No. 15

ボリヴィア共和国

鉄山廃鉱近代化計画調査

報告書

（第1年次）

1982年3月

国際協力事業団

[redacted]

設計室

[redacted]

82・8

ボリヴィア共和国

鉱山施設近代化計画調査

報　告　書

（第１年次）

１９８２年３月

国際協力事業団

はしがき

日本政府は，ボリヴィア共和国政府の要請に基づき同国鉱山施設近代化計画のフィージビリティ調査を行うこととし，その実施を国際協力事業団に委託した。

当事業団は隅田実氏（同和工営株式会社）を団長とする調査団を編成し，1981年7月13日より75日間にわたる現地調査を行なった。

調査団はボリヴィア共和国政府及び関係機関の協力を得て，プロジェクト関連地域の現地踏査，関係資料の収集等の現地調査を実施し，そののち同現地調査によって得られた結果及び資料に基づき，データの検討，解析等の国内作業を行った。

本報告書はこの成果を取りまとめたものである。本報告書がボリヴィア共和国における鉱業の近代化に貢献できれば幸いである。

終りに，本調査の任に当たられた団員の労を多とするとともに，調査に際し多大の協力をいただいた，ボリヴィア共和国政府，在ボリヴィア日本大使館，外務省及び通商産業省の関係各位に対し，衷心より感謝の意を表わすものである。

1982年3月

国際協力事業団

総裁　有田圭輔

目　　次

FIGURES

TABLES

APPENDICES

Fig. 1 Location Map

要　約

要　　約

1. 目　　的

ボリヴィア共和国　カタビ　鉱山の調査はボリヴィア共和国鉱山施設近代化計画調査の名称の下に，その第1年次として下記のとおり実施した。

現地調査日程

探査部門 …… １９８１年７月１３日～９月１０日（６０日間）

採鉱，選鉱，工務部門 …… １９８１年７月１３日～９月２５日（７５日間）

管理部門 …… １９８１年８月～１１月（３０日間）

国内解析及び，報告書作成日程

１９８１年９月～１９８２年３月

調査の目的は，現地においてはCatavi鉱山の現状の把握と試料及び資料の収集，日本国内においては，資料の検討と試料の各種試験を行い改善すべき問題点を抽出し，第２年次の近代化計画策定のための指針を得ることにある。

2. 現　　状

1）探　　査

Catavi鉱山は首府La Pazの東南方約３００kmの東アンデス西麓に位置し，鉱山はJuan del Valle山（ファン・デル・バリェ海抜4,６００ｍ）と，その裾野を占め，事務所は3,700ｍの地点にある。鉱床は，主として，てシルル系の背斜部に貫入した石英斑岩（La Salvadora岩体）中に胚胎するゼノサーマル型錫鉱床である。

主な鉱脈は３９本あり，それらの間に約2,０００本の分岐脈が走っている。現在，主脈は殆んど採掘しつくされ，主として分岐脈の濃集している範囲をブロックケービング法で採掘している。

鉱脈の構成鉱物は錫石を主とし，一般に黄鉄鉱を伴う。今回の調査により錫と略々同量のチタン鉱物（主にRutile）の存在が確認された。その他，鉄マンガン重石，輝蒼鉛鉱，方鉛鉱などの有価金属鉱物のほか，ＥＰＭＡにより希土類鉱物が観察された。脈石は石英と電気石が主なものである。

鉱脈鉱床のほか，Juan del Valle山麓にはCentenarioとCarmenの２つの漂砂鉱床がある。

2）埋蔵鉱量

１９８１年６月現在，保有している埋蔵鉱量を要約すれば次のとおりである。

	概数 t	Sn %	錫量 t
坑　内（可採鉱量）	3,656,200	0.46	16,702
Desmonte（廃石）	21,961,800	0.27	59,845
Relaves　（廃滓）	32,262,200	0.37	118,686
Veneros（漂砂鉱床）	297,249,000	0.01	30,558

又，Catavi 鉱山では将来の開発に備えた分岐脈の密集区域に大規模なブロックケービングを計画しており，1981年9月現在でBlock Central の鉱量評価が実施された。その結果は鉱量総計38,305,920t，平均品位 Sn：0.20％である。

3) 生産状況

1980年の生産状況は次のとおりである。

採掘粗鉱量	1,296,776t	（約5,000t/日）
粗鉱品位	0.32％Sn	
精鉱量	6,181t	37.02％ Sn
精鉱金属量	2,288t	}合計 3,949t
買鉱々石金属量	1,661t	

4) 採　鉱

採鉱法は，鉱脈に対するシュリンケージ法と採掘跡充填部及び分岐脈濃集部を対象としたブロックケービング法がある。これらの2つの方法による生産比は2：8であり，急激にシュリーンケージ切羽が減少しつゝある。

現在，採掘区域の可採鉱量は3年分を残すのみであり，この事態に備えて大規模ブロックケービングが計画されている。

5) 選　鉱

採鉱出鉱は，まずSiglo XX 選鉱工場で重液選鉱にかけられ，その沈鉱はVictoria 選鉱工場に運搬される。こゝでは主としてテーブル選鉱（一部ジグ選鉱）を行い，最後に脱硫浮選により錫精鉱に仕上げている。

又，各選鉱工場からのスライムはKenko湖に堆積され，Kenko選鉱工場で浮選を行ってきたが，ドレッヂャーの故障により本来の操業は実施されていない。

Siglo XX の選鉱元鉱は約5,000t/日 Sn 0.3％内外であり，予選精鉱品位0.45％Snで錫の実収率は約75％である。

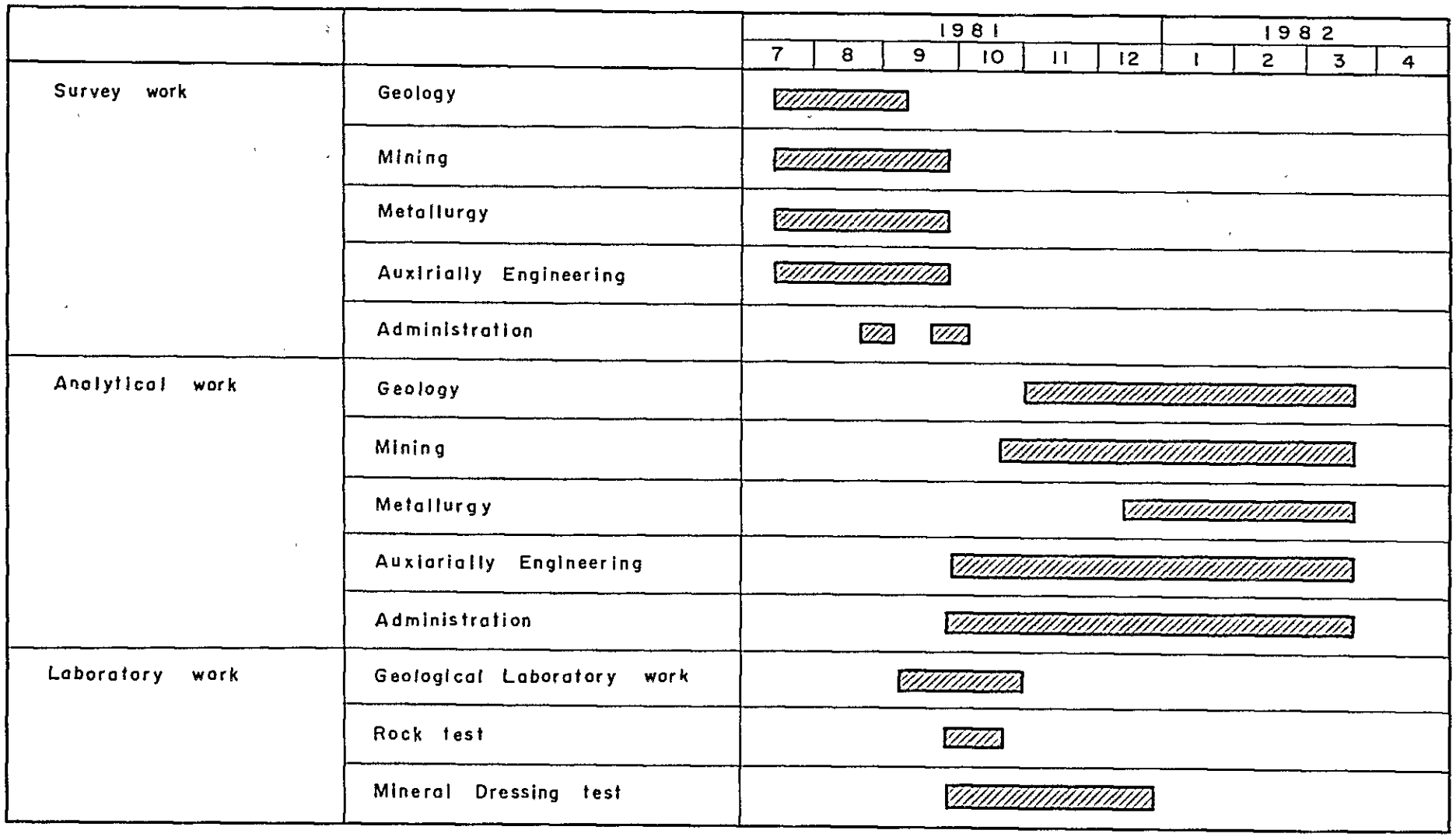


Fig. 2 Schedule of Work.

