	•		•	•					•	•	Pb-Fe, Pb-Zn
Esperanza	•	•	•	•	•	•	•		•	•				Pb-Sn, Pb-Zn
San Patricio	•	•	•			•		•				•		jm
Arturo	•	•	•	•		•	•					•		jm, td, Pb-Fe, Pb-Zn
Animas	•		•			•					•	•		fre
Burton	•	•	•				•					•	•	jm, wurt
Inca II	•	•	•	•	•					•		•		gud, Ag-SS, Pb-Zn
Inca IV		•	•		•							•		
Inca VI	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		•	•	jm, bo, mar, ang, td, pr, zk, bl, Ag-Pg, Pg
Inca VII	•		•										•	mar
B	•	•	•				•					•		Pb-Zn, Pb-Fe, Pb-SS
C	•	•	•									•		
D	•	•	•		•									Pb-SS
G	•	•			•	•	•					•		rt
J	•		•		•	•								Pb-Zn

Símbolos

py : Pirita
qz : Cuarzo
sp : Esfalerita
cp : Calcopirita
gn : Galena
stan : Estannina
cas : Casiterita
fc : Franckeita
Canf : Canfieldita

Ag-Pb : Ag-Pb Sulfosale
Ag-Bi : Ag-Bi Sulfosale
asp : Arsenopirita
po : pirrotina
rt : Rutilo
wurt : Wurtzita
bi : Bismuto nativo
bmt : Bismutina

ferb : ferberita
cv : covellina
jm : Jamesonita
td : Tetrahedrita
fre : Freibergita
gud : Gudumndita
bo : Bournonita
mar : Marcasita
ang : Anglesita

zk : Cinquenita
bl : Boulangerita
pg : Plagionita
Ag-Pg : Ag-Plagionita
Pb-Sn : Pb-Sn Sulfosale
Pb-Zn : Pb-Zn Sulfosale
Pb-Fe : Pb-Fe Sulfosale
Pb-SS : Pb Sulfosale
Ag-SS : Ag Sulfosale
Bi-SS : Bi Sulfosale

En estos yacimientos, aunque están abundantes en las variedades de minerales, los que han sido informados son como lo siguiente: calcopirita, tetraedrita, covellina, galena, jamesonita, bourronita, sulfateras, esfalerita, estaño, estannina, Frankeita, pirargirita, Canfieldita, arsenopirita, Pirita, Marcasita, magnetita, pirrotina, Bixbyta, Bismutina, Ag-Sn-Pb-Sb-Sulfosales, cuarzo y sericita. Y los minerales reconocidos y sulfosales sin identificación son $Pb_5Sb_8S_{17}$, Bi-plagionita, Ag-plazinonita, Bismuto, Ferberita ($FeWO_4$), Huebnerita ($MnWO_4$) Wolfamita ($FeMnWO_4$) Cinguenita ($PbSb_{14}S_{27}$), Boulangerita (Pb_5Sb_4Sn), Gudmundita ($FeSbS$), y combinaciones de Sulfosales de Bi-Ag Sulfosales, plomo-zinc, plomo-estaño, plata-estaño, plomo-hierro y Rutilo.

Según los resultados de la observación de 75 secciones pulidas de los minerales tan variados, se juzga que estos minerales, con excepción de algunos minerales especiales, se cristalizaron en una misma época aproximadamente referente a la mineralización, aunque se reconoce la diferencia de cantidad de cristalización depende del tiempo. Fig. I-10 es el modelo de cristalización de los minerales principales hecha reuniendo los resultados de la observación microscópica y de la investigación detallada de la mina y Tabla I-2. Cada zona tiene la propiedad de la variedad de minerales metálicos y de combinaciones, de los valores de análisis y de correlación de cada elemento. Y la síntesis cuantitativa de esta propiedad está mostrada en las Tablas de I-4 y I-5.

Comparación de las zonas según sólo los valores de análisis indica que Zona I es del sistema de cobre-estaño-plata, Zona II de cobre-estaño, y Zonas III y IV de plomo-cinc-estaño-plata. Pero plomo y cinc de IV son sumamente altos que los de III. Como los valores de análisis de la Zona II se parecen mucho a los de la IV, se considera que aquella es del sistema de plomo-cinc-(estaño)-plata. Referente a la diferencia de los valores de cada

zona, la de estaño es el menor, casi lo mismo, mientras los valores de los otros elementos se varían mucho. Los minerales principales son pirita y cuarzo en las Zonas I y II, galena y esfalerita en las Zonas IV y V y en la Zona III son de los minerales de medio de esas dos zonas.

En la Tabla I-5 está mostrada la correlación de cada elemento, y también se indica la comunidad de correlación de las zonas que lindan una con otra. En las Zonas I, II, y IV, se enseña la correlación notable entre estaño y cobre, y en las Zonas III, IV y V la correlación entre plata y plomo. En las Zonas III, IV se ve la correlación común entre estaño y plomo. La Zona III contiene la propiedad de la II y la IV. Por lo cual se supone que la característica de mineralización se haya trasladado de la Zona I, II, pasando III, IV hasta V. Las Zonas IV y V en las que los valores se parecen mucho son el grupo matemáticamente diferente, desde el punto de vista de correlación, lo cual está causado por la diferencia de localidad donde se concentran los elementos.

Así, según los valores de interpretación, las combinaciones, y la correlación de los elementos metálicos, estos yacimientos están planamente clasificados, lo cual indica que en la mineralización existe distribución zonal.

Se hizo la figura de curva vertical de misma ley de cada elemento en cuanto a las vetas de Burtón y Inca VI para investigar la propiedad de distribución de ley y la mineralización en la veta. Aunque se van a mencionar su detalle. Aquí, se resumen en lo siguiente. Cada elemento posee unas partes de concentración vertical, y alrededor de éstas las leyes se reducen regularmente a lo largo de rumbo. Las partes de concentración de elementos se encuentran en un punto formando la parte abundante de mina complicada, lo que indica que dentro de una veta misma la parte central de mineralización no se traslada coincidiéndose con la parte abundante y

también que estructura zonal se reconoce notablemente a la dirección de rumbo, pero no existe a la dirección vertical.

Desde el punto de vista de los minerales componentes se investiga la mineralización. Los minerales metálicos se cristalizaron en un tiempo como lo escrito, pero aquí se menciona solo varios minerales que relacionan directamente con la propiedad de mineralización. Sólo en la veta Rosario de la Zona I por lo general se encuentran wolframita y que se cree que se formaron en alta temperatura, mientras en las vetas de Inca VI y Burton de las Zonas IV y V se observan en general se formaron en temperatura baja, sin encontrar los minerales de temperatura alta.

En cuanto a sulfúricos de hirros salvo pirita, en las Zonas I y II se observa generalmente arsenopirita, sobre todo en la Veta Rosario, mientras no se encuentran marcasita y pirrotina. La frecuencia de producto de arsenopirita en las Zonas III y IV es aproximadamente 30% de la de Zona I y se observa un sitio de pirrotina en la Zona III. En la Zona V el producto de arsenopirita queda menos, en cambio se aumenta pirrotina y se observa marcasita también. Sin embargo, no se encuentra paragénesis de pirrotina con arsenopirita en una sección pulida. Por lo cual, la condición de minerales metálicos nos hace suponer que la temperatura de formación es alta alrededor de Veta Rosario relativamente, se baja a lo largo de la dirección de Vetos de Burton y Inca VI en la parte oriental.

Y esta conclusión coincide con los resultados de experimento de "fluido-inclusión", los que van a ser mencionados en detalle, pero aquí los podemos resumir que se supone la temperatura máxima de 349°C en la Veta Rosadio, y la mínima de 175°C en la Veta Burton.

Estudiando totalmente las leyes de análisis, correlación entre los elementos, y observación microscópica de esta mina, y las variedades de minerales metálicos y su combinación, la condición de distribución de leyes

y su propiedad, y los resultados de experimentos de podemos resumir la mineralización de esta mina como lo siguiente. Se supone que la parte de temperatura alta de la mineralización es cerca de Veta Rosario, con la temperatura máxima de 349°C aproximadamente, siendo menos hacia su alrededor.

Esta suposición es confiable ya que está comprobado por la existencia de wolframita, rutilo de la Zona I y de wurtzita y marcasita de la Zona V. La formación del líquido mineral varia regular e intermitentemente a la dirección sureste, que pasa verticalmente con las vetas, por lo cual se forma estructura zonal paralelamente a las vetas, basada en leyes, combinación de los elementos y diferencia de correlación de los elementos, mientras se forma la comunidad en unas partes de las estructuras zonales que se lindan una con otra.

En una veta el centro de la mineralización no se ha movido, siendo estable y sus lugares se coinciden con las partes de concentración de los elementos, o sea con las partes abundantes en los minerales. Por lo tanto en las vetas Burton e Inca VI se ha formado el cuerpo abundante en los minerales, en el que se encuentran combinaciones y formaciones de los minerales de mucho variedad con todos los elementos.

Sin embargo observando esta mina desde el punto de vista del tiempo geológico, podemos suponer que es del grupo de los yacimientos formados en una misma época aproximadamente. Esta suposición está mostrada por la paragénesis de wolframita, rutilo, con wurtzita. Por lo cual, en cuanto a esta mina, su formación sus minerales componentes y su tiempo de cristalización nos hace juzgar que pertenece al yacimiento zenotermal.

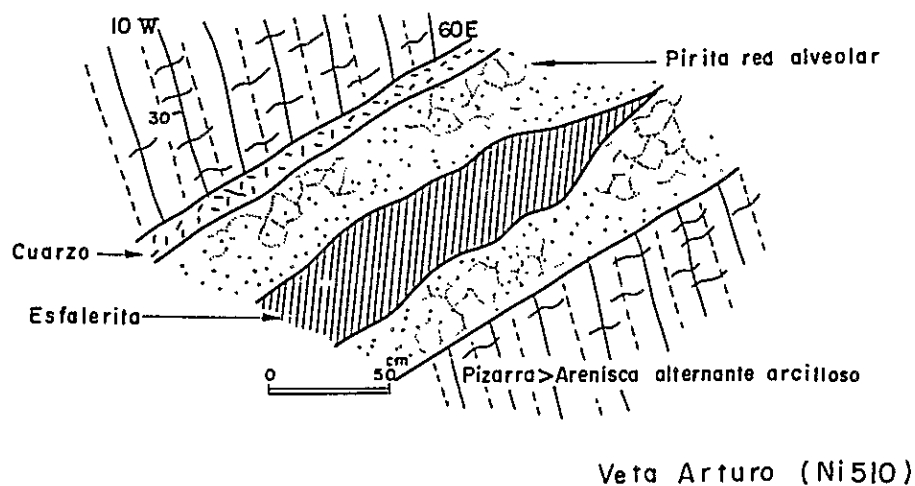
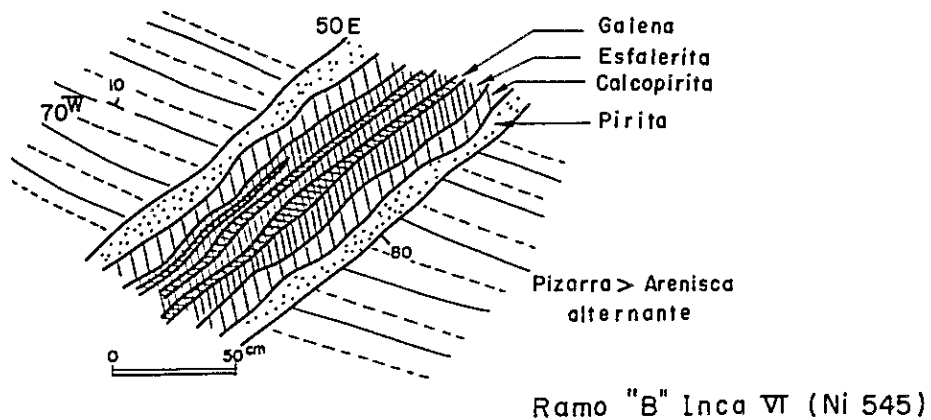
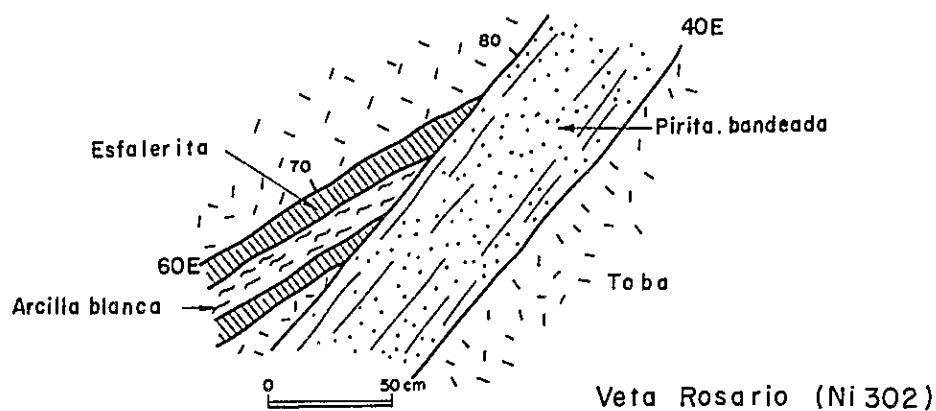