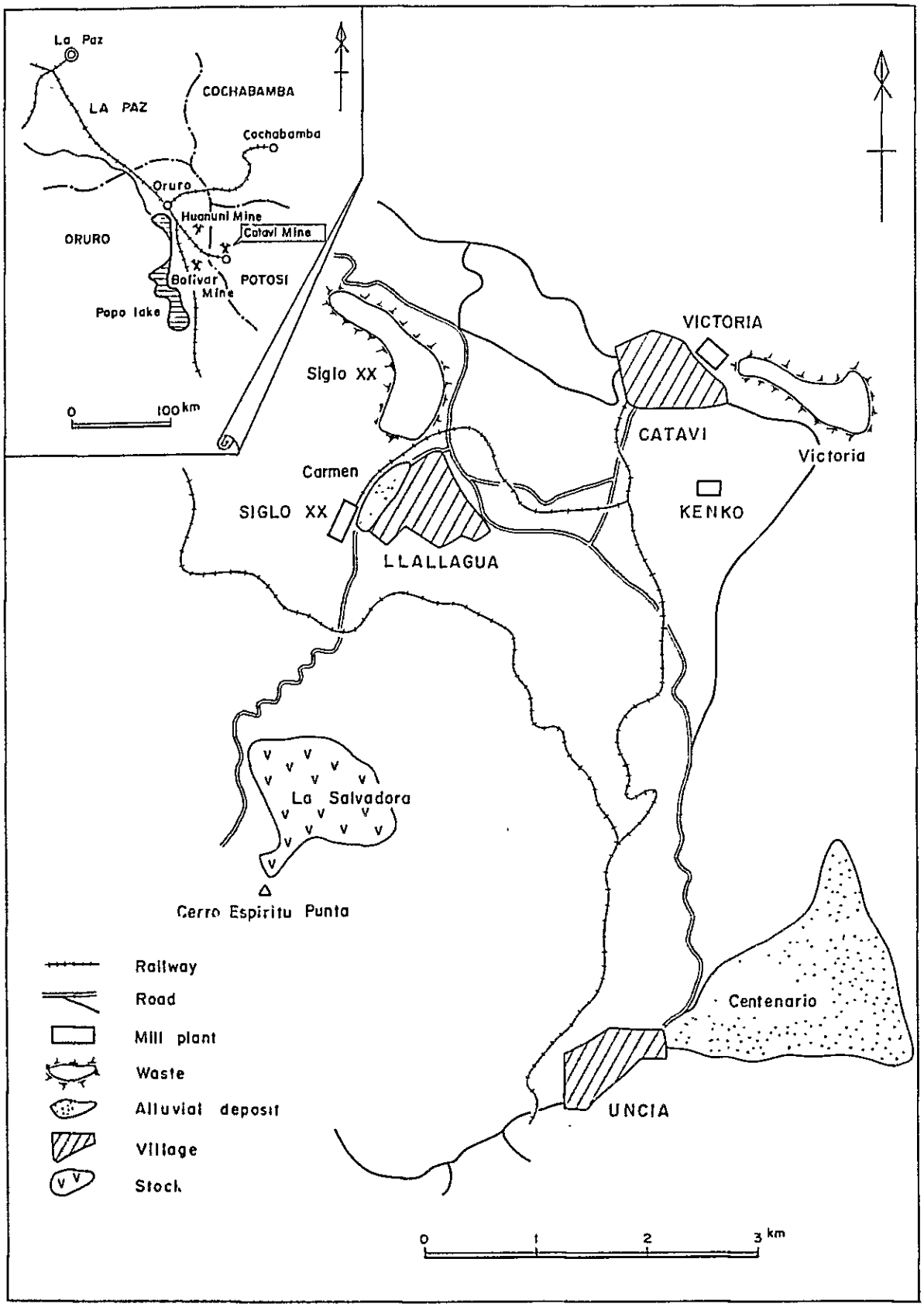


Fig. 3 Location Map of the Catavi Mine

Victoria選鉱工場では約2,500t/日を処理し，Sn品位 40%内外の精鉱を60%の実収率で回収している。

6) 坑外施設

種々の修理工場，電気工場のほか，特徴のあるものとしてはCOMIBOL 傘下の鉱山の注文を引受けている鋳物工場及び，Lupi-lupi とChaquiri の2水力発電所とがある。

3. 重要な問題点並びに新しい事実

1) 採算点以上の高品位部が枯渇してきており，採掘対象鉱量は3年分に満たない。

2) ブロックケービング法は既存の設備並びに鉱床条件に適しない。

3) 現在の低品位，低収益型の鉱石に対して各選鉱工場は従来の高品位，高収益型の設備と操業形態のまゝである。

4) 管理面の問題としては，殆んどすべての器機設備の老朽化が著しい事，及び，予備保全の不足が目立つ。

5) 鉱山の経済性については，最近の3年間常に1,000万ドル以上の損失を計上しているが，その内容で大きなウエイトを占めるのは原価増と高い鉱産税（Regaliaレガリヤ）である。

6) Catavi鉱山は上記の様な多くの問題点をかゝえているが，国庫収入の重要財源でもあり，又，従業員，家族，周辺部落民を含め7万人以上の生活を支えているところから，今後の鉱山の操業形態が変ることになれば，地域社会のみならず国家に対しても重大な影響を及ぼすものと思われる。

7) 分析諸試験結果要約

将来の稼行対象鉱石（坑内鉱石，坑外廃石・廃滓）は，いづれも硬質な事，錫鉱物は微細である事，含チタン鉱物（主としてRutile）のほか，含ビスマス鉱物や希土類鉱物などの有価成分を複雑に含んでいる事が確認された。

選鉱試験の結果では，Desmonte（Siglo XX坑外の重液選鉱浮鉱），Colas Arenas（Victoria選鉱工場のスライム），Block Central の順に分離性が良い事が判明した。

4. 第1年次の結論

採算点以上の高品位部が殆んど枯渇した事から鉱山を推持するためには，残存する低品位の坑内鉱量及び，坑外のDesmonte，Colas Arenas，漂砂鉱床などの採算性の検討がポイントとなる。

そのためには，特に採鉱，選鉱，管理，の各分野での新しい操業システムへの切換え（近代化）が，不可欠である。

しかし，近代化を実施するためには，新しい施設の投資効果，労働問題，地域社会との関連等，まだ検討すべき問題が多い。

一方，一部の操業工程の簡素化，保全の強化，人員の適正配置等，操業を続けながら改善できる技術面，管理面での問題点も多く，このような現状における赤字減少対策は今後の近代化への段階的施策としても，できるだけ早期に実施される事が望ましい。

5. 第2年次の調査への指針

1) 近代化への新操業形態の基本設計

例えば，坑内高品位部に対するサブレベル法の設計，新システムの選鉱工場の基本設計及び，新しい管理システムの検討。

2) 中，長期探査計画の立案

鉱山の経営の歴史上，最も大きい転換期は新鉱床の発見にある。そこでCatavi鉱山周辺,及び，Huanuni鉱山を含めた地域の地質，物探，化探，試錐による総合的探鉱計画を提案する。

第1部　序　　論

第１章　調査の経緯及び，目的

ボリヴィア共和国は錫，銀，アンチモン，タングステン等の鉱産物を産し，輸出総額の約７０％が鉱産物によって占められる鉱山国である。当国においては規模の大きい鉱山はすべてCOMIBOL（Corporación Minera de Bolivia，ボリヴィア鉱山公社）の傘下にあるが，その中，主要鉱山では鉱石品位の低下，施設の老朽化，その他，鉱山経営上の諸問題が累積しており，ボリヴィア共和国政府はCOMIBOL傘下の鉱山の施設の近代化と経営の改善を計ってきた。

一方，同国は，Bolivar（ボリバール）鉱山の選鉱試験及び，パイロットプラントの供与，San Vicente（サンビセンテ），GranChocaya（グラン チョカヤ）地域の鉱物資源開発協力基礎調査をはじめとする日本国の技術能力を高く評価し，１９８０年４月１７日付書翰を以って，在ボリヴィア共和国，日本大使宛にCOMIBOL傘下の施設の近代化計画作成のため，日本からの調査団の派遣を要請してきた。

日本国政府は，この要請を受けて国際協力事業団を通じ，１９８１年２月３日から同年３月４日までの３０日間，ボリヴィア共和国に事前調査団を派遣して現地調査を行い，ボリヴィア共和国側の要請内容を確認し協議の上，Scope of work for the technical cooperation between Corperación Minera de Bolivia on the Japan International Cooperation Agency が締結された。

この際，現地調査はCatavi（カタビ）鉱山，Huanuni（ワヌニ）鉱山，Santa Fe（サンタフェ）鉱山 Colquiri（コルキリ）鉱山のCOMIBOL傘下４鉱山について実施されたが，本格調査の対象としてはCatavi 鉱山を取上げることに両者が合意し，同鉱山の調査が実施されることとなった。

Catavi 鉱山の粗鉱品位の低下，諸生産設備の老朽化，その他，管理上の諸問題などによって同鉱山は年々大幅の損失を計上し，COMIBOL の財務状況を悪化させているのが実態である。一方，Catavi 鉱山は同国の外貨獲得の約５％を占め，かつ地域社会への貢献度も極めて大きい。

これらの事を考慮して第１年次はCatavi 鉱山の操業現状を把握し，これらを解析，検討して改善すべき諸要因を知り，次年度への方向付を行い，第２年次においては近代化計画を策定すると共に，その計画の経済評価を行う。

第2章　調査作業の概要

本調査内容には，鉱山業におけるあらゆる分野が網羅されているため，調査団員としては探査，採鉱，選鉱，工務，経済分析の専門分野の技術者をあて，現地においては相互の連携を計りながら各分野の調査に当たり，帰国後，更にそれぞれの分野で解析を行った。

現地調査の際にはCOMIBOLより調査団と同様に各分野の専門のカウンターパートが調査に参加し，本調査の遂行を容易にした。

調査はCatavi 鉱山の操業の全般にわたって行われ，坑内外の地質調査をはじめとして，採鉱作業の実態，各選鉱工場の操業状況，工務部門の活動状況又，管理部門として管理形態，生産原価及び，補助部門の活動状況，更に周辺地域社会の状況などについて行われ，かつ，解析のために必要な資料及び，試料の収集が行われた。

これらの現地調査は，探査部門については１９８１年7月１３日より，９月１０日までの６０日間，採鉱，選鉱，工務部門については同年７月１３日より９月２５日までの７５日間実施され，経済分析については同年８月から１１月の間に３０日間実施された。

調査団帰国後は，探査部門においては鉱石，岩石の化学分析，顕微鏡観察，X線分析，EPMA鑑定及び，物性測定を行い，採鉱部門においては岩石強度試験，選鉱部門においては各種の選鉱試験を行った。特に選鉱試験は本調査の結論を導くための重要な試験であり，試験工程の大半をこれに注いた。