Fig I-8-1 Dibujo de Vetras

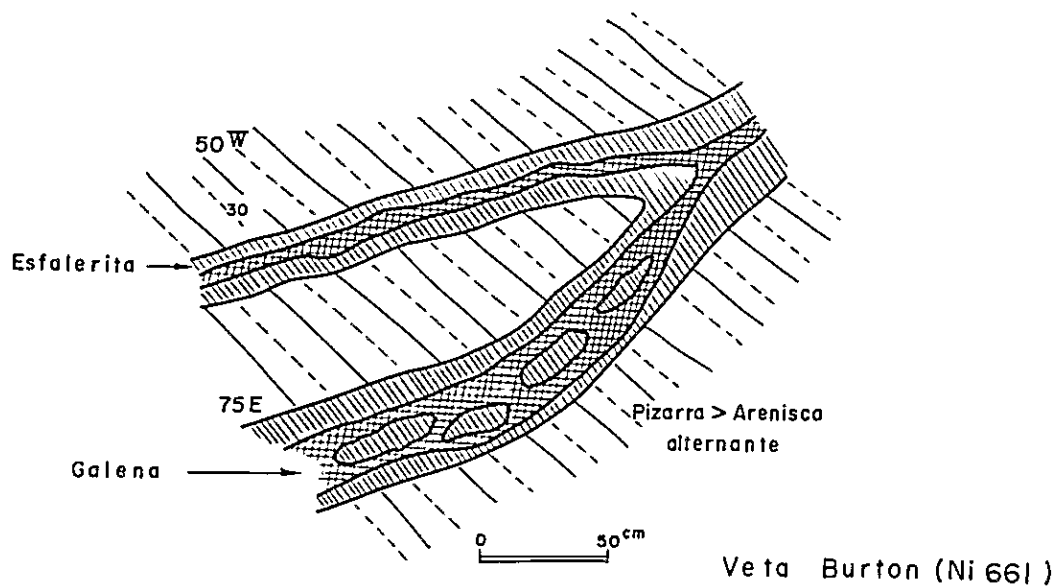
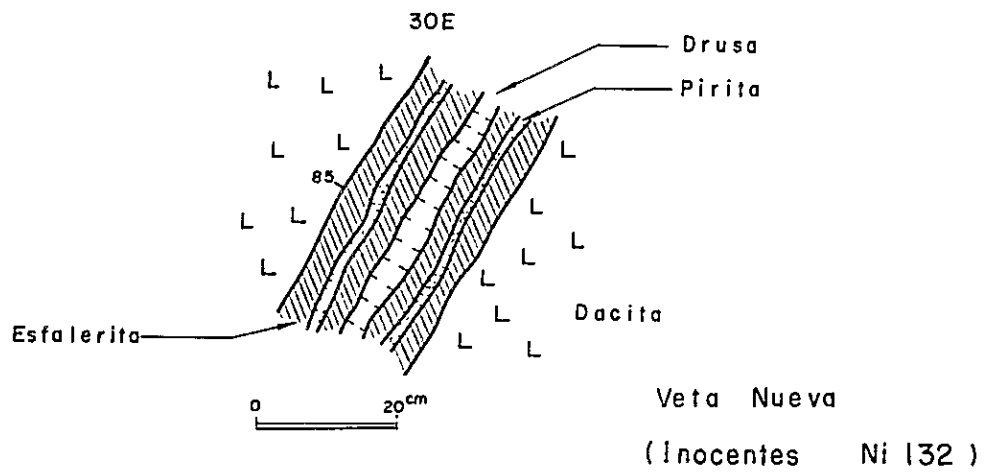
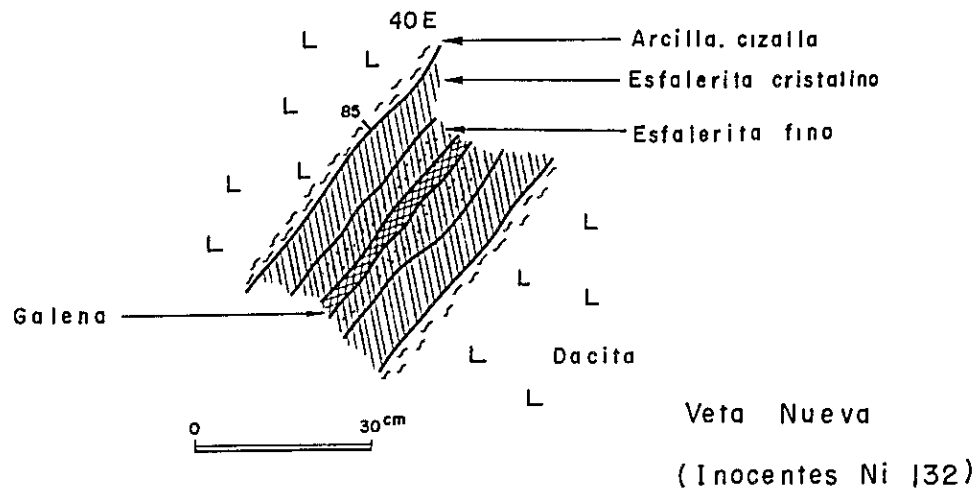


Fig I-8-2 Dibujo de Vetos

2-4. ley

Aclarar la tendencia de ley de elementos de minerales valiosos y sus correlaciones dentro del carácter específico de yacimiento dirige un resultado muy importante para la operación en futuro y para proponer un plan de exploración. Con este objeto, se cogió 510 muestras de minerales para análisis, y se analizó 4 elementos como ser cobre, plomo, cinc y estaño, y referente a plata se utilizó el valor analítico de la mina donde se corresponde al lugar en que se ha cogido cada muestra.

Y dentro de 510 muestras, se utilizó comúnmente 75 muestras para secciones pulidas para microscopio y 7 muestras para el experimento de fluido incrusión. El área de este yacimiento se encuentran muy espacioso y en el área sobre el nivel 617, se encuentra difícil de recoger muestras con intervalos regulares en dirección vertical por haber progresado la explotación. Por esta razón, se efectuó la investigación de ley por ambas maneras, en horizontal y plano.

En plano, por el resultado de investigación geológica interior de mina, se dividió los grupos de yacimientos similares macroscopicamente en 5 fajas como en Fig. I-9 notamos. El contenido de cada faja es como en Tabla I-4 presentamos, y los números de todas muestras son 209, y la ley de cada materia, por el valor de promedio aritmético, con la razón de la pequeña diferencia del número de muestras entre cada faja, gran cantidad de muestras, y además los intervalos casi determinados de cogedura de muestras, se consideran este valor de promedio como representar cada faja correctamente en método matemática. Tabla I-5 es una lista del resultado estudiado de la correlación entre cada elemento en cada faja de lo anteriormente descrito, y considerando esta conclusión junto con Table I-4, la clasificación hechas macroscópicamente está probado como bastante racional.

Y la investigación de la ley vertical se limitó a los niveles 617 a

780 de Veta Inca VI, en donde se pudo coger materias en dirección vertical con regularidad relativa, y se cogió 54 materias cada veta. Sin embargo como se utilizó los materiales que tuvo la parte de mina referente a los datos analíticos de ley de plata, se ha adoptado el valor de análisis de 437 materias en Veta Inca VI y 624 en Veta Burton en el área desde nivel 475 a 780. Se formó una diagrama curvilínea de la ley semejante (contour map) tratando estos datos en cada mineral con calculadora electrónica un método cuadrado inverso de distancia. Esta diagrama se observan en Fig.I-11.12.13 Tabla I-4 se refleja el volumen absoluto de minerales metálicos que incluyen elemento metálico principal en cada faja, y Table I-5 se refleja las clases y estructura y su combinación de los minerales metálicos, los ambos datos se encuentran indispensable para examinar la ley de mineral en diversos aspectos. Por lo que sigue se observan estos valores numéricos junto con la conclusión de observación por microscopio. Sin embargo, no se refiere a minerales claramente no relacionados a la correlación con la ley de la faja en la observación de minerales. Véanse capítulo anterior y su tabla adjunta sobre estos asuntos.

2-4-1. La observación plana de ley

Zona I:

Esta zona está representada por Veta Rosario y se encuentra según valor de análisis un grupo de vetas del sistema cobre-estaño-plata y entre los minerales se observan evidente la correlación positiva. La observación por microscopio presenta que pirita y cuarzo ocupan la mayor parte de minerales componentes principales, y lo siguen casiterita y estannina. Dentro de varios minerales componentes accesorios, casiterita, estannina, calcopirita y tetraedrita se encuentran común, y dentro de los demás minerales dignos de notar por análisis de ley son la existencia de canfieldita y bismutina. Esta conclusión de observación prueba que la zona I es un

Tabla I-4 Ley de promedio de elementos metalicos principales

	Números de análisis	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)	Sn(%)	Ag(g/t)
Zona I	37	0.94	2.39	3.03	1.29	877
Zona II	14	1.05	0.36	2.00	1.07	331
Zona III	40	0.37	4.66	9.93	1.57	1271
Zona IV	48	0.06	22.14	14.04	0.95	2545
Zona V	70	0.31	22.91	17.04	0.61	1206
Total	209	0.41	13.80	11.42	1.01	1383

Tabla I-5 Correlaciones elementos metalicos principales

	Correlación positivo	Correlación negativo
Zona I	Sn-Cu Sn-Ag	
Zona II	Sn-Cu Pg-Zn	
Zona III	Sn-Cu Ag-Pb Sn-Pb Cu-Pb	
Zona IV	Sn-Cu Ag-Pb Sn-Pb Sn-Ag Cu-Zn	
zona V	Ag-Pb	Cu-Zn Pb-Zn

Confianza : más 95%

Grupos de vetas en cada zona

- Zona I : Veta Rosario, San Fuan.
 Zona II : Veta Rafael, Animas, Dejada.
 Zona III: Veta Esperanza, Salvadora, Arturo, Chorro.
 Zona IV : Veta Burton, Inca II, III, IV, Judios.
 Zona V : Veta Inca V,VI,VII.

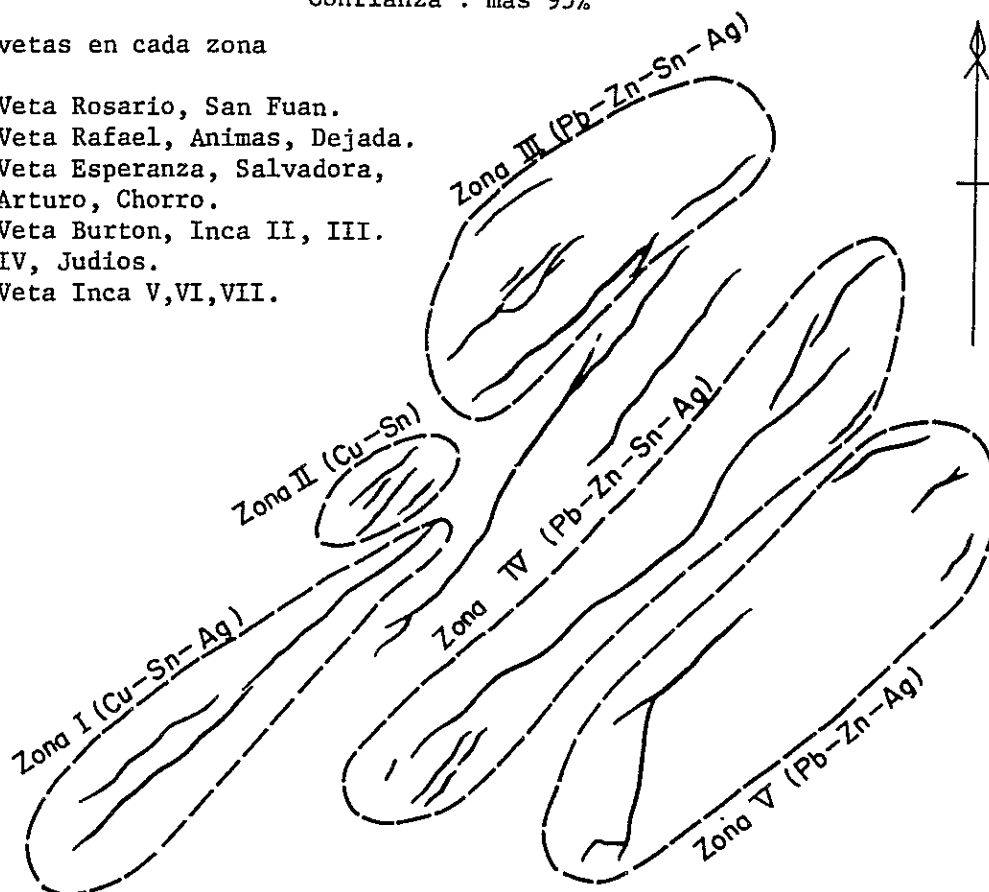


Fig. I-9 Zona de Elementos metalicos principales

grupo de vetas de sistema cobre-estaño-plata. Averiguando la correlación, la relación de estaño-plata está probada como coexistencia de mineral estannífero y mineral argentífero de canfieldita, inclusión de plata dentro de bismuta de bismutina que existe junto con mineral estannífero, y la realidad de existencia de canfieldita que se compone principalmente por estaño y plata que las dos técnicas efectos han confirmado por EPMA.

Sobre la correlación de cobre-estaño, se explica por producir comúnmente cobre y mineral estannífero como minerales componentes accesorios.

Zona II:

Esta zona es un grupo de vetas representada por Veta Rafael, y es un grupo de vetas del sistema cobre-estaño según valor analítico, y entre los elementos se puede reconocer una correlación evidente entre estaño-cobre y plomo-cinc. Los ejemplos para microscopio de esta zona son sólo dos, y así que no se puede discutir su ley y correlación. Se describe brevemente el resultado visto por microscopio como estar comprobado que pirita y estannina es mayor parte de minerales componentes principales y ley alta de estaño, pero no está confirmado el mineral cobreño. Y sobre los minerales componentes accesorios también está comprobado la existencia de mineral de polisulfuro de bismuto, pero no identificado, y carece de datos para analizar correlación entre cada elementos. Esta zona se sospecha que contiene un carácter intermedio de las zonas I y III.

Zona III:

Esta zona es un grupo de vetas representado por Veta Esperanza, y investigando por valor analítico es un grupo de vetas del sistema plomo-cinc-estaño-plata, y en la correlación entre cada elemento se puede observar correlación positiva evidente entre plata-plomo, cobre-plomo, cobre-estaño, y estaño-plomo.

Bajo el microscopio se encuentran pirita y cuarzo en mayor parte de

minerales componentes principales, pero dichos minerales incluyen una cantidad considerable de casiterita, estannina y esfalerita, y dentro de minerales componentes accesorios se encuentran esfalerita y galena comúnmente, además la existencia de mineral de sulfúrico combinado principalmente de jamesonita, plomo-estaño, plata-estaño y plomo-cinc está confirmado pero no identificado.

Como conclusión de lo anteriormente descrito, se indica claramente que es un mineral del sistema plomo, cinc y estaño por examinar los minerales componentes. Averiguando la correlación, sobre la relación de estaño-plomo está probado por la coexistencia común de galena y casiterita estannina, y por la existencia de mineral de polisulfuro de estaño-plomo. Sobre la correlación plomo-plata será explicado indirectamente por la realidad a continuación se describen: dentro de minerales diversos de polisulfuro no identificados de lo anteriormente expuesto, los minerales de ambos sistemas plomo-estaño, y plata-estaño están bien relacionados por componentes a plomo y estaño. Sin embargo, no se pudo observar una realidad investigada por microscopio la cual prueba concretamente la correlación cobre-plomo y estaño-cobre. Pero sobre la correlación plomo-cobre en esta zona se sospecha la posibilidad de tendencia continuada de la coexistencia de mineral estannífero y mineral cobreño aun volumen absoluto sea pequeño por la realidad de la coexistencia pegada de mineral de pol sulfuro con el de cobre en la zona I donde queda en prolongación en el rumbo sudoeste de la zona III.

Zona IV:

Esta zona está representada por Veta Burton, y según la conclusión de análisis es un grupo de vetas de sistema plomo-cinc-estaño-plata y la correlación entre cada componente se encuentra evidente la correlación positiva entre plata-plomo, cobre-cinc. estaño-plomo y estaño-plata. Las secciones

pulidas para microscopio de esta zona formadas este año han sido, como resultado, muestras que incluyen poca galena relativa y esfalerita abundante. Por consiguiente para revisar la ley de toda zona IV incluida la parte abundante en minerales-galena, se utilizó 5 resultados de observación por microscopio recogidos de Veta Burton en el primer año. Por la observación por microscopio, se nota galena y esfalerita como minerales componentes principales, pero en la parte de ley baja se aumentan en esfalerita, pirita, y cuarzo. Como los minerales componentes accesorios, se reconocen casiterita, estannina, canfieldita, franckeita, jamesonita y mineral de polisulfuro no identificado de plata-estaño-plomo, y en la parte abundante en minerales se observan comúnmente canfieldita y franckeita especialmente. Por consecuencia, según el resultado de observación por microscopio se aclaró la razón de la abundancia en plomo, cinc, estaño, y plata en la zona IV:

Por orden siguiente revisando la correlación entre cada elemento metálico, se explica plata-plomo por el efecto de coexistencia de galena, mineral componente principal, canfieldita, mineral de polisulfuro de plata-estaño-plomo y franckeita de luego se exponen, la correlación plata-estaño por la existencia de mineral de polisulfuro canfieldita-plata-estaño-plomo, y el reconocimiento por EPMA de la inclusión de cantidad considerable de plata en bismuto el cual es componente principal de franckeite que se producen comúnmente en la zona, y la probabilidad de esta inclusión de plata en bismuto en jamesonita. La correlación plomo-estaño será explicado por el efecto de galena como mineral componente principal, casiterita, y franckeita como mineral componente accesorio y a la vez franckeita como mineral compuesto principalmente de plomo y estaño.

Sobre la correlación cobre-cinc, la ley analítica se encuentra muy baja y no se pudo conseguir información por microscopio, pero se puede

sospechar por el efecto de la incrusión de parte concentrada de cobre en la de cinc refiriéndose a Fig. I-11

Zona V:

Esta zona está representada por Veta Inca VI, y se puede observar por el resultado de análisis un grupo de vetas del sistema plomo-cinc-(estaño)-plata, y la correlación positiva entre plata y plomo, la correlación negativa entre cobre-cinc y plomo-cinc. Los minerales componentes principales son galena y esfalerita, y al bajar la ley se aumentan pirita y cuarzo. Los minerales componentes accesorios se encuentran lo más variados en 5 zonas, y se puede observar casiterita, estannina, pizargirita, canfieldita, franckeita, y diversos todavía, y se encuentran evidentemente la existencia de plomo, cinc, (estaño), y plata. Sobre la correlación entre plata y plomo, se puede aclarar por el efecto de coexistencia de galena con pizargirita, canfieldita y diversos bismutina argentífero etc. Sobre la correlación negativa entre cobre-cinc y plomo-cinc, no se puede conseguir explicación concreta por microscopio, pero comparando los mapas de curva de nivel de ley (contour map) de cobre, plomo, plata de Veta Inca VI, se puede comprenderlo evidentemente. Por consiguiente, la parte concentrada de cinc se encuentra aislada de las partes concentradas de los otros elementos, y encima de lo expuesto 50% de cada parte concentrada de plomo y cobre se echan uno sobre otra.

Por consecuencia, por la revisión de ley plana, se puede dividir este yacimiento en 5 zonas, y se aclaró que cada zona se caracteriza por su combinación de elementos componentes, ley y correlación entre elementos componentes. Sin embargo, considerándolos sintéticamente la relación de ubicación de cada zona dentro de zona mineralizada, el valor analítico y correlación de plomo, cinc, estaño y plata a excepción de cobre, para la operación hace falta interpretar las zonas I y II como zona de cobre,

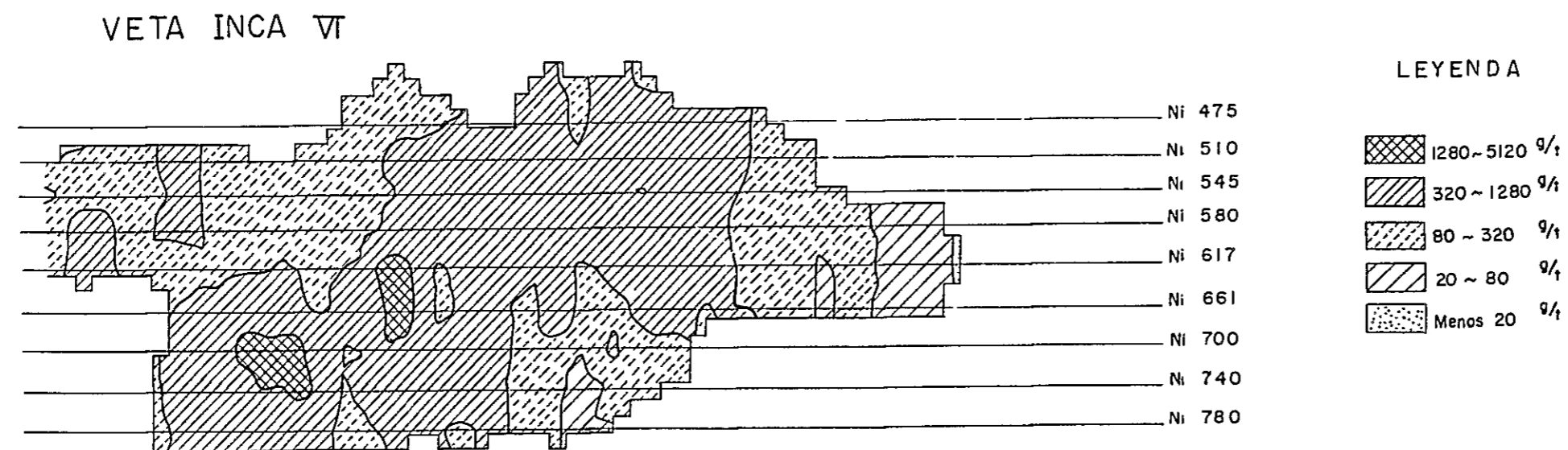
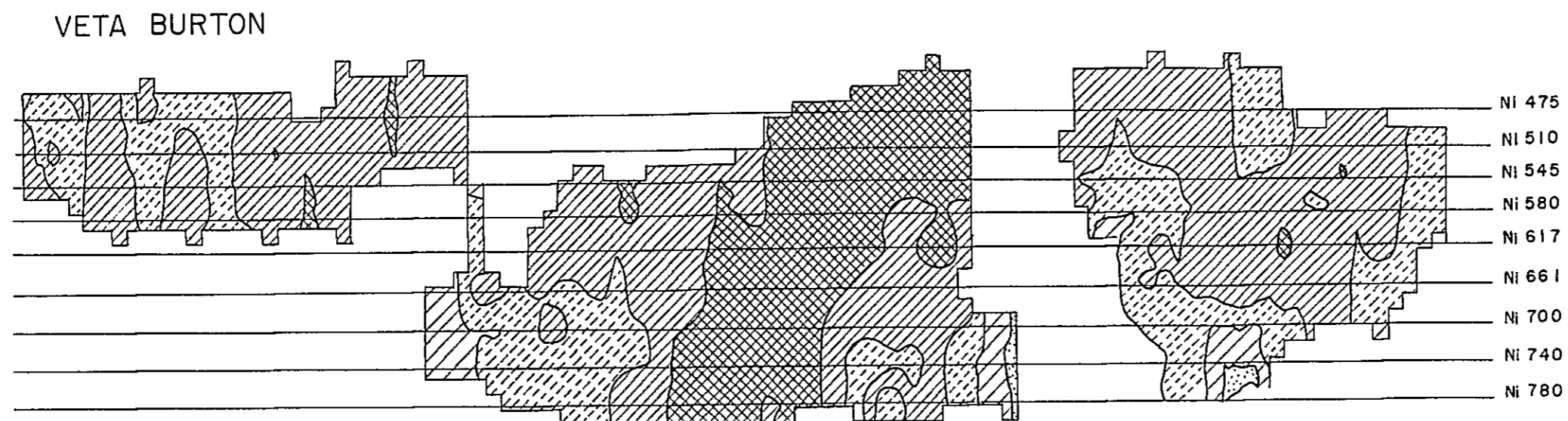
estaño, (plata), las zonas IV y V como zona de plomo, cinc, y plata, y zona III como zona intermedia de las dos. Con este resultado, no se analizó el cambio regular plana de ley de cada elemento, pero se aclaró la característica de combinación de elementos depende de las zonas o grupo de vetas, y este yacimiento se divide en dos grandes grupos por su ley de mineral valioso y su combinación, y a la vez se observa una parte gradual de los ambos. Se juzgó la característica de cada zona toda como continuarse en el rumbo de veta, y como su límite paralelo al rumbo. La variación de la ley es pequeña y estable en estaño, y al otro lado muy grande en plomo, cinc, y plata. En Veta Burton, donde se encuentra lo más alta ley argentífera, no se observa los minerales de plata por microscopio con frecuencia que corresponde a valor analítico. Esta realidad sugiere una existencia de mineral argentífera de polisulfuro no confirmado, es importante confirmar su naturaleza y movimiento a la concentración de minerales y recogerlos para conectar directamente a alzar las cuestiones económicas del mineral.

Fig. I-12, 13 es distribución de ley de cobre, plomo, cinc y estaño los cuales se encuentran entre el nivel 617 a 700 de Veta Burton y el nivel 617 a 780 de Veta Inca VI. De la misma manera Fig. I-11 es contour map de plata que se encuentra entre nivel 475 a 780 de dichas dos vetas, y la manera de figuración y los números de muestras son como lo anteriormente expuesto. Hemos revisado en el capítulo anterior sobre la ley de cada elemento, la correlación entre elementos y la relación mineralógica y por dicha razón no se refiere a aquellos temas en este capítulo.

Revisándolos sintéticamente Fig. I-11, 12, 13 y Table I-5, en Veta Inca VI la parte concentrada de 4 elementos excepto cinc se concentran en la zona desde casi central a occidental y existen uno sobre otro, y sólo la parte concentrada de cinc se queda aislada en la parte oriental. La variación de ley de cada elemento se observan con regularidad y especialmente

plomo y cinc indican una variación simétrica al rumbo con la parte concentrada como el centro. Sobre Veta Burton, cada elemento excepto cobre se encuentran generalmente en zonas oriental y occidental, y poseen partes concentradas juntas. Sólo la parte concentrada de cobre se limita en la zona occidental, pero la localidad coincide generalmente con la parte concentrada de los otros elementos. En esta veta también, cada elemento excepto cobre presenta un aspecto de simetría clara en el rumbo con la parte concentrada como el centro y descende la ley.