以上の現地調査と国内における各種試験・研究の結果を基に解析作業が実施され，第1年次の報告書が作成された。

作業工程はFig.2に示すとおりである。

本調査に参加した日本側調査団員並びにボリヴィア側カウンターパートは下記の通りである。

調　査　団　員

団　長	隅　田　　実	（総括・地質）	※	同和工営株式会社
団　員	蛇　目　秀　雄	（地　質）	※	同　上
	黒　沼　廣　治	（地　質）		同　上
	井　上　瑞　城	（採　鉱）	※	同　上
	落　石　雅　宣	（採　鉱）	※	同　上
	武　田　　衛	（採　鉱）		同　上
	黒　田　　昭	（選　鉱）	※	同　上
	将　積　一　夫	（選　鉱）	※	同　上
	吉　田　　稔	（選　鉱）		同　上

団　員	大日方　司　郎	（選　鉱）		同和工営株式会社
	船　木　　晟	（工　務）	※	同　上
	飯　田　祐　章	（工　務）		同　上
	篠　崎　　稔	（経済分析）	※	同　上

※印は現地調査団員

カウンターパート

団　長	César Mercado	（採　鉱）	COMIBOL
	Aurelio Bustos	（地　質）	同　上
	Juán Maita	（選　鉱）	同　上
	Jorge Collazos	（機　械）	同　上
	Edmundo Contreras	（土　木）	同　上
	Julio Vayzaga	（電　気）	同　上
	Javier Salazar	（経　済）	同　上

第３章　調査地域の概要

３－１　位置・交通

調査が実施されたCatavi鉱山はLa República de Bolivia, Departamento Potosi, Canton Bustillo（ボリヴィア共和国ポトシ州ブスティーリョ県）にあり，東アンデス鉱山地帯の中心地のOruro（オルロー）市の南西１００kmの地点に位置し，南緯１８度２７分，西経６０度３７分である。

首都La Paz（ラ・パス）より当国を南北に縦断する主要幹線道路，及び主要鉄道によりOruro市に鉄道又は自動車で達し，更に自動車によりHuanuni（ワヌニ）鉱山を経てCatavi鉱山に達する。La Pazよりの自動車による所要時間は次の通りである。

La Paz —230km / 3時間（ジープ）— Oruro —90km / 1時間半（ジープ）— Catavi 鉱山

La Paz－Oruro間は舗装道路で，Oruroよりは二車線の砂利道で道路はボリヴィア国内としては比較的良好と言える。鉄道についてはOruro南方約3kmのMachacamarca（マチャカマルカ）よりCatavi南方のUncia（ウンシア）に達するCOMIBOLの社営鉄道があるが，殆んど貨物運送が主である。

Catavi鉱山はPotosí州に属するがOruroとの州境近くに位置し，経済的にはOruro市と密接な関係にありPotosí州の首都Potosí市とは単に行政的関連を有しているに過ぎない。

３－２　地形・気候

調査地域は，地形的には東部アンデス山系に属し，その中の盆地状地形を呈する部分に鉱山の諸設備が存在している。地域の最高峰はCerro Juan del Valle（ファン・デ・バリェ山）で(海抜4,600m)で，この周辺に扇状地地形が発達し，南麓にUncia町，北麓にLlallagua（リャリャグワ）町，Catavi鉱山施設部落が発達している。これらの部落が発達している部分は緩傾斜地となり，盆地の最低地にはKenko（ケンコー）湖などの小湖沼が分布している。

この盆地は山地の伸長方向と一致し，北西－南東に伸長した起伏の緩やかな高原状地形を呈する。調査地域の地形は地質構造と一致し山地，平地共に北西－南東の伸長方向を示し特徴的である。本地域の水系は地域西部はアルティプラーノの内陸湖に，地域の東部は大西洋に東流する河川の源泉となっており，これらの分水界に位置している。

調査地域の気候は，緯度的には熱帯性気候に属すべきであるが，高度が高いため寒冷地気候

と称してよく，又，乾季と雨季の区別が明瞭である。雨季は通常１２月から３月まで，乾季は４月から１１月までである。しかし，降雨量は極めて少なく年間平均降雨量は５００㎜～７００㎜で，最大月間平均降雨量を示す１月，又は２月でも１００㎜～２００㎜程度であり，従って，本地域の水資源は極めて貴重であり，単に鉱山開発のみならず地域開発にも大きな影響を与えている。

気温は年間平均１０～１２℃位と推定され，５月より９月の間には夜間気温は氷点下以下に下がる。一日中の気温格差が大きく，通常１５℃以上に達し，こうした寒冷，少降雨量，低湿度，昼夜の気温格差など特徴ある気候のため植生が少なく，又，乾燥不毛の地となっている処が多く，かつ農作物の栽培作物の種類も限られ，生産性も低く，気候は当地域の発展の最大の制限要素となっている。

３－３　Catavi 鉱山概要

Catavi 鉱山は世界最大の初生錫鉱床を有する鉱山であり，１９０３年にSimón I. Patiñoシモン・イ・パティニョによって開発され，それ以来，次々と富鉱部が発見されPatiño家は世界的な財閥となった。Patiñoは１９２４年にCompañia Patiño Mines & Enterprises Cons.（パティニョ・アンド・エンタープライズ・コンソリデーテッド）を設立しCatavi鉱山のみならず他の有力な錫鉱山の経営を行って来たが，Catavi鉱山はその基幹であった。１９５２年の社会革命を伴ったボリヴィア開国以来の最大の革命によって，Patiño傘下の鉱山はすべて国有化され，COMIBOLの経営にゆだねられた。

鉱床は古生層の背斜部に貫入した石英斑岩に胚胎するゼノサーマル型鉱脈鉱床で，構成鉱物としては錫石が主で一般に黄鉄鉱を伴い，鉄閃亜鉛鉱，硫砒鉄鉱，白鉄鉱，黄銅鉱等が随伴している。脈石鉱物としては，主として石英，及び少量の電気石である。この初生鉱床はLlallagua 鉱床と称されるが，これより由来して生成されたCentenario，Caramen（センテナリオ，カルメン）等の漂砂錫鉱床が存在する。開発当初は脈状部の高品位部を採掘しSn １２％～１５％の高品位鉱を産出したが，漸次品位が低下し，又網状化したため１９５０年よりシュリンケージ採鉱法の他にブロックケービング法を採用し現在はブロックケービング法が主採鉱法となっている。選鉱は重液選鉱，比重選鉱，浮遊選鉱が併用され，これらの操業状況はTable１に示す通りである。

Table 1 Production During Recent Three Years

Year		1978	1979	1980
Production Under Direct control	Crudo Ore	Ton 1,432,068	Ton 1,266,625	Ton 1,296,776
	Assey Sn	% 0.38	% 0.34	% 0.32
	Sn-Conc.	Ton 7,386	Ton 6,636	Ton 6,181
	Assey Sn	% 40.07	% 38.05	% 37.02
Sn-Metal		Ton 2,959	Ton 2,525	Ton 2,288
Sn Metal in saled ore		Ton 1,430	Ton 1,408	Ton 1,661
Total Sn-Metal		Ton 4,389	Ton 3,933	Ton 3,949

本鉱山の経営は粗鉱品位の低下に伴って極めて厳しく，悪化の一途をたどってCOMIBOLのみならず，国家的問題となっている。

１９８０年においては月平均の損失１３７万ドルが計上されており，建値の低下，生産減，労賃の上昇により赤字要因が更に増加する傾向になっている。

3－4 地域社会

Catavi鉱山周辺にはUncia，Llallagua，Andavilqua（アンダビルケ）等の部落があり，これらの行政上の中心はUnciaで，Potosi州プスティーリョ県第一，第二郡庁所在地がUnciaとなっている。Llallaguaは上記部落のうち最も大きく，人口約３４,０００人でCatavi鉱山の従業員のほかに売鉱業者，及び商業その他の従事者と家族が住み，この付近では最も活況を呈している。Cataviは鉱山従業員とその家族によって構成される鉱山部落であり，商業活動はないが，人口は約２３,０００人に達する。

Unciaは推定人口約8,０００人と称されており，主として商業従事者，農業従事者及びその家族により構成されている。この付近は農工業の発達が乏しいが，Catavi鉱山に依頼する鉱業従事者が約7,０００人に達し，（１人平均６人家族と考える），約４２,０００人が直接Catavi鉱山に依存している。又，Llallagua，Unciaなどの商業活動がこれらCatavi鉱山従事者を対象にして行われている。従って，鉱山周辺の地域社会の経済は全くCatavi鉱山に依存しているといって

過言でなく，又，医療教育などについてもCatavi鉱山に依存している。

地域社会へのCatavi鉱山の貢献としては，単に住民の収入，及び生活に対してだけではなく，鉱産税の納付を通じPotosi州開発公社に約3.5百万ドル支払われ，Potosi州の開発に貢献し，或は地方税を納付するなどして，地域社会に対する財政上の貢献が大きく，Catavi鉱山の存亡は地域社会の命運を左右するものである。

第２部

CATAVI鉱山の実態及び、現状解析

第1章　探　査　部　門

1－1　組織と運営

1－1－1　組織・設備

現在の探査組織は採鉱課の中に入っており，その作業内容も採鉱の補助部門的性格をもっている。運営組織はFig 2－1に示すとおりである。

組織を運営する課長及び技師はいずれも地質技師で各係を掌握している。

試錐は坑外と坑内に分かれ，坑外は主にグローリホールの鉱量評価のためのもので，坑内は鋺先延長探査，及びブロックケービング鉱量評価の目的で実施されている。使用されている試錐機は次のとおりである。

1）Long Year　L−44，L−34　2台（各1台）
2）Suliban　H−15　2台
3）Craelius Diamac 250　4台
　　計　8台

地質調査をするのは技師たちだけで実務員は製図や品位計算及び技師の助手として作業している。

サンプリングは分任が職長6名を掌握し，各職長が実務員20名を番割して作業を進めている。そのサンプリングの殆んどは，ブロックケービングの鉱量評価のためのもので，鉱脈のみならず，鉱脈間の母岩のサンプリングもされている。そのサンプリングの方法も，側壁約1.20mの高さのところを帯状に幅10cm×深さ2cmの溝を掘るようにして採取している。従って，採取に時間がかゝり，その採取量は1日1人5～10試料にとどまる。