0 100 200 300 400 500m

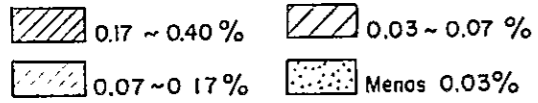
Nota : Por cálculo de computadora con
datos de Mina Animas

Fig. I-II Mapa de distribución de ley de Ag de Veta Burton y Veta Inca VI

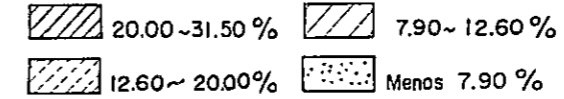
(Cu)

(Zn)

LEYENDA



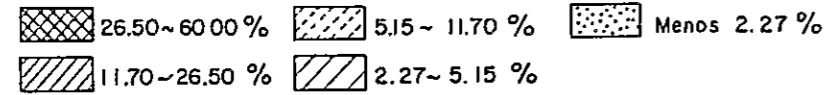
LEYENDA



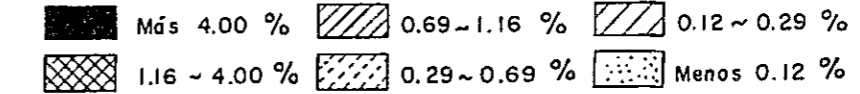
(Pb)

(Sn)

LEYENDA

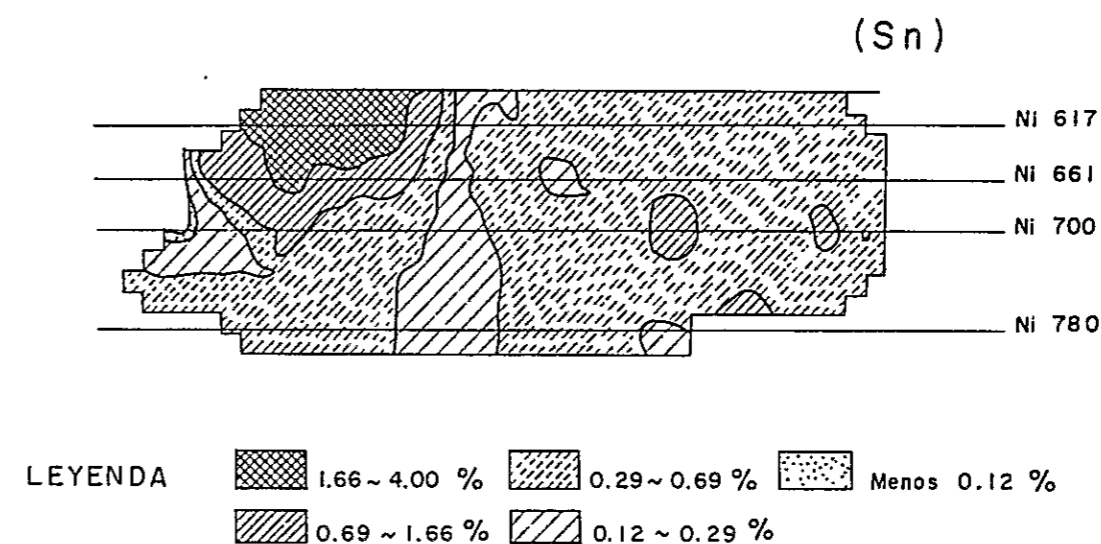
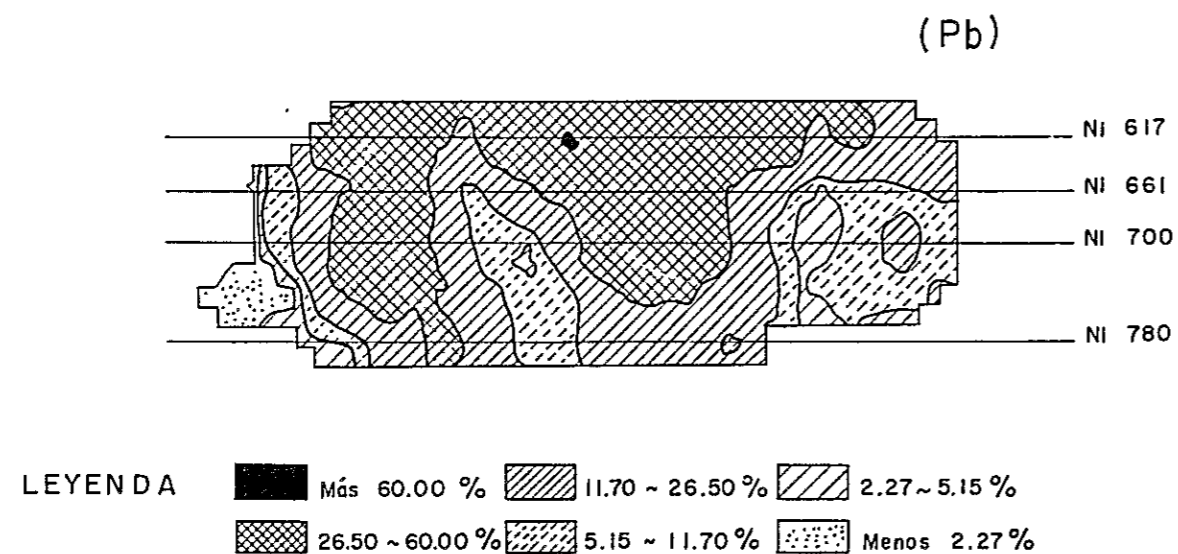
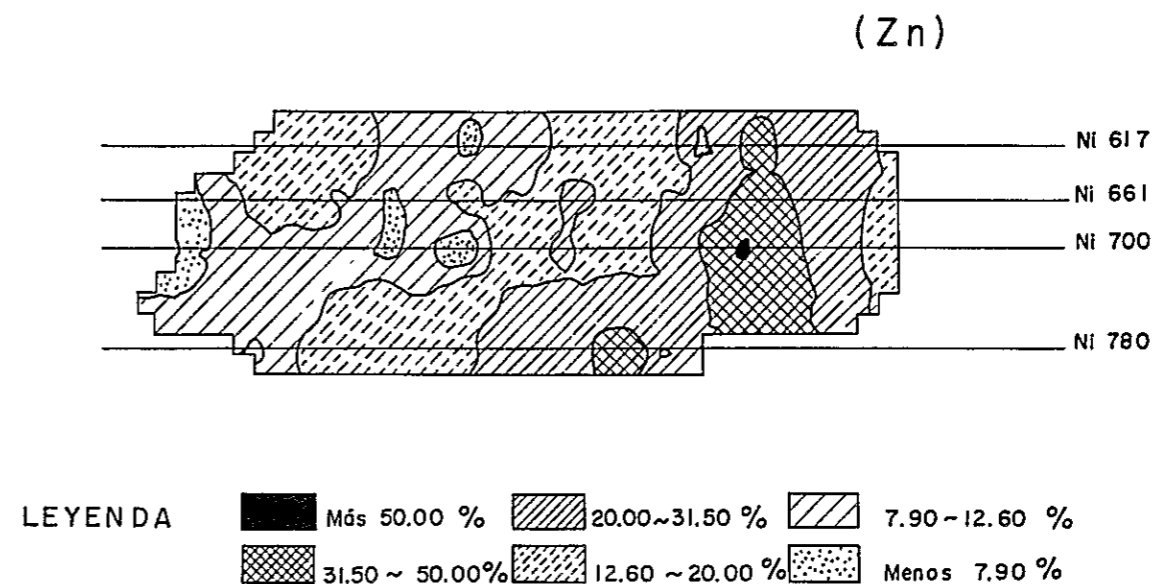
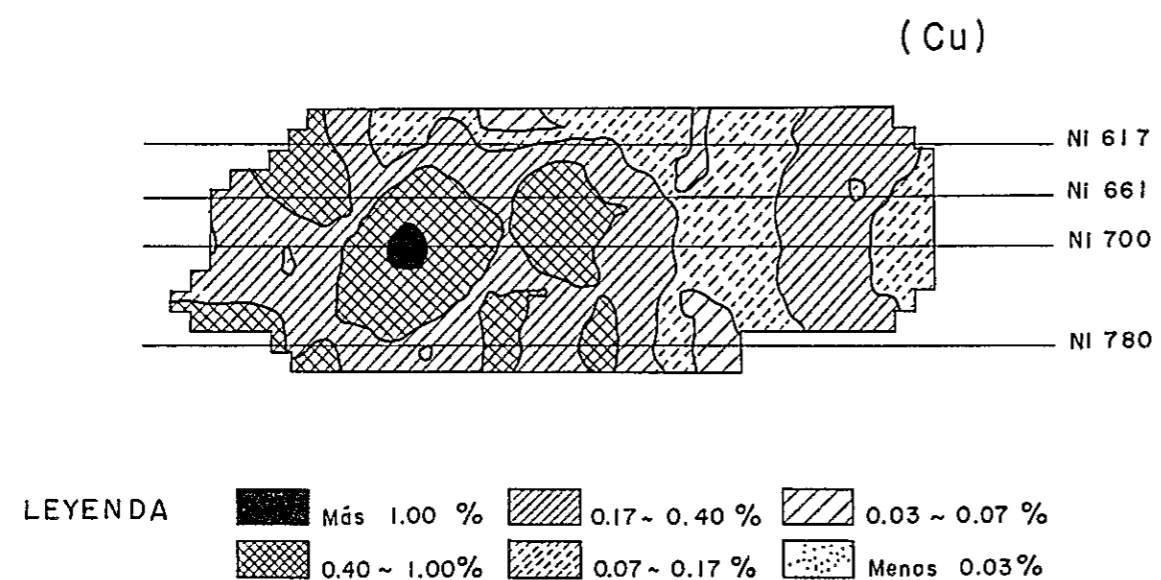


LEYENDA



Nota : Por cálculo de computadora

Fig. I-12 Mapa de distribución de ley de Cu, Pb, Zn, Sn de Veta Burton



0 100 200 300 400 500 m

Nota : Por cálculo de computadora

Fig. I-13 Mapa de distribución de ley de Cu, Pb, Zn, Sn de Veta Inca VI

Table I-6 Comparación de las partes concentradas
de minerales de Veta Inca VI y Veta Burton

nombre de veta nombre de elemento	Veta Inca VI	Veta Burton
cobre	La parte concentrada en minerales se diversifica a la parte más occidental que la central, y su buzamiento no está claro. Aunque es oscuro, se encuentra una variación regular de ley en el rumbo como el centro de la parte concentrada en minerales.	Se encuentra la parte concentrada en minerales al extremo occidental y su buzamiento es en dirección perpendicular. Con el centro la parte concentrada en minerales, la variación regular de ley se observa evidente en la parte oriental.
plomo	La parte concentrada en minerales alcanza toda la parte superior, pero su buzamiento es casi perpendicular. La variación de difusión de ley simétrica al rumbo está evidente con el centro la parte concentrada en minerales.	Se encuentra la parte concentrada en minerales en las zonas centrales y orientales, y su buzamiento es en dirección perpendicular. Con el centro la parte concentrada en minerales, la variación regular de ley simétrica se encuentra evidente.
cinc	Existe la parte concentrada en minerales en la parte oriental y su buzamiento es perpendicular. La variación regular de ley simétrica al rumbo con el centro la parte concentrada en minerales está evidente.	Se encuentra la parte concentrada en minerales en las zonas occidentales y orientales, y su buzamiento es en dirección perpendicular. Con el centro la parte concentrada en minerales, la variación regular de ley simétrica se encuentra evidente.

<div> <div>numero de veta</div> <div>nombre de elemento</div> </div>	Veta Inca VI	Veta Burton
estaño	Existe la parte concentrada en minerales en la zona superior de la parte occieental, y como el centro aquella parte, la variación regular de ley como la forma de círculo concéntrico.	Se encuentra la parte concentrada en minerales de gran tamaño al sur de la parte central, y su buzamiento es en dirección perpendicular. La variación regular de ley simétrica a la parte concentrada en minerales se encuentra evidente. En la parte oriental, se observa la parte concentrada en minerales pero grado más bajo y presenta una característica semejante a la dicha parte.
plata	Se puede decir todo el área la parte concentrada en minerales, pero su buzamiento no está claro si son 3 en dirección perpendicular o si buza gradualmente al oeste. Se encuentra una variación regular de ley con el centro la parte concentrada en minerales.	Se encuentra la parte concentrada en minerales de gran tamaño al sur de la parte central, y su buzamiento es el escarpado al oeste. Se encuentra evidente una variación regular de ley simétrica a la parte concentrada en minerales. Se observa la parte concentrada en minerales pero grado más bajo y existe la variación regular de ley.

Todavía más, cada contour map presenta un buzamiento escarpado de 60° ~ 90° y se puede observar evidentemente una variación de ley en el rumbo pero en la dirección vertical no está claro.

En la revisión plana de elemento metálico se dividió la zona mineralizada en 5 zonas por la diferencia de combinación de elementos, ley, y correlación entre elementos, pero este trabajo quiere decir básicamente la división del grupo de vetas en zonas y no llegó a lograr contour map dentro de una veta misma o la que extiende a vetas diferentes. Sin embargo, llegó a lograr la comprobación mineralógica y estadística concreta del grupo de vetas que se han dicho vagamente hasta el presente la zona de cobre-estaño o plomo-plata. En la revisión de difusión vertical de ley, cada elemento tiene su parte concentrada en números plurales, y sus ubicaciones se apilan complicadamente. Su buzamiento es en dirección casi perpendicular y la variación de ley se encuentra simétrica en la dirección al rumbo con el centro la parte abundante en minerales, pero se alcanzó que la variación no se presenta en la dirección vertical.

2-5. Inclusión flúida

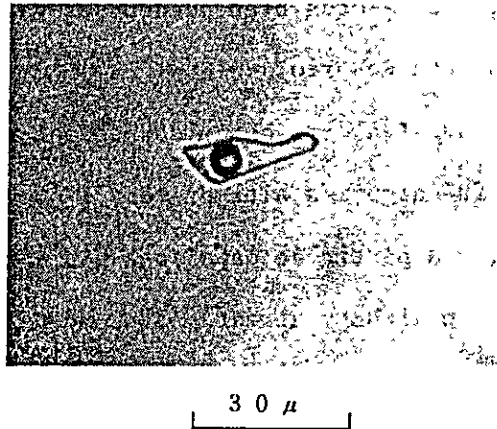
Como medios del examen crítico minucioso para determinar características de la mineralización como ser los focos donde se inició la mineralización y la curva de temperatura mineralizadora, se realizaron los trabajos de mediciones de la temperatura de homogenización y de la salinidad de las inclusiones flúidas. En la medición de temperatura de homogenización se utilizó el Calentador modelo MHS fabricado por la empresa Union Optical Co., Ltd., asimismo, en la medición de salinidad se utilizó el Enfriador modelo FS de la misma fabricación. La salinidad así analizada fué expresada en peso/porcentaje equivalente a NaCl, correspondiente a la temperatura de congelación de la inclusión flúida.

Las inclusiones flúidas que se utilizaron en las mediciones eran las que se componían de dos fases, neumo-hidromática, contenidas dentro de cuarzos, y en cuanto a su origen, se las atribuyó a las inclusiones de formación primaria y de formación pseudo-secundaria. Tal como están indicados en la fotografía de referencia, sus tamaños son de 5 a 50 μ , de textura afanítica, y se presentan en forma granulítica, tabular, tubular, etc., siendo sus grados de compacticidad de 0.85 a 0.75.