そのほか，坑口にて出鉱品位を把握するためのサンプリングも行っている。

探査方針としては，既知鉱床の延長確認と，ブロックケービング，オープンピット対象鉱量の評価があるが，大部分は後者に費やされている。

1981年度の探鉱計画は次の通りである。

(1)　試　錐

1）レベルでの水平探鉱	1,800m
2）ブロックケービングの評価	2,100m
3）オープンピットの評価	2,100m
計	6,000m

(2)　坑道押

1）鋺押し	1,980m
2）立入れ	360m

計　　2,340 m

探鉱コストは，1979年度実績では次の通りである。

	単　価（US$）
1) 地表試錐	42 / m
2) 坑内試錐	69 / m
3) 鏑押坑道	94 / m
4) 立入坑道	113 / m

1－1－2　資料整備状況

現在，使用されている資料のほとんどは，Patiño（パティーニョ）時代（数10年前）からのもので整理方法も当時のやり方を踏襲している。

原図は原図庫（5 m × 6 m）に保管されているが，これらもPatiño 時代のもので，収納されている図面は莫大な量である。また，それぞれの図面の大きさはB－0（103cm×146cm）位で，その取扱も困難である。内容については坑道図のほか，坑内地質図（ルートマップ），品位図などがある。

坑内地質図は，1/500のルートマップとして保存し，1/2,000でマッピングして地質図としているが，坑内地質図として完成されていない。また，品位図については1/500の坑道図に整理されているが，生のデーターを使用せず，すべて採掘品位として表現されている。

地表地質図も一応保管されているが，これもPatiño 時代当時に作成されたまゝで，その後，調査されていない。担当者は地表地質の調査は探鉱上必要のないものと考えているようで，最近の調査資料は全くみられない。現在，探査部門が保管している資料及び使用中の図面類は次の通りである。

種　類	縮　尺	備　考
坑道図	1：500	ワットマン紙使用
〃	〃	コッピー原紙
〃	1：2,000	〃
地質図	1：500	〃　（ルートマップ）
〃	1：2,000	〃
品位図	1：500	〃

以上のほか各種計画図，関係図などがある。

品位資料については，毎日サンプリングした結果はその日のうちに採掘品位に換算され，採

鉱課に供される。

試錐のコアーは一応，コアー倉庫に収納されているが，最近実施された試錐についてはそれらのコアーは無秩序に山積され，必要な個所のコアーの抽出は不可能である。

探査部門が所持する資料はパティニョ時代から引続き保管されているが，それらの活用はあまりされていない。品位の場合も莫大なデーターが蓄積されているが，すべて出鉱品位の算出に終始し，探査部門として本来追求すべき鉱床帯における品位分布の傾向，各鉱物の挙動，及び相関関係などの解析，検討はできていない。

1－2　一　般　地　質

1－2－1　地　質　概　要

鉱山地域の地質は，オルドビス紀の堆積岩類を基盤とするシルル紀の堆積岩類と，第三紀の迸入といわれている石英斑岩よりなる。

（Fig. 1－1）

鉱床母岩の主体をなすのは石英斑岩で，La Salvadora 迸入岩体と一般に呼ばれており，主峰 Juán lel Valle の海抜4,000m以上の大半を占めている。

シルル紀の堆積岩類は La Salvadora 岩体の周囲に広く分布し，下部より Form. Cancañiri Form. Llallagua. Form. Uncia. Form. Catavi（カンカニリ層，ヤヤグワ層，ウンシャ層，カタビ層）の4層に分れる。

（Fig. 1－2）

(1)　Form. Cancañiri

すべて硬砂岩（Greywacke）よりなり，一般に新鮮な個所ではきわめて堅硬で灰色を呈する。坑内では斑岩の周囲に接して母岩の一部をなし，石英，緑泥石，絹雲母（＋長石，鉄鉱物）を伴う。

(2)　Form. Llallagua

淡灰色砂岩および珪岩よりなる。硬質でしばしば特徴のある突出した露岩を呈する。石英を主として絹雲母，緑泥岩，鉄鉱物を伴う。

(3)　Form. Uncia

帯緑灰色の砂岩，粘板岩互層よりなり鉱山周辺地域ではきわめて厚く分布し，石英，緑泥石，絹雲母に富む。

(4)　Form. Catavi

赤色砂岩よりなり，Juán del Valle 峰の裾野に小さく露出している。

(5)　La Salvadora 岩体

石英，黒雲母，長石類を斑晶とする塊状の石英斑岩と同質のマトリックスの角礫岩とから成る。

a) 塊状の石英斑岩

山頂部付近には直径10㎜以上の長石斑晶を有する比較的新鮮な岩石であるが鉱床母岩はほとんどすべて長石，黒雲母は変質している。

全体として淡灰～白色を呈する鏡下では，斑晶は自形～融食形～他形，径0.05～4㎜の石英，0.2～1.0％の板状黒雲母，0.3～2.5㎜の長石からなるが，有色鉱物及び，長石の大部分は熱水変質の結果，鉄鉱物，緑泥石，絹雲母に交代されている。基質も微細な鉄鉱物，緑泥石，絹雲母の集合体となっている。（A1－3・4）

b) 角　礫　岩

塊状斑岩中にきわめて不規則に存在する。（Fig. 1－3・4）

角礫は，大小様々な石英斑岩とGreywacke の角礫亜角礫より成り，全体として灰～淡灰色を呈する。

(6) 地　質　構　造

シルル系はNNWの走向で分布し，Juán del Valle峰を通る南北性軸を有する背斜構造を呈する。

背斜は東側へ過褶曲をなし，その軸部付近にLa Salvadora 岩体がストック状に迸入している。

断層は，NNW走向のものが数本走り，傾斜は80°内外Wである。落差の大きいものはない。

1－3　鉱　　床

主として石英斑岩を母岩とする鉱脈型（ゼノサーマル型）錫鉱床である。主鉱脈のほか，分岐脈は1000条以上におよび，それらがきわめて密集して胚胎し，また母岩は全般的に強い熱水変質を被っている所から最近のSilitne 等の研究ではポーフィリー錫鉱床と称されている。このほか低地に漂砂鉱床が存在する。

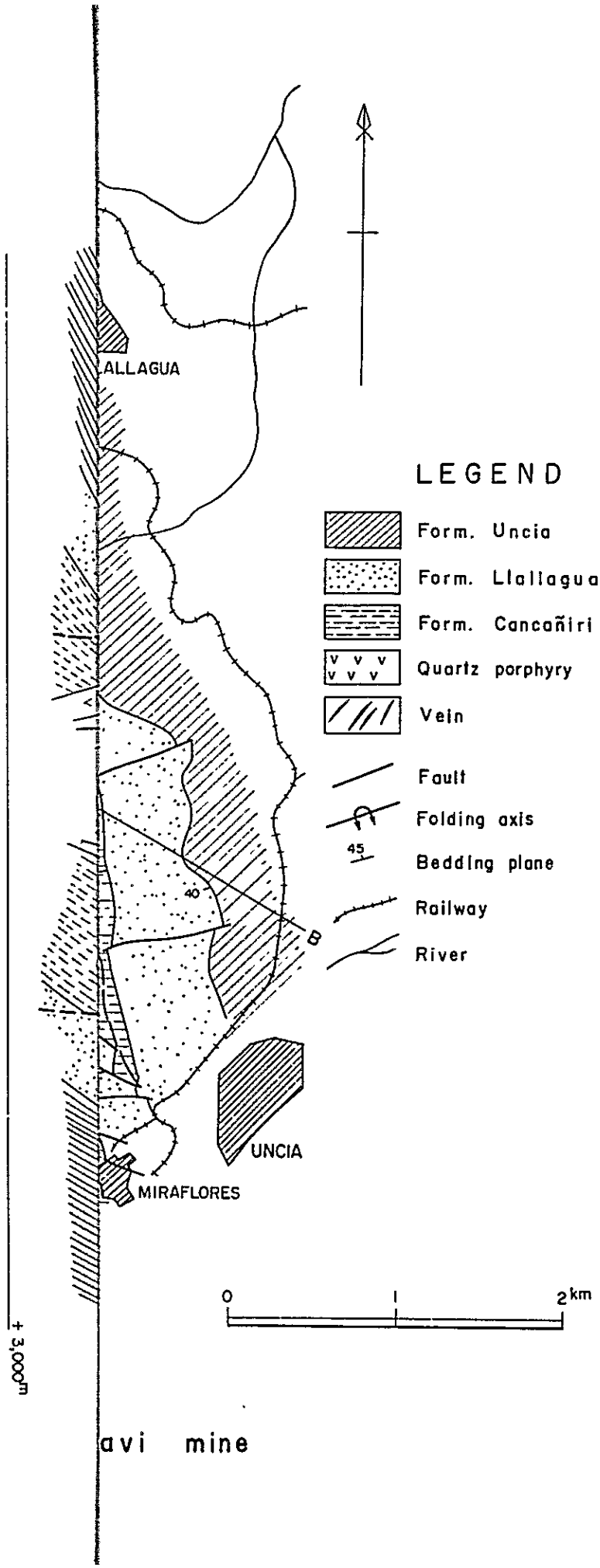
1－3－1　鉱　脈　鉱　床

(1) 鉱　　脈

鉱脈はNNE～NE系にきわめて整然と発達し，傾斜は70～90°WあるいはE，下部に向って収斂するように見える。

鉱化帯は，La Salvadora 岩体の大部分を占め，平面的に1,200m×800m，垂直的に800m以上に及んでいる。斑岩に隣接するGreywacke 中にも一部鉱脈が延びている。

主な鉱脈は39本存在する。脈幅は一般に5～30cm最大60cm，延長は一般に100～400m，最大500mである。主脈は脈幅数cm以下の分岐脈（Ramo と称する）を伴い。その数は約2,000本に達する。更に鉱脈の間は微細な錫の鉱染部となっている。（Fig. 1－3）（Table 1－1）


ALLAGUA
LEGEND
Form. Uncia
Form. Llallagua
Form. Cancañiri
Quartz porphyry
Vein
Fault
Folding axis
45
Bedding plane
Railway
River
40
B
UNCIA
MIRAFLORES
0
1
2 km
+ 3,000m
avi mine

A – B Profile

Fig. 1-1 Geological map of the Catavi mine

Era	Formation	Thickness (m)	Geology	Description
	Form. Catavi	?		Reddish sandstone
SILURIAN	Form. Uncia	2,100		Alternation of sandstone and slate greenish-grey
	Form. Llallagua	70		Sandstone ~ quartzite pale grey, silicous
	Form. Cancoñiri	800		Grey wacke, dark grey very hard, with breccia and quartz crystal in part dissaminated pyrite
ORDO VICIAN		?		Sandstone and slate dark grey

Fig. 1-2 Geological columnar section

Table 1–1 List of Principal Veins

Vein name	Strike	Dip	Wide (cm)	Length (m)	Mineral
Contacto	N 60° E	60° N	15	400	Py Oz Cs Sp
San José	N 40° E	64° E	10	400	Py Oz Cs Sp
San Fermin	N 48° E	65° N	6	320	Oz Cs Py
Forastera	N 50° E	80° S	5	500	Py Cs Oz
San Pedro	N 40° E	80° E	15	150	Py Oz Cs
Paralela	N 37° E	67° W	10	300	Py Cs Sp
Crucero	N 30° W	70° E	8	200	Oz Py
Blanca	N 40° E	65° W	3	400	Cs Oz Py
Entre Fallas	N 45° E	70° W	4	80	Py Cs
Carnavalito "A"	N 44° E	80° W	10	300	Lim Cs
" "B"	N 40° E	65° E	10	180	Lim Cs
Vetilla	N 30° E	70° E	5	100	Py Cs
Nueva C.E.LL	N 50° E	70° N	10	100	Py
Salvadora	N 45° E	70° W	12	450	Py Oz Cs
Bayona	N 43° E	74° W	6	200	Py Cs Oz
Dolores	N 40° E	80° W	15	400	Lim Sp Cs Oz
Inca	N 38° E	75° W	15	400	Py Oz Cs
Transformador	N 50° E	65° S	4	230	Py Oz Cs
Demasias	N 70° E	70° N	10	400	Sp Cs Py
Reggis	N 50° E	70° S	12	320	Py Cs Sp
Uno "A"	N 40° E	70° E	8	260	Lim Py Oz Cs
Esperanza I	N 40° E	74° W	10	260	Oz Py Cs
" II	N 40° E	74° W	8	300	Oz Py Cs
Nueva I	N 45° E	77° E	15	250	Py Oz Cs
" II	N 38° E	82° E	10	350	Py Oz Cs
San Miguel	N 45° E	76° W	10	200	Oz Py Cs
"545"	N 55° E	60° N	5	300	Py Oz Cs
Reyes	N 58° E	80° W	8	100	Py Oz
Polvorin	N 45° E	70° W	15	470	Py Oz Cs
Graciela	N 38° E	65° E	7	220	Py Oz Cs
Victoria I	N 58° E	68° N	8	380	Py Oz Cs
Animas	N 45° E	65° W	10	300	Py Cs Sp Oz
Bismarck II	N 55° E	58° S	20	300	Lim Cs
Plata	N 55° E	80° N	10	100	Py Cs Oz Sp
Victoria II	N 50° E	78° E	8	150	Py Oz Cs
Rene	N 55° E	76° N	10	400	Py Oz Cs
Cero	N 40° E	65° W	3	100	Py Oz Cs
Dos "A"	N 55° E	70° S	15	150	Py Cs
Serrano	N 38° E	80° E	8	300	Py Sp Cs

Table 1–2 Chemical Analysis of Ore

No	Level	Vien name	Wide	Sn %	W %	TiO_2 %	Note
OC- 1	Ni 446	Block 5D	7	5.43	0.04	0.10	
" 2	"	"		0.18	0.002	0.53	Disseminated rock
" 3	"	"		0.18	0.002	0.50	Network
" 4	Ni 650	San José	5	0.08	0.002	0.33	
" 5	"	"	10	2.66	0.31	0.05	
" 6	Ni 551	"	5	10.35	0.19	0.17	
" 7	Ni 516	"	4	1.19	0.26	0.28	
" 8	Ni 295	Contacto	20	2.20	0.08	0.15	
" 9	Ni 720	San José	20	0.23	0.02	0.27	
" 10	Ni 685	"	15	0.53	0.02	0.10	
" 11	Ni 650	"	20	0.54	0.13	0.08	
" 12	Ni 500	Bismarck	40	0.58	0.04	0.07	
" 13	Ni 470	"	10	0.23	0.02	0.18	
" 14	Ni 383	"	20	5.69	0.007	0.08	
" 15	Ni 650	Siglo XX	15	0.45	0.002	0.12	
" 16	"	"	25	0.33	0.002	0.02	
" 17	Ni 355	Nueva Cell	15	0.90	0.003	0.10	
" 18	"	Carnabalito	2	0.16	0.001	0.55	
" 19	Ni 551	Salvadora	20	0.45	0.42	0.03	
" 20	"	"	3	5.18	0.03	0.22	
" 21	"	"	25	1.03	0.66	0.05	
" 22	"	"	5	8.28	0.06	0.25	