En el trabajo de muestreo de los cristales de cuarzo que contienen inclusiones flúidas, objetivos de la presente medición, se ha procurado a seleccionar sólo aquellas muestras que coexistían íntimamente con los principales minerales de mena emplazados dentro de las vetas, evitándose la recogida de muestras desde la cavidad o drusa, a fin de poder relacionar las muestras directamente a la metalogénesis de ya mencionados minerales de mena.

En la figura de referencia, Fig. I-12, están indicados los valores de la temperatura de homogenización obtenidos de las 42 muestras sometidas a la medición. Los valores obtenidos, de 195° a 349°C (\pm 2°C) indican que

Fotografía de inclusión



Número de muestra	Nombre de veta	Nivel	Número de inclusión	Temperatura de homogenización		
				200°C	250	300
F - 4	Rosario	Ni 302	14		257°C	349°C
F - 1	"	"	11		270°C	314°C
F - 2	"	"	5		255°C	290°C
F - 3	"	"	6		235°C	253°C
F - 7	Esperanza	Ni 510	1	223°C		
F - 6	Burton	Ni 617	3	223°C	235°C	
F - 5	"	"	2	195°C	201°C	

Fig. 14 Alcance de Temperatura de Homogenización

Tabla I-3 Salinidad de inclusión de muestra F-1 de veta Rosario ad aad dad de

Nº	Temperatura helada (°C)	Salinidad (wt. % NaCl eq.)	Temperatura de homogenización(°C)	Origin
1	-18.5	21.6	303	segunda seuda
2	-18.0	21.2	314	"
3	-17.6	20.9	264	segunda
4	-13.3	17.3	271	"
5	-8.4	12.2	290	primera
6	-6.2	9.5	299	"

éstos ocupan una amplia gama de distribución térmica y que aún cuando se trata de la misma veta, los valores bien pueden ser variables, como lo demuestra el caso de la veta Rosario.

No obstante, con estos valores obtenidos se comprende que la temperatura de homogenización fué algo más alta en zona I que comprende la veta Rosario como su centro, y a partir de esta zona hacia la zona III, zona IV y zona V, que se ubican al NE y al este, la temperatura la ido bajándose.

En la Tabla I-2 están indicados los valores que se obtuvieron en la medición de salinidad de la inclusión flúida. Las muestras sometidas a la medición fueron 6, todas éstas han sido separadas de los cuarzos que se recogieron de la veta Rosario. Las muestras contienen algunas inclusiones de la formación secundaria. Los valores de la temperatura de congelación de estas muestras son de $-6.2 \sim -18.5^{\circ}\text{C}$ ($\pm 1.0^{\circ}\text{C}$), y al admitirse una suposición de que toda la sal que se contiene dentro de la inclusión flúida sea NaCl en su totalidad, en tal caso los valores de la salinidad vienen a ser de 9.5 a 21.6 peso/porcentaje (± 1.0 peso/%). En vista de que los materiales que se utilizaron en el presente estudio todos han sido recogidos de la veta Rosario y de que los valores que se obtuvieron en la medición de la temperatura de homogenización han sido relativamente altos sin ninguna muestra que indicara otra temperatura más baja, lamentablemente no se ha podido aclarar la diferencia de la salinidad entre las vetas diferentes tampoco la correlación que pueda haber entre la salinidad y la temperatura de homogenización. Sin embargo, a través de la Table I-2 se ha evidenciado que la variación de la salinidad es más intensa que la de la temperatura de homogenización.

Ahora bien, para deducir en base a la temperatura de homogenización la temperatura de formación de una inclusión flúida determinada, es necesario hacer una corrección tanto de la presión como de la salinidad.

No obstante, como regla general, si se observa el fenómeno de ebullición en la inclusión flúida, en tal caso ya no se necesita realizar dicho trabajo de corrección sino se puede considerar que la temperatura de homogenización es igual a la temperatura de formación de minerales.

En las muestras F-1 que se recogieron de la veta Rosario (nivel 302) sí se observa la singénesis o sea formación simultánea a una causa común que evidencia el fenómeno de ebullición de estas inclusiones gaseosas y flúidas.

En cuanto a la tensión de vapor de estas inclusiones, se puede calcular que ésta fué de 45 a 85 baras, según los datos de estudios publicados por J.L. Hass, Jr. (1971). Por otro lado, en base a la investigación geológico y a la interpretación de la topografía reinante del área, se presume que las cumbres de cerro Khumullani, Pabelliñ, etc. que rodean la presente zona de yacimiento con sus alturas aproximadas de unos 4,700 mts s.n.m. estarían tal vez conservando más o menos sus topografías de entonces casi sin ser erosionadas. También, por el hecho de que no se observa ninguna mineralización en las dacitas del cerro Kumullani tampoco en las rocas piroclásticas acompañantes, se considera que la mineralización habría alcanzado a su punto final más o menos inmediatamente antes de la actividad ígnea del cerro Khumullani. Tanto lava dacíta de cerro Khumullani como rocas piroclásticas relacionadas presentan sus formas de distribución más o menos horizontal, siendo el espesor de las dos unos 100 metros. Por lo tanto, la superficie terrestre en las épocas de mineralización habría tenido una altura correspondiente a los actuales 4,600 metros s.n.m. poco más o menos. La mayoría de los materiales que se emplearon para el presente estudio, han sido recogidos de Nivel 302 (Altura: 3,900 m s.n.m.), y la profundidad a que se produjo la formación o nacimiento de estas inclusiones flúidas sería del orden de unos 700 metros de profundidad a partir de la superficie terrestre ($4,600 \text{ m} - 3,900 \text{ m} = 700 \text{ m}$), en base a la deducción

antes mencionada.

En cuanto a los valores de la presión total que son calculables en base a los valores de la densidad flúida, de 0.82 a 0.97 g/cm³, éstos vienen a ser de 56 a 66 baras al admitirse una hipótesis de que la presión total se debe enteramente a la presión hidrostática, valores éstos que no son contradictorios al fenómeno de producir ebullición.

Empleando esta misma hipótesis, seguidamente se procedió a calcular la presión total de nivel 780 que constituyen los niveles más bajos a que se está explotando actualmente, obteniéndose los valores de 94 a 110 baras.

En caso de que los valores de la temperatura de homogenización y de la salinidad se ubiquen dentro de la gama de valores que se obtuvo en el presente estudio/experimento y de que los valores obtenidos de la presión total sean de 56 a 110 baras o sea correspondientes a nivel 302 a 780 en tal caso la corrección de temperatura será inferior a los 10°C, según G.G. Lemlem y P.V. Klevtsov (1961), pudiendo considerarse que la temperatura de homogenización es nada menos que la temperatura genética de la inclusión flúida, es decir, temperatura genética de las vetas.

Según los estudios realizados por Wm. C. Kelly y F.S. Turneure (1970) sobre la inclusión flúida de los yacimiento Sn-W que se localizan en la región andina de Bolivia central-sur, la temperatura metalogénica de Sn-W y su salinidad son de 338 a 510°C y del 8.5 a 46.0 peso/por ciento NaCl equivalente, y los valores de la época de mineralización de Pb-Zn-Ag son de 208 a 340°C y de 2.8 a 10.3 peso/% NaCl equivalente.

Al compararse estos valores representativos de yacimientos de la zona andina boliviana con los valores obtenidos del presente estudio de laboratorio, se observa que la temperatura metalogénica del yacimiento de Ánimas es correspondiente a la época metalogénica de Pb-Zn-Ag del alcance andino antes mencionado, asimismo, la salinidad presenta sus valores que

se ubican a la posición intermedia entre la época metalogénica de Sn-W y la de Pb-Zn-Ag.

Por lo tanto, en estas condiciones, la temperatura metalogénica puede estimarse como relativamente baja, además de preverse una diversidad de combinaciones de los minerales inclusive los de Sn-W y de Pb-Zn-Ag, y todo ésto concuerda con el concepto de la mineralización y la combinación de minerales del presente yacimiento de Ánimas.

Con los resultados que se obtuvieron a través del estudio de laboratorio sobre la inclusión flúida, se deduce que la temperatura metalogénica del yacimiento de Ánimas fué de 195 a 349°C y que dicha temperatura se fué bajando a partir del área de alta temperatura que abarca la veta Rosario como su centro hacia las veta Esperanza, Burton é Inca VI que se localizan al NE y también al SE, al mismo tiempo, los componentes metálicos del solución mineral también han ido pasando de sus etapas de transición, es decir, de la combinación de cobre-estaño a la de estaño-plomo-cinc-plata, así por el estilo.

Esta deducción concuerda con el hecho de que se reconocen, por una parte, únicamente en la veta Rosario los minerales de alta temperatura metalogénica como ser wolframita, rutilo, etc., por otra parte, en las veta Burton é Inca VI los minerales de baja temperatura metalogénica como ser wurtzita y marcasita, a pesar de que el yacimiento de Ánimas, tal como se ha mencionado anteriormente, es uno de los yacimientos que pertenecen al tipo "xenotermal" donde se producen una considerable variedad de minerales.

CAPITULO 3 CONCLUSION

Por los resultados que se obtuvieran a través de la investigación geológica de interior mina del presente año, han sido puestos en claro tanto la distribución exacta como la forma precisa del yacimiento de Animas, realizándose, además, en base a ello el examen crítico minucioso sobre mecanismo de formación del sistema de fisuras en que están emplazadas las vetas integrantes del ya mencionado yacimiento.

Igualmente, en base a los estudios detenidos sobre la composición y también combinación de los minerales inclusive sus inclusiones flúidas que se realizaran a base del análisis de ley y de la observación por microscopio, han sido aclaradas la distribución zonal de los principales metales y la temperatura metalogénica, consiguientemente, una parte de las características de la mineralización que se reconoce en esta área de estudio. En particular, a través de los estudios del presente año, se ha efectuado la clasificación cuantitativa por zona del yacimiento en estudio según la forma de combinación de los elementos metálicos y la diferencia de ley, también, se ha aclarado la característica de los bonanzas emplazados dentro de la misma veta, hechos éstos que servirán de guía útil no solamente para la exploración que se realice en lo posterior, sino también para la operación.

3-1. Geología

Los conocimientos elementales que se adquirieran a través de los estudios del primer año sobre la estratificación, la distribución y la estructura geológica del presente área de estudio, no han sufrido particularmente ninguna alteración aún con los estudios realizados en este año.

Con respecto a dacita Animas, se dedujo que éstas tendrían una

distribución en forma de domos de lava, presentando para con las rocas piroclásticas del área adyacente sus relaciones de intrusión y de transición parciales, aunque estas dacitas parecen ostentar litofacies netamente intrusivas. En cuanto a toba lapilli de Rancho Candelaria, que forman parte de la roca madre, se determinó que éstas son de litofacies muy variadas, además de encontrarse en etapas de transición a ser alteradas en toba y tota brecha.

3-2. Interpretación de sistema de fisura

El trabajo de interpretación que se efectuó en base a la investigación geológica de interior mina del presente año sobre la formación del sistema de fisura, nos ha conducido a una conclusión completamente diferente del resultado que se obtuvo en los estudios del primer año. Como se acordaba, en los estudios del primer año se ha intentado a efectuar un examen crítico minucioso sobre la formación del sistema de fisura utilizando únicamente un plano de vetas ya existente de nivel 302. Como resultante de ello, ha surgido una supuesta opinión concluyente, según la cual el sistema de fisura de coacción, de rumbo aproximadamente de NE-SO con buzamientos norte y sur, fue formado a causa de los máximos esfuerzos principales, de dirección más o menos vertical. Y dicha opinión atribuía los máximos esfuerzos principales a una parte de las actividades por dacita de Animas. Por lo tanto, entre el sistema de fisura y la estructura geológica del área no había ninguna relación.

Ahora bien, según lo que se comprende del resultado de la investigación geológica de interior mina que se realizó en el presente año, el sistema de fisura antes referido se compone de las fisuras de cizallamiento y de tensión, todas de formación primaria, y la dirección de los máximos esfuerzos principales que hicieron formar estas fisuras es de NE-SO y dichos esfuerzos

se consideran como estructurales y tectónicos. Esta dirección, NE-SO, se cruza en ángulo recto con el eje de plegamiento del sistema Ordovícico que constituye la estructura geológica básica del presente área, por lo que resulta armoniosa también con la estructura geológica generalizada del área, además de no ser contradictoria al hecho de que existen continuadamente estas fisuras desde dentro del Ordovícico hasta dentro de dacitas de Ánimas.

3-3. Distribución zonal

Desde hace tiempo las vetas del presente yacimiento se clasificaban globalmente en dos grupos, es decir, el grupo de plata-plomo y el otro de plata-estaño. Al primer grupo pertenecían veta Burton, veta Judíos, veta Inca II, veta Inca III, veta Arturo, veta Nueva, etc., y al segundo grupo, veta Colorada, veta Inca I, veta San Juan, etc., pero esta clasificación no indicaba cuantitativamente la naturaleza del presente yacimiento y de sus vetas integrantes.

En los estudios del presente año, se realizó la clasificación cuantitativa del presente yacimiento, subdividiéndolo en 5 zonas, desde zona I hasta zona V, según la forma de combinación de los elementos metálicos, leyes analizadas y correlaciones que se observan entre los elementos constituyentes. Asimismo, se practicó una serie de observación microscópica rigurosa como un respaldo mineralógico a fin de reconocer leyes analizadas y correlaciones de los elementos en cada una de estas zonas subdivididas. A continuación, se describe brevemente de la característica de cada zona.

Zona I : Se trata de un grupo de vetas de cobre-estaño-plata, representado por veta Rosario. La mayoría de sus principales minerales son pirita y cuarzo. Se observa una correlación directa muy evidente entre el estaño y la plata y entre el estaño y el cobre.