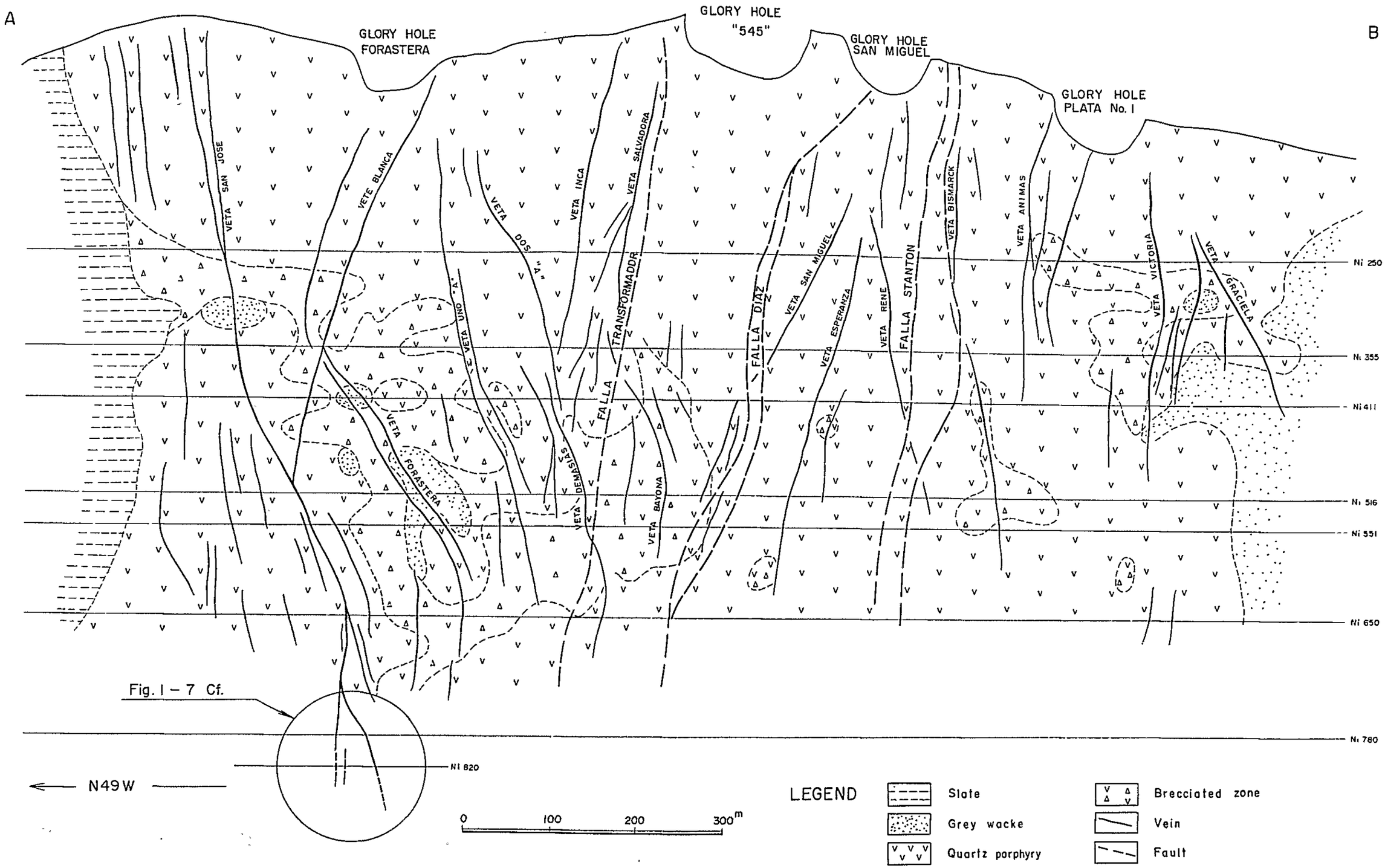


Fig. I-3 Geological Profile of Llallagua Ore Deposit

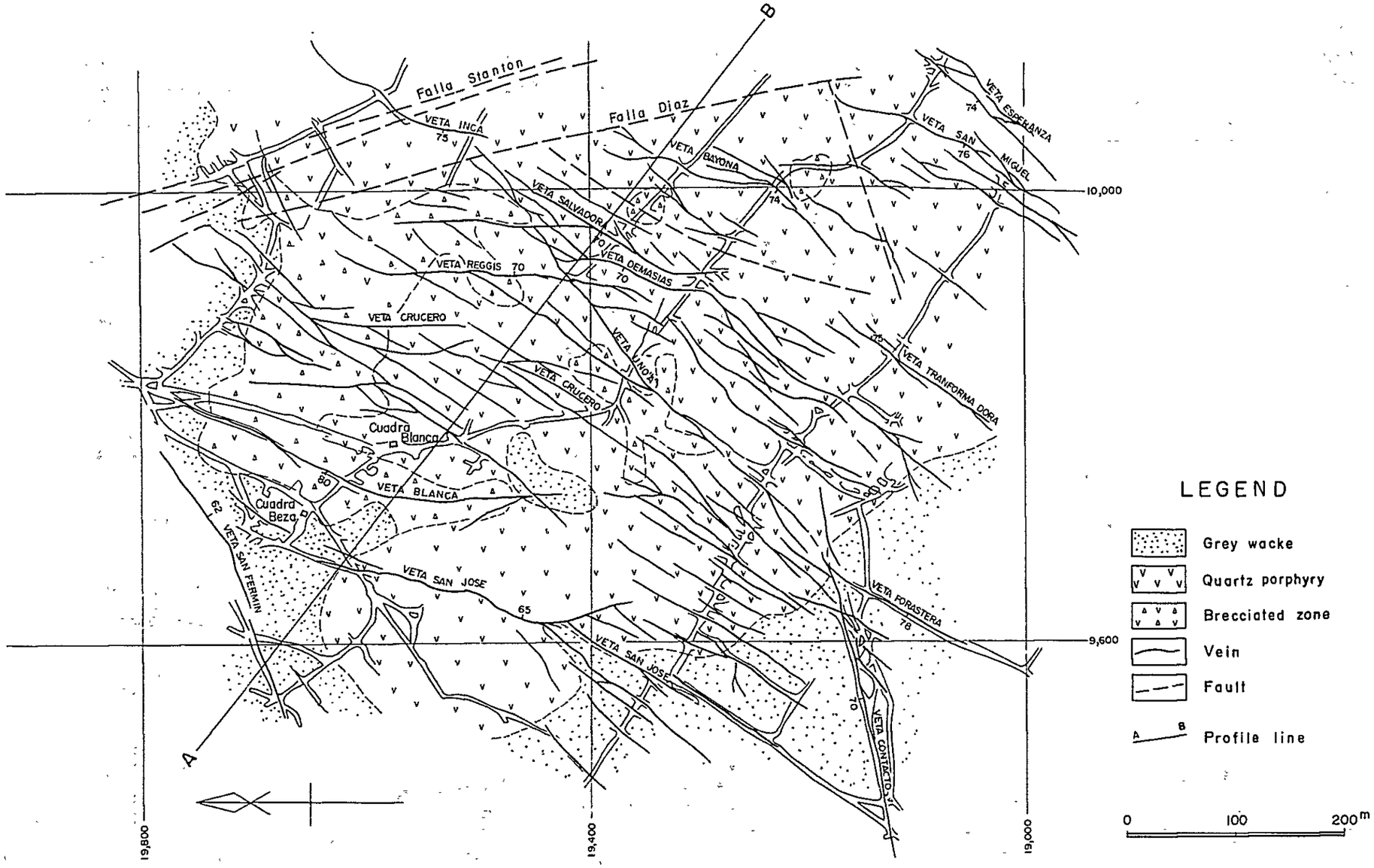


Fig. I-4 Geological map of typical level (411 level)

(2) 鉱　　物

鉱石鉱物は錫石 (Cassiterite)であり，少量の黄錫鉱 (Stannite)を伴う随伴する金属鉱物としては多量の黄鉄鉱，白鉄鉱のほか，鉄閃亜鉛鉱，硫砒鉄鉱，黄銅鉱，鉄マンガン重石，方鉛鉱，菱鉄鉱，輝蒼鉛鉱，フランケアイト，ジエイムソナイトなどが見られる。なお，今回採取した鉱石の顕微鏡およびEPMAによる研究によって，Rutil と同定されるチタン鉱物が錫石ときわめて密接な共生関係を以って多量発見された。

錫石は，主鉱脈中では粗粒であるが，支脈および鉱染部では，極めて微細であり，上記のRutilや黄鉄鉱，白鉄鉱のほか閃亜鉛鉱，蒼鉛鉱物などと細かく共生している。

脈石鉱物は主として石英と電気石である。

(3) 研磨片の反射顕微鏡およびＥＰＭＡによる観察

（Ａ－１・２）

主としてSan José脈Bismark.脈Salvadora脈等の各鉱脈から，２９５m～６５０m地並に亘って２０個の鉱石試料を採取した。代表的な写真を掲げる。（Ａ１－１参照）

特筆すべき事は下記の如くである。

a) 錫石とRutil の共生

ほとんどすべての試料に見られる，即ち鉱脈，地並によってこの産状に差異は認められない。

錫石とRutilの関係は，自形の錫石にRutilの，接するもの，含チタン錫石 (Titan－ Cassiterite) が中核をなしStanniteが外核部をつくるもの，錫石とRutilが固溶体をなすものなど様々である。特に，ＥＰＭＡにも見られるように，Rutil が非常に細かく共生したり，含チタン錫石あるいは含錫Rutilのような状態を示しているものがかなり多く，後述の選鉱試験に難問を投げかけている。

b) Ｂｉ－Ｐｂ鉱物の存在

ＥＰＭＡ の結果から，Bi, Pb 別々の鉱物のほかに，両成分が共存しているものもかなり多い事が判明した。

１－３－２ 漂 砂 鉱 床

Juan del Valle 峰の鉱化帯を浸食して，北方へ流下した個所にCarmen鉱床，そして南東へ流下してUncia 部落の東方にCentenario 鉱床が存在する。(Fig. 2)

(1) Centenario 鉱床

Uncia 部落東端より東方へ扇状地を形成し東西３Km，南北１～２Km，深さ最高９０mの範囲に分布する。

約４０年前より主として上流の高品位部を採掘しており，最近は鉱量，品位確認のための試

錐や削井がなされ COMIBOL により一部のサンプルについて粒度分析が行なわれている。

COMIBOL による現在の埋蔵鉱量は，約3億トン，Sn：0.01％であるが，実際は過去40年間に亘り，外部業者 Veneros が高品位部のみ採掘してきているため，平均品位は更に低い事が予想される。

(2) Carmen 鉱床

Llallagua 部落と Siglo XX に挟まれた沢を中心に帯状に発達し，東西300m，南北800m，深さ最高45mの範囲に分布する。

鉱量は1,600万tで Centenario の6％に過ぎないが，品位は3倍のSu：0.03％と評価されている。分布地域には鉱山施設及び社宅等が密集しているため，大規模な採掘はコストの面で不可能であると COMIBOL では判断している。現在，Centenario と同様に Veneros による部分的な採掘が行なわれている。

1－3－3 探　　鉱

(1) 現　　状

1980年度の探鉱実績は，次のとおりである。

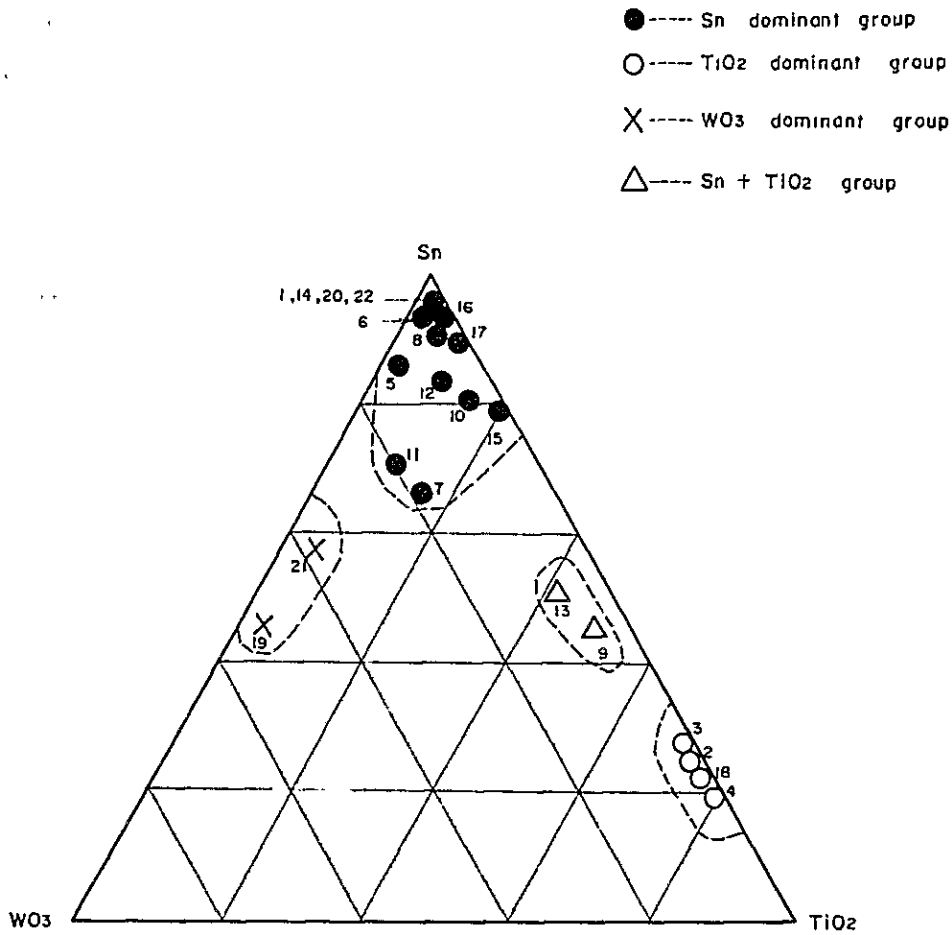
	探　鉱	評　価
試　錐　（坑外）	576,38m	231,95m
試　錐　（坑内）	873,56	2,787,09
計	1,449,94	3,019,04
立入坑道	398,30	3,153,00
鏈押坑道	2,133,10	0
計	2,531,40	3,153,00

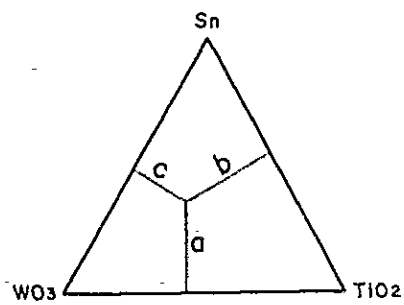
試錐（坑外）は，主にグロリーホールにおける品位確認で，（坑内）の探鉱分は San José 脈の下部延長探鉱であり，評価分は主として計画中の大規模 Block の鉱量評価である。

立入坑道の3,153mも同様に，大規模 Block の鉱量評価のために実施されている。鏈押坑道は，鉱床周辺の採鉱を兼ねた鏈押探鉱である。以上のように，主に Llallagua 鉱床の範囲に限られ，新鉱床探査のための探鉱は実施されていない。