Zona II : Grupo de vetas de cobre-estaño, representado por veta Ánimas.

Los principales minerales en su mayoría son pirita y cuarzo. Se observa una correlación directa bien clara entre el estaño y el cobre y también entre el plomo y el cinc.

Zona III : Grupo de vetas de plomo-cinc-estaño-plata, representado por veta Esperanza, siendo sus principales minerales pirita, cuarzo, galena, esfalerita, etc. Se observa una correlación directa prominente entre la plata y el plomo, entre el cobre y el plomo y también entre el estaño y el plomo.

Zona IV : Grupo de vetas de plomo-cinc-estaño-plata, representado por veta Burton. Sus principales minerales son galena y esfalerita. Se observa una correlación directa bien clara entre la plata y el plomo, entre el cobre y al cinc, entre el estaño y el plomo y también entre el estaño y la plata.

Zona V : Grupo de vetas de plomo-cinc-(estaño)-plata, representado por veta Inca VI., siendo galena y esfalerita, sus principales minerales. Se observa una correlación directa entre la plata y el plomo, y una correlación indirecta prominente entre el plomo y el cinc y también entre el cobre y el cinc.

Por lo anterior, se evidenció que en el yacimiento, existe una estructura de distribución zonal en paralelo al rumbo de las vetas, identificable en base a la combinación y ley de los elementos metálicos así como la correlación que hay entre cada uno de los elementos.

3-4. Ley de mineral

En el presente estudio no se efectuó el examen crítico minucioso sobre la distribución en plano horizontal de los valores analizados de cada elemento, pero sí se practicó sobre la distribución en plano vertical de los valores analizados de las vetas Burton e Inca VI.

Como resultado de dicho trabajo, se aclaró que la veta Burton cuenta

con su parte enriquecida de cada elemento o sea parte concentrado, por lo menos, una parte concentrado tanto en el sector Este como en el sector Oeste y, al parecer, sus leyes analizadas van bajándose con regularidad a partir de sus partes concentradas hacia la dirección rumbeante de la veta. Por otro lado, la veta Inca VI cuenta con su parte concentrada sólo en un lugar y dicho bolsón presenta una característica más o menos similar a la de la veta Burton.

En vista de que la parte enriquecida de elementos o sea la parte concentrada tiende a desarrollarse concentrada y duplicadamente más o menos al mismo lugar, la composición mineralógica de tal parte concentrada tiene que ser necesariamente algo muy compleja. Por lo tanto, la distribución de ley de cada elemento presenta su tendencia a empobrecimiento simétricamente a partir de la parte concentrada como su centro hacia la dirección rumbeante de la veta, sin que por ello presente su variación en dirección vertical.

3-5. Minerales

El presente yacimiento produce una gran variedad de minerales. Los minerales que se han reconocido hasta el momento son los siguientes: Calcopirita, Tetraedrita, Covellina, Galena, Jamesonita, Bournonita, Sulfateras, Esfalerita, Casiterita, Estannita, Frankeita, Pirargirita, Canfieldita, Pirita, Arsenopirita, Siderita, Marcasita, Magnetita, Pirrotina, Bixbita, Bismutina o bismutita, Ag-Sn-Pb-Sulfosales, Cuarzo, Sericita, etc.

Aparte de éstos ya mencionados, se reconocieron nuevamente a través de los estudios efectuados en el presente año los siguientes minerales y sulfosales.

Plagionita ($Pb_5Sb_8S_{17}$), Bi-Plagionita, Ag-Plagionita, Bismuto nativo, Ferberita ($FeWO_4$), Huebnerita o Hübnerita ($MnWO_4$), Wolframita [$(FeMn)WO_4$]. Cinquenita ($Pb_6Sb_{14}S_{27}$), Boulangerita ($P_5Sb_4S_{11}$), Gudmundita ($FeSbS$),

Bi-Ag-Sulfosales, Pb-Zn-Sulfosales, Pb-Sn-Sulfosales, Ag-Sn-Sulfosales, Pb-Fe-Sulfosales y Rutilo.

Entre estos minerales, la presencia de Wolframita, Rutilo, Wurtzita, etc., cuya existencia fué debidamente confirmada, ha sido de utilidad para calcular temperatura de mineralización por su calidad de servir como termómetro geológico y también para realizar el examen crítico minucioso sobre resultados del estudio de la inclusión flúida, que se menciona más adelante. En cuanto a los minerales de sulfato de hierro excepto pirita, se reconoce que en zona I se produce arsenopirita en forma muy generalizada, pero su cantidad se va disminuyendo paulatinamente conforme a que se vaya pasando a zona II, zona III y zona IV, sobre todo, en zona V su cantidad es apenas del orden de 30% de lo que produce zona I. Por otra parte, pirrotina no está reconocida totalmente en las zonas I, II, III, pero ésta sí aparece sólo en un lugar dentro de zona IV. En zona V, ella aparece con más frecuencia. En cuanto a marcasita, no se la reconoce absolutamente nada en las zonas que comprenden desde zona I hasta zona IV, pero dentro de zona V se la reconoce en dos lugares. En lo referente a las clases y formas de distribución de los sulfosales complejos, se observa que en términos generales las zonas, zona IV y V, los producen con una abundancia abrumadora en comparación con zona I. Se considera que cualquier estudio detenido que se realice sobre esta materia aportará una gran utilidad para esclarecer propiedades geofísicas y geoquímicas de la mineralización del yacimiento.

3-6. Inclusión flúida

En el presente año se realizó el trabajo de muestreo de la inclusión flúida desde la veta Rosario, veta Esperanza, veta Burton, etc. con el propósito de medir sus temperaturas de homogenización, al mismo tiempo,

efectuando la medición de salinidad sobre una parte de las muestras a fin de calcular temperaturas metalogénicas correspondientes. Los resultados obtenidos nos indican que la temperatura metalogénica del presente yacimiento fué de 195°C a 349°C y dicha temperatura era más alta en el sector de la veta Rosario pero se fué bajando gradualmente hacia el NE y también hacia el Este. Como ya se mencionó anteriormente, los resultados que se obtuvieron a través de estos estudios de laboratorio concuerdan muy bien con los resultados del estudio de termómetro geológico que se realizó utilizando algunas clases de minerales antes referidos.

Se considera que el estudio de inclusión flúida ahora realizado servirá en lo posterior como un método positivo de exploración para localizar focos de mineralización y también para rastrear dirección afluente del solución mineral, etc.

3-7. Mineralización

El presente yacimiento está compuesto por una serie de vetas complejas en las cuales se encuentran cristalizados y formados casi simultáneamente una gran diversidad de minerales singenéticos.

No obstante, el estudio detenido global sobre sus ley analizada, su forma de distribución de ley su composición mineralógica, así como resultado del estudio de inclusión flúida, nos permite puntualizar en la siguiente forma el resumen de la mineralización que se reconoce en el yacimiento:

- (1) La temperatura de mineralización fué más alta en las proximidades de zona I como su foco, pero de aquí hacia alrededor se fué bajando. Esta deducción será confirmada, a la vez, justificada a través del estudio de laboratorio de la inclusión flúida y del estudio de termómetro geológico.
- (2) La estructura zonal del presente yacimiento se desarrolla en paralelo a las vetas. Este fenómeno fué verificado por el hecho de que el yacimiento

es dividible en 5 zonas integrantes según sus rasgos distintivos que se observan con respecto a la forma de combinación y la ley y también la correlación de los elementos componentes.

(3) Dentro de la misma veta existe más de un centro de mineralización, y tal centro de mineralización no ha cambiado de su ubicación. También, tal centro de mineralización es el mismo que el centro de mineralización de cada elemento, salvo ciertos casos de excepción.

Se comprende todo ésto al echarles una mirada a los hechos de que dentro de la veta Burton existen 2 bonanzas enriquecidos de cobre, plomo, cinc, estaño, plata, etc. y también a partir de estos bonanzas hacia la dirección de rumbo de la veta los valores de ley de cada elemento van bajándose en forma simetrical.

(4) Aunque se observa entre estos diversos minerales de mena cierta diferencia de cantidad genética, la época metalogénica de estos minerales puede considerarse como de índole singenética más o menos. Esto es bien claro si se toma en cuenta la observación a simple vista y también por microscopio de los minerales, así como la relación de paragenesis de los mismos.

BIBLIOGRAFIA

1. Billings, M.P. (1973) : Structural Geology, Charles E. Tuttle Company, Tokyo, 514P.
2. CMH PHOB, B.M. (1968) : Economic Geology, Lattice Co., Ltd., Tokyo, 859P. (translated in Japanese)
3. Hass, J.L., Jr., (1971) : The Effect of Salinity on the Maximum Thermal Gradient of a Hydrothermal System at Hydrostatic Pressure ; Economic Geology, Vol. 66, P940 - 946.
4. Heinrich, E. Wm. (1965) : Microscopic Identification of Minerals, McGraw - Hill Book Company, New York, 414P.
5. Kelly, Wm. C., and Turneaure, F.S. (1970) : Mineralogy, Paragenesis and Geothermometry of the Tin and Tungsten Deposits of the Eastern Andes, Bolivia ; Economic Geology, Vol. 65, P609 - 680.
6. Lemmlein, G.G., and Klevtsov, P.V. (1961) : Relations among the Principal Thermodynamic Parameters in a Part of the System H₂O - NaCl ; Geochemistry, No.2, P148 - 158.
7. Mckinstry, H.E. (1953) : Shears of the Second Order ; American Journal of Science, Vol. 251, P401 - 414.
8. MMAJ/JICA (1980) : Informe de Investigación Geológica en Area Gran Chocaya, Republica de Bolivia, Vol. 1.
9. Potter, R.W., II, Clynne, M.A., and Brown, D.L. (1978) : Freezing Point Depression of Aqueous Sodium Chloride Solutions ; Economic Geology, Vol. 73, P284 - 285.
10. Roeder, E. (1967) : Fluid Inclusions as Samples of Ore Fluids ; Barnes, H.L., ed., Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits, Holt, Rinehat, and Winston, Inc., New York, P515 - 574.
11. Saigusa, M (1958) : Geology and Mineralization of the Akenobe Mine, Hyogo Prefecture, Japan ; Mining Geology, Vol. 8, P218 - 238. (in Japanese)
12. Takenouchi, S (1975) : Basic Knowledge on Studies of Fluid Inclusions in Minerals - 2 - ; Gem News, Vol. 2, P66 - 73. (in Japanese)

13. Takenouchi, S (1975) : Basic Knowledge on Studies of Fluid Inclusions in Minerals - 3 - ; Gem News, Vol. 2, P110 - 121. (in Japanese)
14. Tatsumi, T. (1977) : Fundamental of Contemporary Economic Geology, University of Tokyo Press, 257P.
15. Uemura, T., and Iwamatsu, A. (1979) : Joint, Fault, and Stress Field ; Earth Science, Iwanami Shoten Co., Ltd. Tokyo, P137 - 160. (in Japanese)

PARTE II
PROSPECCION GEOFISICA
(METODO IP)



CONTENIDO

PARTE II PROSPECCION GEOFISICA (METODO IP)

CAPITULO 1	RESEÑA DE TRABAJO	7
CAPITULO 2	GEOLOGIA Y YACIMIENTO DEL AREA DE TRABAJO	9
CAPITULO 3	METODO DE INVESTIGACION	11
3-1	Establecimiento de líneas y medición	11
3-2	Instrumentos de medición	12
3-3	Trabajos de investigación del método IP	13
3-4	Trabajos de medición de propiedad física de rocas	14
CAPITULO 4	SISTEMA DE INTERPRETACION	17
4-1	Método de expresión de los resultados de medición de método IP	17
4-2	Corrección por topografía	17
4-3	Interpretación de simulación por el método de elemento finito	18
CAPITULO 5	RESULTADOS DE INVESTIGACION Y OBSERVACION	21
5-1	Resultados de medición de propiedad física de rocas y observación	21
5-2	Perfil de líneas de medición y observación	22
5-3	Planos de distribución de resistividad aparente y observación	31
5-4	Planos de distribución de FE y observación	34
5-5	Planos de distribución de MF y observación	36
5-6	Resultados de interpretación de simulación y observación	36
5-7	Planos de resultados generales	38
CAPITULO 6	CONCLUSION Y PERSPECTIVA FUTURA	43
	Bibliografía	45

LISTA DE FIGURAS

- Fig. II-3-1 Disposición promedio de Dipolo-Dipolo
- Fig. II-3-2 Disposición Dipolo-Dipolo
- Fig. II-3-3 Mapa de resumen del sistema de la medición de las muestras de rocas
- Fig. II-4-1 Método de elemento finito para la interpretación
IP 'red de bace'
- Fig. II-4-2 Método de elemento finito para la interpretación
IP 'red topográfica'
- Fig. II-5-1 Mapa de ubicación de extracoiñ de las muestras de rocas
- Fig. II-5-2 Correlación entre resistividades y FE por medición en laboratorio

LISTA DE TABLAS

Tabla II-3-1	Lista de método IP
Tabla II-5-1	Resultados de medición del método IP de las muestras de rocas
Tabla II-5-2	Resultado de medición por disposición por medio de Polo-Dipolo

LISTA DE PLANOS

PL. II-1-1	Mapa de ubicación de líneas y puntos del estudio geofísico de Area	1:5,000
PL. II-2-1	Perfiles de la línea "A"	1:5,000
PL. II-2-2	Perfiles de la línea "B"	1:5,000
PL. II-2-3	Perfiles de la línea "C"	1:5,000
PL. II-2-4	Perfiles de la línea "D"	1:5,000
PL. II-2-5	Perfiles de la línea "E"	1:5,000
PL. II-2-6	Perfiles de la línea "F"	1:5,000
PL. II-2-7	Perfiles de la línea "G"	1:5,000
PL. II-2-8	Perfiles de la línea "H"	1:5,000
PL. II-2-9	Perfiles de la línea "I"	1:5,000
PL. II-2-10	Perfiles de la línea "J"	1:5,000
PL. II-2-11	Perfiles de la línea "K"	1:5,000
PL. II-2-12	Perfiles de la línea "L"	1:5,000
PL. II-2-13	Perfiles de la línea "M"	1:5,000
PL. II-2-14	Perfiles de la línea "N"	1:5,000
PL. II-2-15	Perfiles de la línea "O"	1:5,000
PL. II-3-1	Mapa de las resistividades aparentes (n:1, profundidad = 100 m)	1:5,000
PL. II-3-2	Mapa de las resistividades aparentes (n:3, profundidad = 200 m)	1:5,000
PL. II-3-3	Mapa de las resistividades aparentes (n:5, profundidad = 300 m)	1:5,000
PL. II-3-4	Mapa de los efectos de frecuencia (n:1, profundidad = 100 m)	1:5,000

P1. II-3-5	Mapa de los efectos de frecuencia (n:3, profundidad = 200 m)	1:5,000
P1. II-3-6	Mapa de los efectos de frecuencia (n:5, profundidad = 300 m)	1:5,000
P1. II-3-7	Mapa de los factores de conducción metálica (n:1, profundidad = 100 m)	1:5,000
P1. II-3-8	Mapa de los factores de conducción metálica (n:3, profundidad = 200 m)	1:5,000
P1. II-3-9	Mapa de los factores de conducción metálica (n:5, profundidad = 300 m)	1:5,000
P1. II-4-1	Simulación por computadora (línea "B")	1:5,000
P1. II-4-2	Simulación por computadora (línea "F")	1:5,000
P1. II-4-3	Simulación por computadora (línea "I")	1:5,000
P1. II-5-1	Mapa explicativo de la polarización inducida y estructura geológica	1:5,000

CAPITULO 1 RESEÑA DE TRABAJO

En este trabajo se realizó la prospección geofísica (el método IP) en los alrededores de yacimientos de Inocentes, donde los resultados de la investigación del segundo año en cuanto al área Gran Chocaya indicó gran posibilidad de poseer yacimientos aclarados por la investigación del primer año.

El área de estudio se ubica en la prolongación suroeste de las vetas principales de mina Animas (Veta Burton, Veta Rosario), y dentro del área ya se trabaja en los yacimientos de Inocentes (Veta Nueva).

En este grupo de yacimientos hay mucha probabilidad de su extensión hacia su prolongación y su parte inferior, y al mismo tiempo se espera la existencia de otras vetas paralelas.

En esta prospección geofísica, se realizó el método de polarización inducida por la disposición de electrodos de Dipolo-Dipolo, con su totalidad de 17.2 km.

CAPITULO 2 GEOLOGIA Y MACIMIENTO DEL AREA DE TRABAJO

La geología del área investigada está formada de las fajas alternantes de arenisca y pizarra de Ordovícico como basamiento, y encima de estas fajas, con discordancia consta de toba brecha, toba brecha volcánica y toba arenisca de Terciario. Y encima de ella la geología está formada por lavas dacíticas.

En cuanto a yacimiento se encuentra un grupo de vetas que penetra pizarra del basamiento, toba y dacita, formado principalmente de esfalerita, galena, estaño y pirita.

Al oreste del área de estudio se explota el yacimiento Inocentes, en el que se explora un grupo de vetas cuya roca madre es dacita. Entre el grupo la veta más poderosa es la veta Nueva, con 1.0 m del ancho máximo y con 100 m de la prolongación.

En cuanto a la ley Zn en su máximo es 31.16%, y Pb es 37.64% y contiene S y poca cantidad de Sn.

~

2

CAPITULO 3 METODO DE INVESTIGACION

3-1. Establecimiento de líneas y medición

Para la conveniencia el área estuvo dividido en dos partes, la zona A (nombre provisional) y la zona B (Nombre provisional). Y en la zona A se establecieron 4 líneas de medición ($1.0 \text{ km} \times 4 = 4 \text{ km}$), en la zona B 11 líneas ($1.2 \text{ km} \times 11 = 13.2 \text{ km}$), por lo cual en las dos zonas se establecieron 17.2 km de líneas.

En la zona A se colocó el punto de referencia de líneas en el punto de bifurcación del valle (4,225 m sobre el nivel del mar), que es la posición clara en el plano de plan de las líneas medidas. Y se colocó el punto C-1, a la dirección de 225 grados, a 30 m del punto de referencia. Y se colocó C-0 a la dirección de 315 grados a 100 m del punto C-1, y se colocaron los puntos desde C-2 hasta C-10 a 135 grados, a cada 100 m de intervalo.

Se colocó el punto D-0 a la dirección de 225 grados, a 200 m del punto C-0 y también se colocaron B-0 y, A-0 a 45 grados y a cada 100 m de intervalo desde el punto de referencia de D-0, y de la misma manera se colocaron los puntos de la A a 10 de B y los de A.

En cuanto a la zona B se instaló el punto de referencia en la entrada del elevador del cuadro Inocentes. Desde este punto de referencia a 225 grados y a 30 m se colocó un punto, del cual a la dirección de 315 grados y a 286 m se estableció el punto L-0. Y se establecieron los puntos de referencia de la línea medida de M-0 a O-0 a 315 grados y a cada 200 m de intervalo desde el punto de referencia de L-0 y de mismo modo se colocaroj los puntos de K-0 a E-0 a 45 grados y a cada 200 m. En cuanto a los puntos de cada línea, se decidieron los puntos de 1 a 12 a 135 grados, a cada 100 m de intervalo de cada punto de referencia.

Para las medidas se usaron teodolito sencillo y cinta.

3-2. Instrumentos de medición

Los instrumentos de medición usados para la investigación son los siguientes:

(a) Transmisor de IP

Modelo CH-8003T (para el dominio de frecuencia) manufacturado por El Laboratorio Electrónico de Chiba

Potencia de salida : Máximo 3.5 kw

Voltaje : Máximo 1000 V

Corriente : 0.1 A ~ 3.5 A 10 transformación

(b) Receptor de IP

Modelo CH-8003R (para el dominio de frecuencia) manufacturado en El Laboratorio Electrónico de Chiba

Impedancia de entrada : 300 k Ω desequilibrio

Alcance de medición : 0.1 mV ~ 10V

Frecuencias : 0.1, 0.3 1.0, 3.0 Hz

Precisión : 0.2%

(c) Motor generador

Modelo 421 manufacturado por la compañía Geotronics

Voltaje de salida : 115 V AC

Frecuencias : 400 Hz

Potencia de salida : 2.0 kw

Modelo del motor : un cilindro, motor de 4 tiempos de gasolina

(d) Electrodo, etc.

Electrodo de corriente de superficie :

red de cobre 16 redes, cuadrado con 30 cm aproximadamente de un lado

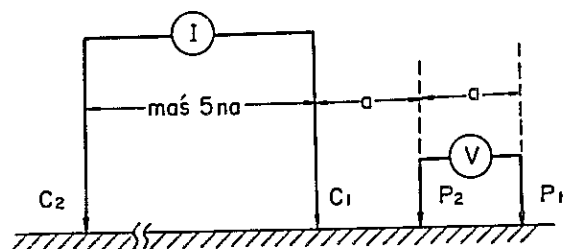
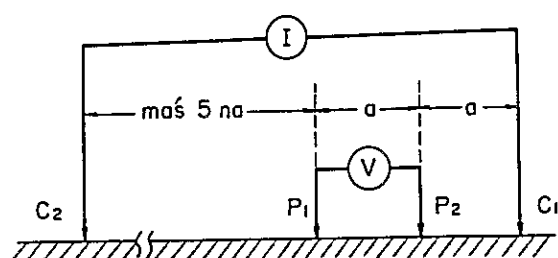
Electrodo de potencial de superficie :

electrodo de cobre - sulfato cúprico

Tabla II-3-1 Lista de método IP

Nombre de línea	Longitud de línea (Km)	Intervalo de electrode (m)	Profundidad (n)	Número de puntos medidos
A	1.0	100	1 ~ 5	0 ~ 10
B	1.0	100	1 ~ 5	0 ~ 10
C	1.0	100	1 ~ 5	0 ~ 10
D	1.0	100	1 ~ 5	0 ~ 10
E	1.2	100	1 ~ 5	0 ~ 12
F	1.2	100	1 ~ 5	0 ~ 12
G	1.2	100	1 ~ 5	0 ~ 12
H	1.2	100	1 ~ 5	0 ~ 12
I	1.2	100	1 ~ 5	0 ~ 12
J	1.2	100	1 ~ 5	0 ~ 12
K	1.2	100	1 ~ 5	0 ~ 12
L	1.2	100	1 ~ 5	0 ~ 12
M	1.2	100	1 ~ 5	0 ~ 12
N	1.2	100	1 ~ 5	0 ~ 12
O	1.2	100	1 ~ 5	0 ~ 12

Fig. II - 3 - I Disposición promedio de Polo - Dipolo



Cable :

VSF 125 mm² de vinilo

Aparatos de medición :

teodolito sencillo manufacturado por la compañía de Ushikata

100 m de cinta de eslón

Emisor - receptor portátil :

RJ-360A manufacturado por la compañía de NATIONAL

3-3. Trabajos de investigación del método IP

Para esta investigación se adoptó el dominio de frecuencia. Entre varias disposiciones de electrodos que tiene este método, para la investigación se utilizó el de Dipolo-Dipolo, que tiene menos embarque electromagnético entre cables y que se adopta en general.

Y en unas partes se adoptó el método de la disposición promedio de Polo-Dipolo.

(a) El método de disposición promedio de Polo-Dipolo

Están enseñadas las disposición de electrodos en la Fig. II-3-1.

Para la medición se adoptaron el sistema de electrodo de corriente móvil C₁-P₁- P₂ y su contrariedad P₁-P₂-C₁ y después se calculó el valor promedio.

El intervalo del sistema de electrodos móvil es 1.5 m. Electrodos lejanos C son más de 50 m.

(b) El método de Dipolo-Dipolo

Las disposiciones de electrodos están mostradas en la Fig. II-3-2.

La longitud de Dipolo "a" es 100 m, el factor de intervalo n es de 2 a 5 en los dos cabos de líneas y de 1 a 5 en otros casos. La profundidad de perforación es de 100 a 300 m en el vértice del triángulo isósceles rectángulo.

3-4. Trabajos de medición de propiedad física de rocas

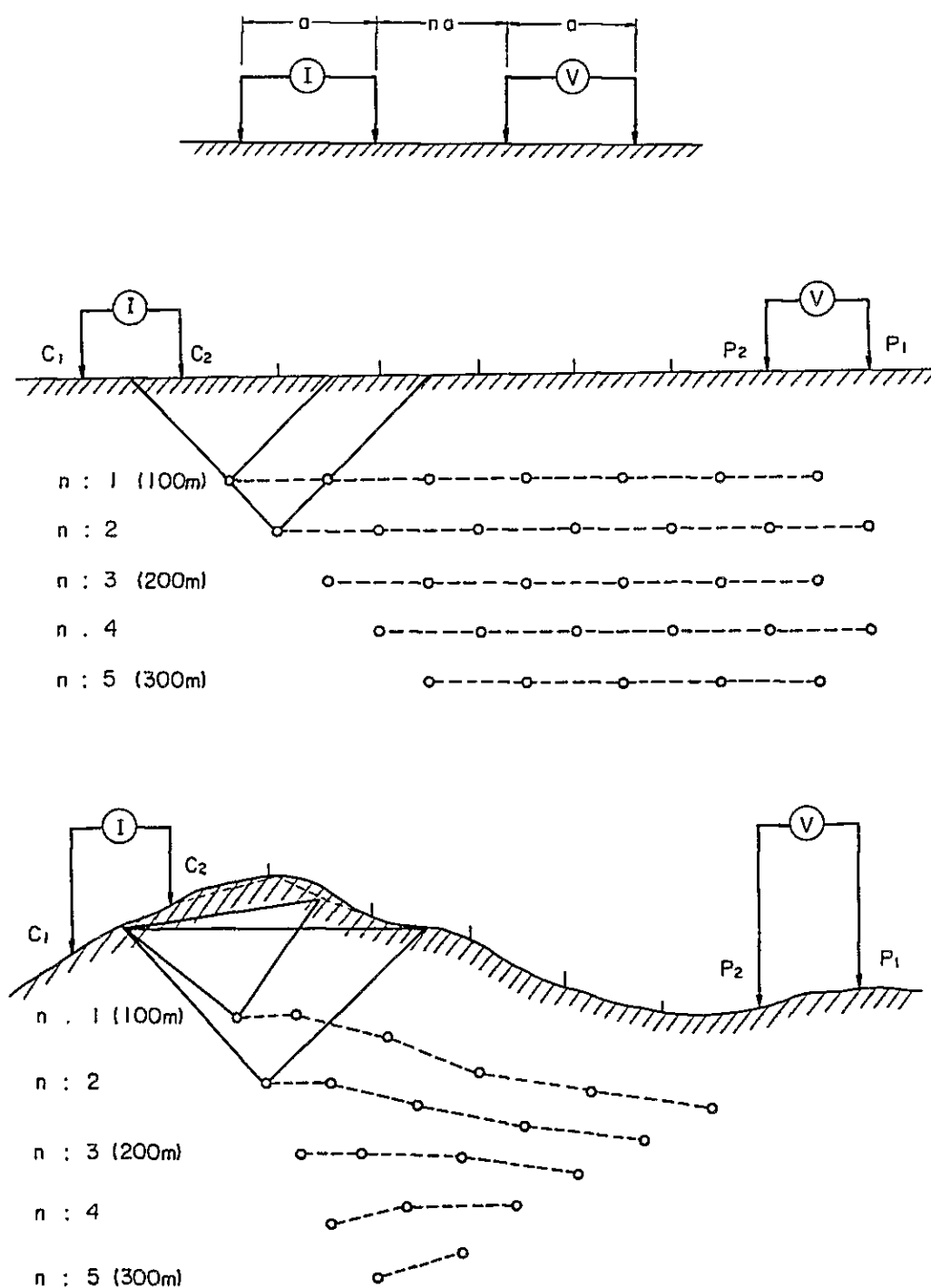
Se sacaron 35 rocas y muestras de mineral en el área de estudio y su alrededor y se midieron por el método de IP para el base de dar modelo de la interpretación en simulación y la interpretación de dato de IP de superficie.