現在，引続き650地並で San José 脈の下部延長をねらって試錐探鉱中である。以前，同位置で San José 脈の延長を820m地並付近で確認している。（D.D.H 811号 3脈の合計幅：1.15m，平均品位Sn：17.0％）（Fig. 1－3・7）

その他，グロリーホール及びブロックケービングの評価のための試錐が実施されている。





$$a = \frac{Sn \times 100}{Sn \times 100 + WO_3 \times 100 + TiO_2 \times 100}$$

$$b = \frac{WO_3 \times 100}{Sn \times 100 + WO_3 \times 100 + TiO_2 \times 100}$$

$$c = \frac{TiO_2 \times 100}{Sn \times 100 + WO_3 \times 100 + TiO_2 \times 100}$$

Fig.1-5 Relation between Sn – WO3 – TiO2 illustrated by trigonal diagram

１９８１年度の探鉱計画は，次のとおりである。

試　　錐

1) レベルでの水平探鉱	1,８００ｍ
2) ブロックケービングの評価	2,１００ｍ
3) オープンピットの評価	2,１００ｍ
計	6,０００ｍ

坑道押

1) 立入坑道	３６０ｍ
2) 縋押坑道	1,９８０ｍ
計	2,３４０ｍ

(2) 探鉱上の指針

1) 富鉱部

鉱脈の賦存状態は，全体から見れば単なる鉱脈鉱床というより，斑岩を主な母岩とし，その熱水変質帯の範囲にきわめて密接に胚胎した：いわゆるポーフィリー型の鉱床であると考える方が，大鉱床探査上妥当と思われる。

現在，主な鉱脈は殆んど掘り尽くされていて，富鉱部の状態について調査する事は不可能であるが文献 (Turneaure. 1935) によれば，脈勢，品位のとくに優勢であった部分は，垂直に２００ｍ間ぐらいあって，そのような富鉱部は南東側から北西側へ徐々に深くなってゆく。現に６５０ｍ地並以下まで鉱脈の連続性が確認されているのは，北西部の Demasias，Forasterasおよび San José の各鉱脈であり，とくに最北西側に位置する San José 脈は試錐により８２０ｍ地並においても鉱脈の連続性が確められている。

このような傾向から見れば，もし La Salvadora 迸入岩体が更に北西方に深く存在すれば，その方向に新富鉱部発見の可能性がある。

又，新しく計画されたブロックセントラルについて，コンピューター処理による品位の傾向をみると，垂直的には中央部に 0.3％Sn 以下の Zone がある。これらの Zone を除いたブロックは可成りの品位上昇が期待され，より効果的な採掘が可能になることも考えられる。そのためには，現在，保有するコンピューターのデータを更に解析，検討する必要がある。(Fig. １－６)

2) 変質とその分布

X線回折による変質帯の調査結果からは主な鉱化作用に最も関係する Sericite 変質は La Salvadora 岩体中で圧倒的に強い，(Ｉ－Zone) しかし，周辺の堆積岩中にも Sericite を伴なう変質が及んでおり，とくに西側の Dolores 周辺の変質は，下部の鉱化作用を暗示

しており探鉱が必要である。

(3) 流体包有物試験（Fig. 1－8，Table 1－3参照）

鉱脈の上部から下部へ向っての傾向を把握し，将来の深部探鉱の指針を得る目的で実施した。現在，ほとんどすべての鉱脈は採掘されていて，一つの脈について，上部から下部への一連のサンプリングができなかったために，試験の解析結果は一つの推定に過ぎない。

1) 均質化温度

(a) 地表からNi 685までの間では，深部地並の鉱脈ほど均質化温度が高い傾向を示す。

(b) Bismarck脈の均質化温度は，346℃より528℃までの広範囲のバラツキを示しているのが特徴である。このバラツキは352°～394℃，457°～497℃，527°～529℃の3帯に分けられ，低温と高温の鉱化作用に分ける事ができるような温度分布を示している。

(c) San José 脈のNi 685ではNi 551よりも低温である。以上の事から，一般に下部では高温であるが，時に異常な値を示している脈があり，2 Stage 鉱化作用を考える（即ち，300℃台と400℃台以上）か，または，天水などの流入により温度の変化があったものと推定される。

No	Vein name	Level	Number of Inclusion	Temperature of homogenization (400°C – 500°C)
F–2	Rio Tojota	surface	9	322°C – 347°C
F–5	Contacto	Ni295	9	391°C – 421°C
F–3	Block 5D	Ni446	9	344°C – 358°C
F–10	Bismark	Ni470	13	346°C – 529°C
F–4	San Jose	Ni551	9	344°C – 358°C
F–11	Salvadora	Ni551	9	352°C – 394°C
F–8	San Jose	Ni650	12	389°C – 416°C
F–7	" "	Ni685	12	315°C – 340°C

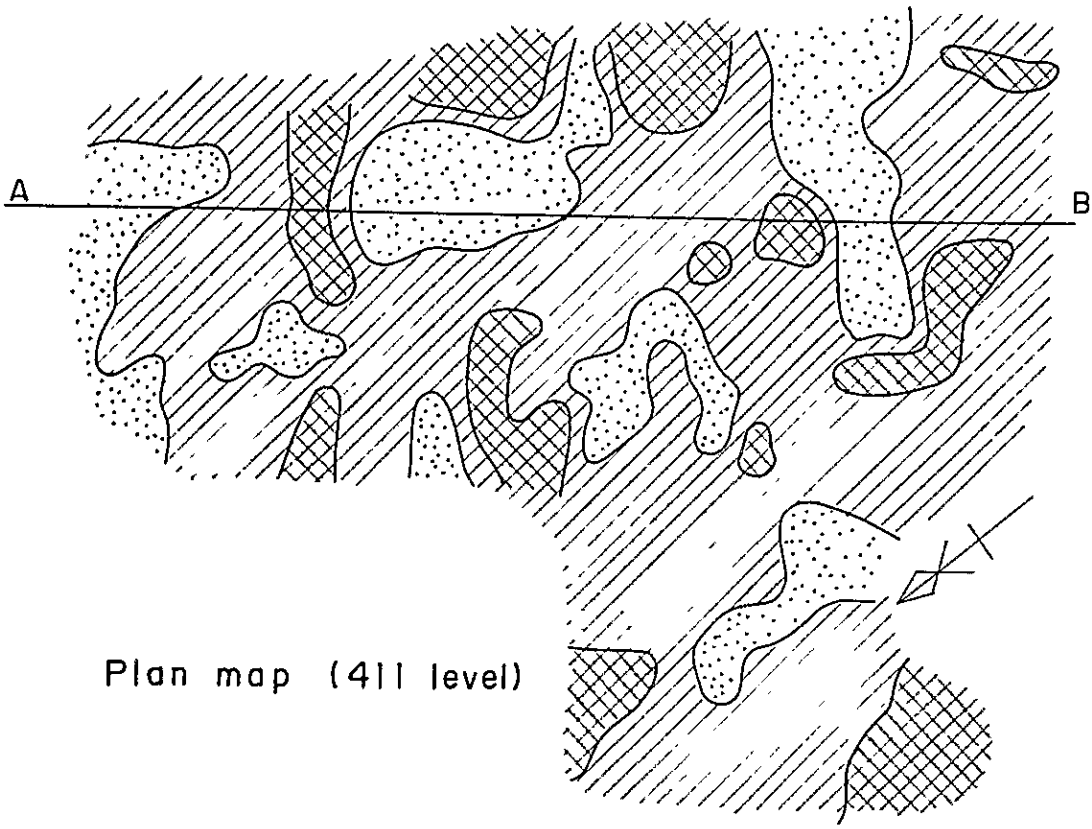
Fig. I–8 Renge of Temperature of Homogenization

2) 塩　濃　度

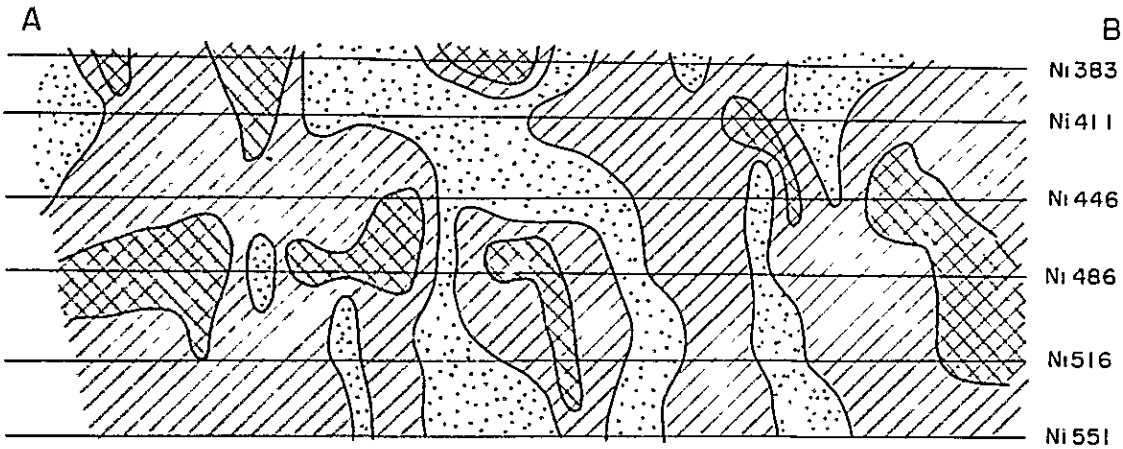
(a) 5試料について塩濃度を測定した。

(b) Salvadora脈が最も高く，20％以上を示す。

(c) Bismarck脈も11％に達し，高温，高塩濃度である。



Plan map (411 level)