(a) Método de medición

Para la medición se adoptó el dominio de frecuencia. Su método de expresión es igual que el de la medición IP de superficie.

Parece que la condición de inclusión de agua en las muestras se ha convertido ya que se ha pasado varios meses después de extracción, por lo cual, se miden después de estar remojadas por un día en la solución arreglada a 70 Ω -m (agua corriente + Kcl). El sistema de medición está ensañado en la Fig. II-3-3. Cortan ambos cabos de muestras, cuyos tamaños son igual que jabón, por cizalla diamantina, para ajustarlas a una forma de rectángulo, y luego las levantan en el tenedor para la medición. En cuanto a electrodos, primero pegan bien cable de platino con forma de resorte como electrodo de potencial a los dos cabos de muestras intercalada de varios papeles de filtro, y segundo continuadamente ponen papel de filtro con 2.5 cm de grueso para separar otro cable de platino de misma forma como electrodo de corriente. Encima de electrodo de corriente colocan tabla de cloruro de vinilo con una pesa para sostener las muestras. Para la medición, primero comprueban las ondas de corriente eléctrica por la resistividad pura, segundo como prueba del sistema de medición meten papel de filtro en el tubo de cloruro de vinilo de 50 mm de diámetro, 45 mm de longitud para hacer muestras de rocas imitativas y luego hacen la medición de IP. Como los resultados, la libreta de campo enseña FE 0.00 \sim 0.01, que es el valor muy bajo. Y la densidad de corriente media es de 0.3 a 0.6 μ A/cm² de resistividad de proporción de muestras está

Fig. II - 3 - 2 Disposición Dipolo - Dipolo



calculada por la fórmula siguiente:

$$P = (V/I) \cdot (S/l) : \Omega\text{-m}$$

V : diferencia de potencial eléctrica (V)

I : valor de corriente eléctrica (A)

S : área de perfil de testigo (m²)

l : longitud de testigo (m)

(b) Instrumento de medición

Transmisor de IP :

Modelo TSS-22-20 manufacturado por El

Laboratorio Electrónico de Yokohama

Corriente eléctrica 1 μ A ~ 10 mA

Forma de onda onda rectangular 0.3 Hz, 3 Hz

Receptor de IP :

Modelo 7505Z manufacturado por El Laboratorio

Electrónico de Yokohama

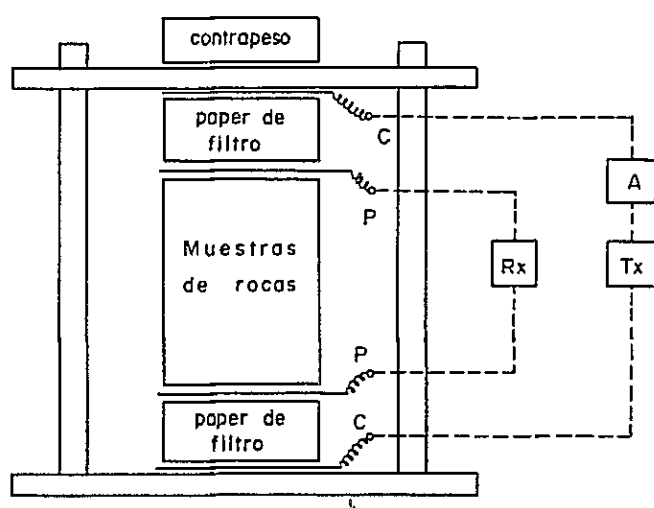
potencial electrico de

Area de medición una dimensión 1 mV ~ 10 V

Polo :

Alambre de platina 0.3 mm de diámetro

Fig. II-3-3 Mapa de resumen del sistema de la medición de las muestras de rocas



- Tx Transmisor
- Rx Receptor
- A Amperímetro

CAPITULO 4 SISTEMA DE INTERPRETACION

4-1. Método de expresión de los resultados

Del valor de corriente eléctrica del transmisor I (Amp), de expresión de potencial Vp (mV) y del valor de alcance se calcula resistividad aparente ρ_a (Ω -m) usando la fórmula que sigue:

$$\rho_a (\Omega\text{-m}) = K \cdot V_p \cdot \text{alcance} / I$$

K es factor geométrico

Miden FE estableciendo la frecuencia como 3.0 Hz y 0.3 Hz.

Estableciendo resistividad aparente como ρ (3.0) y ρ (0.3) se puede expresar la formula FE (%) = $[\rho(0.3) - \rho(3.0)] \times 100\% / \rho(3.0)$, lo cual puede leer con el receptor.

Por la razón de que frecuentemente sulfuro metálico muestra resistividad aparente baja y FE alto, se usa la proporción de FE con resistividad aparente como el índice de efecto de mineral metálico. Esta proporción se le denomina Factor de Conducción Metálico, (MF) y se define como $MF = FE / \rho_a \times 10^3$.

Los valores de resistividad aparente, FE y MF están mostrados en el punto del triángulo isósceles cuya base es del punto medio de electrodos corrientes C₁ y C₂ al punto medio de electrodos potenciales P₁, P₂ en el plano de sección. (Fig. II-3-2).

4-2. Corrección por topografía

Cuando se mide resistividad aparente usando las disposiciones de electrodos, en caso de que la topografía subterránea es eléctricamente homogénea-isotrópica resulta que no es uniforme resistividad aparente que se ha calculado suponiendo de que la tierra es plana. En caso de las disposiciones de electrodo de Dipolo-Dipolo, por lo general resistividad

aparente es alta en los sitios convexos y baja en cóncavos.

En cuanto a las líneas de medición que pasan por la topografía ondulada en el área del estudio se hicieron corrección topográfica, lo cual tienen que considerar para la interpretación.

4-3. Interpretación de simulación por el método de elemento finito

Para el método de interpretación de cantidad en los resultados de este estudio de IP, se ha adoptado el método de elemento finito de dos dimensiones. Por este método se puede calcular la influencia topográfica en la precisión más alta que el de cuadrado "reja" que se ha usado en general para la interpretación de IP.

Recientemente el método de elemento finito está ampliamente usado para el método de solución en el problema del campo del potencial físico. Este método es basado en el principio de que el campo de potencial físico está difundido en el espacio de modo que energía total del campo se haga la más baja. Este método también está aplicado para estudiar la interpretación de construcción y conducción termal (véanse la referencia), y estos días va siendo aplicado para la interpretación de los resultados de prospección eléctrica. (Véanse la referencia)

En caso del método de resistividad y el de IP, el campo eléctrico subterráneo causado por origen de corriente eléctrica de punto se distribuye de modo que la energía total se haga la más baja. En este caso, la condición que la energía total sea la mínima está enseñada por la ecuación siguiente :

$$\Delta f - \frac{f(\phi)}{r^2} = 0 \quad \dots\dots\dots (1)$$

donde, $f(\phi)$ es función de potencial eléctrico ϕ introducido de ecuación electromagnética de Maxwell y en el caso del campo eléctrico estacional la función está mostrada por la ecuación siguiente usando conductividad

eléctrica ϕ y densidad de corriente J_s .

$$f(\phi) = \delta(\nabla\phi)^2 - 2J_s \cdot \nabla\phi \quad \dots\dots\dots (2)$$

La ecuación (1) es integral en volumen total de la tierra donde la corriente eléctrica derivada de origen de punto eléctrico corre, pero en caso del método de elemento finito, potencial eléctrica ϕ es aproximadamente obtenido por volumen finito en el tamaño suficientemente grande.

La presente interpretación se trató como el problema de dos dimensiones y se adoptó el área suficiente de perfil (longitud horizontal 17.1 km, longitud vertical 7.1 km) en vez de usando volumen. Esta área de perfil estuvo dividido en muchas formas triangulares (elementos de N partes), que están nombradas V_1, V_2, \dots, V_n , entonces la integración está sustituida por lo siguiente :

$$\int_V f(\phi) \, dV = \sum_{V_i} \left[\int_{V_i} f(\phi) \, dV \right] \quad \dots\dots (3)$$

Hacen áreas de los elementos pequeños, de modo que la precisión suficiente se pueda tomar aunque el vector eléctrico es constante en cada elementos. Por tal aproximación la integración en los paréntesis de la ecuación (3) se hace una función simple de potencial eléctrico (ϕ_1, ϕ_m, ϕ_n) de un punto de las formas triangulares. Por lo cual ecuación aproximada de integración entera está mostrada por lo siguiente :

$$\int_V f(\phi) \, dV = G(\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_M) \quad \dots\dots (4)$$

donde M es número de vértices. La condición de la energía menor está mostrada por M partes de ecuación.

$$\begin{aligned} G/\phi_1 &= 0 & \dots\dots (5) \\ &\vdots \\ &\vdots \\ &\vdots \\ G/\phi_M &= 0 \end{aligned}$$

Estas ecuaciones son las ecuaciones con varios incógnitas de ϕ_1, \dots, ϕ_M , y mostradas por la siguiente ecuación de determinante)ecuación normal

$$T(\phi) = (S) \dots\dots (6)$$

donde T es determinante de M colimna en M línea, (ϕ) es matrix de potencial eléctrico y matrix (S) incluya sólo el valor de la corriente eléctrica.

En esta interpretación como "red de base" y "red topográfica" enseñadas en Fig. II-4-1 y Fig. II-4-2 respectivamente. Se usaron como "red" de elementos, resultó que M eran 846 partes y N 1603 partes. Las formas de los elementos más pequeños se decidió triángulo rectángulo con un lado de 100 m en "red de base" y triángulos pequeños y rectángulos cerca de los puntos de medición en "red topográfica" para la presición alta de aproximación del modelo. Si valor de resistividad y el de polarizabilidad están dados matrix T está determinado, y además si la localidad de origen de la corriente eléctrica está dada, vector S está decidido. Solucionando la ecuación (6) están dados todas potencias de Node tales como $\phi_1 \dots \phi_M$. En esta calculación se utilizaron ACOS-300 o TOSBAC-5600. Usando potencial eléctrico que se necesita para la simulación entre estos valores de ϕ , calcularon resistividad aparente de dos dimensiones por la ecuación común.

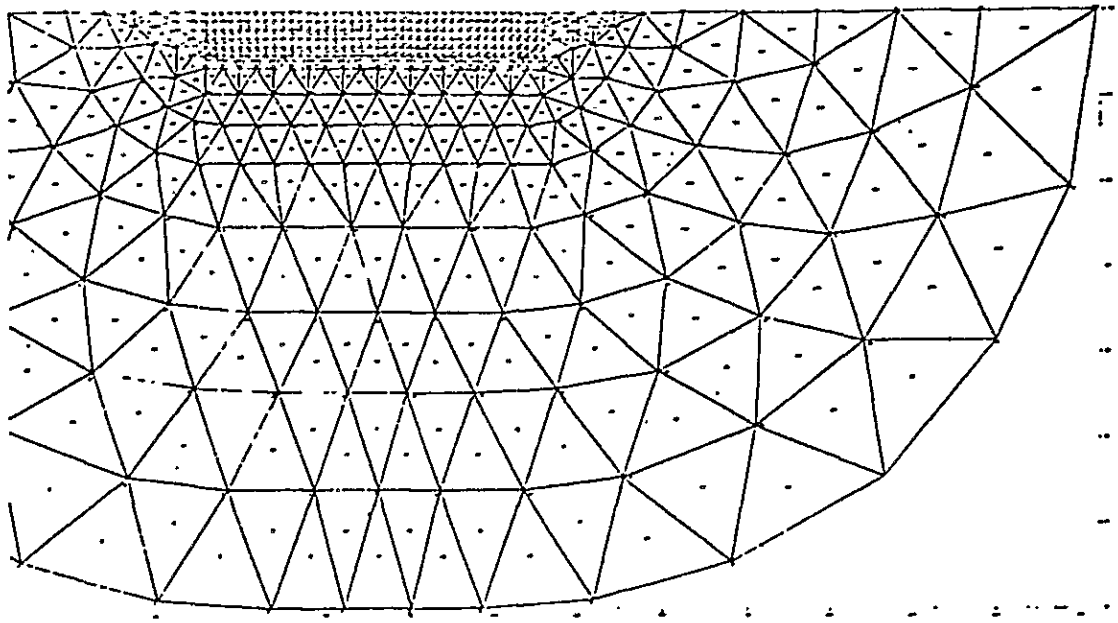
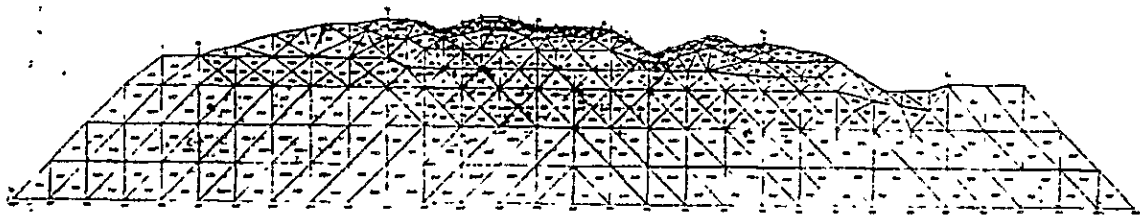


Fig. II-4-1 Método de elemento finito para la interpretación IP
「red de base」



Línea C

Fig. II-4-2 Método de elemento finito para la interpretación IP
「red topográfica」