Profile A — B

more than 1.0%

0.36% ~ 1.0%

less than 0.35%

0 100m

Note: Base on the calculation by computer

Fig. 1-6 Distribution Map of Tin grade of Block Central

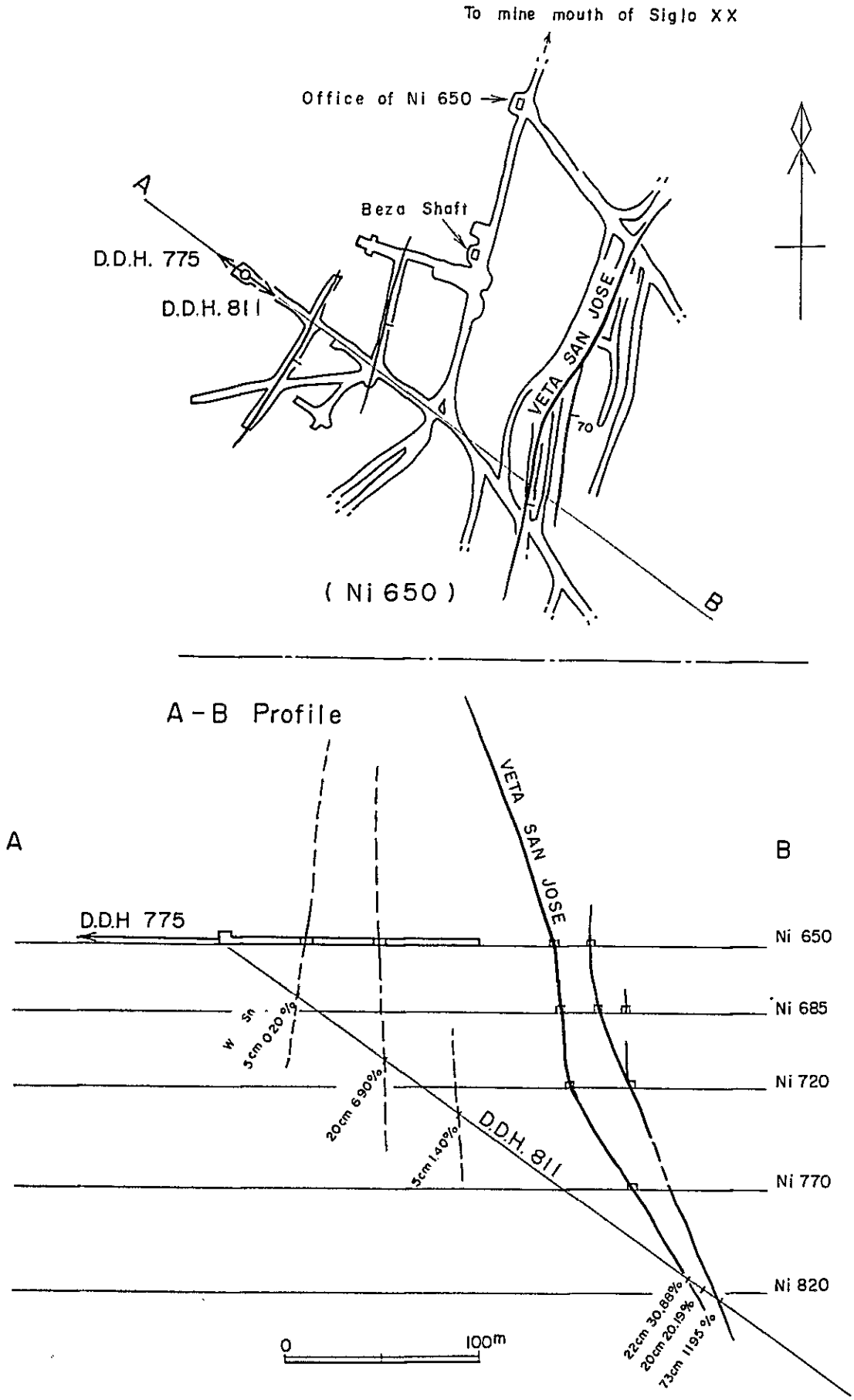


Fig.1-7 Relation of D.D.H 811 and San José Vein

Table 1–3 Salinity of Inclusion

N	Salinity (wt.% NaCl eq.)	Homogenization temperature (°C)	Origin
F–5	1.5	260	Secondary
	1.7	259	〃
F–7	1.9	315	Primary
	1.9	318	〃
	1.9	317	〃
	2.4	337	〃
F–8	2.7	402	Pseudo Secondary
	2.8	402	〃
F–10	11.8	346	〃
	11.6	364	〃
	12.4	368	〃
F–11	20.4	391	Primary
	20.6	394	〃

3) 生成温度

(a) Boiling しているサンプルが存在する。

F－11についてみると，391℃－20.4％(wt)，394℃－20.6％(wt)であり，これらは圧力補正の必要がなく，生成温度は400℃前後と考えてよい。

(b) 圧力補正を行っても20℃均一化温度より高くなる程度であり，鉱床生成温度はほぼ均質化温度と等しいと考えてよい。

4) 試験結果に対する考察

均質化温度は多少の凹凸はあるものの，一般に下部へ向って高くなる傾向を示し，鉱脈がNi685以下に連続する事を示している。しかし，塩濃度から見た場合には，Ni551の付近をピークとする山を画き，富鉱部が垂直に約200mに亘って存在するように見える。この現象はF.S. Turneaure (1935) の調査結果を裏付けるものであり，今後，試錐による鉱化部サンプルの流体包有物調査により，富鉱部の垂直位置を推定する一つの手掛りとなるかも知れない。

1－4 裂 解 系 (Fig. 1－9・10参照)

Llallagua 鉱床の鉱脈は，その大部分がNEの走向を示すのが特徴であり，次の3系に大別される。

	走 向	傾 斜
① S E 傾斜系	N15°E～N70°E	45° ～ 70°SE

② N W 〃 〃 ～ 〃 45° ～ 70°NW

③ 垂 直 系 〃 ～ 〃 90°

①にはSan José, San Fermin 脈によって代表され，②にはBlanca, Paralela, Salvadora の諸脈が属し，①とは交叉するように発達する。③はSerrano 脈によって代表される系で，一般に①②に比して連続性が少なくSalvadora岩体の南部に発達する。①系と②系についてF.S. Turneaure はその性格の類似性より同一のグループとしてSan José型鉱脈と呼称しており，又③はSerrano型鉱脈と呼称しているので以下これらの分類に従って記載する。

(1) San José型鉱脈系

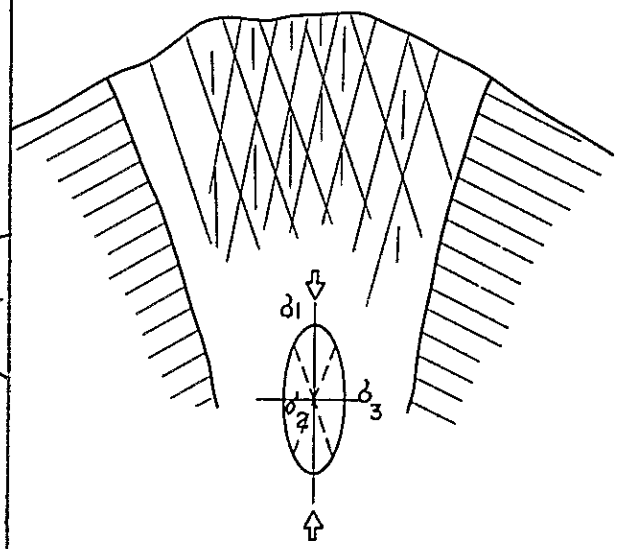
本鉱脈はSan José－San Fermin脈で代表されるように主として裂罅は正断層によって生成されたものであり，傾斜は45°～75°SE，又はNWを示し，一般に脈幅が大で水平・垂直両方向に連続性がある。又断層粘土が発達し，鏡肌が観察され，これらの現象より剪断裂罅の脈と考えられる。傾斜はSE系とNW系とがあり，各々の脈がFig. 1－3に見るように上下方向で交叉する。又，それらの脈は互いに切り合う同時性がみられ，SE系裂罅とNW系裂罅とは共役断層をなすものと考えられる。このような観点にたちLlallagua 鉱床の主要鉱脈の走向・傾斜をシュミット網にステレオ投影し，最も密度の高い極より共役断層の平均的方位を求め，更に主応力軸の配置を求めると，最大主応力軸δ_1はN41°E/88°NE，中間主応力軸δ_2＝S41°W/2°SW，最小主応力軸δ_3＝S41°E/2°SEとなる。San José 型鉱脈は剪断裂罅であるので，SE系脈とNW系脈とは当然この主応力軸方向では33°の鋭角をなして交わり，現場で見られる諸脈の交叉角とほぼ一致する。こうした場合に最大主応力は上下の圧縮として働き，NW－SEの中間主応力の引張りがあったものと考えられる。以上のような解釈に基づけば，剪断裂罅に胚胎したSan José型鉱脈は張力裂罅に胚胎した脈と比較し最も安定した脈となるべきであり，事実Llallagua 鉱床では延長400 m，脈幅は最大2 mに達する。しかし，Ni 650 付近では15 cm～20 cmとなっており下部で脈幅を減じている。

(2) Serrano型鉱脈系

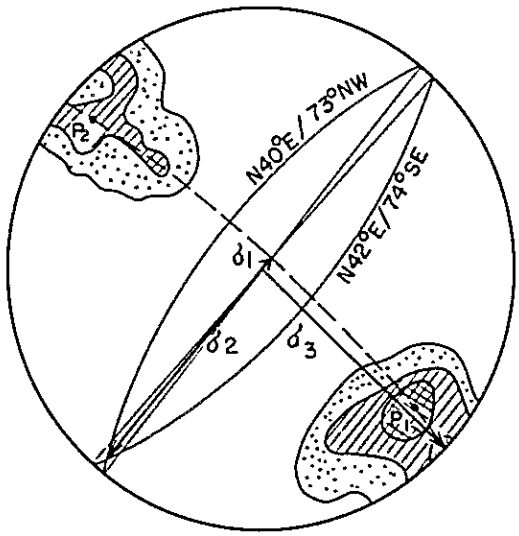
本鉱脈系はNE走向を示すが傾斜はSan José型と異なり，80°～90° でほぼ垂直に近い。この系の鉱脈は連続性に乏しく，分岐型あるいは雁行配列を示し，脈幅は一般に狭く，又断層粘土が少ない。これらの特徴からみれば本鉱脈は張力裂罅に属するものと推定される。本系の鉱脈は主としてSalvadora 岩体中の南部に分布し，北部ないし中央部のSan José型の剪断裂罅の鉱脈を対照的な分布を示している。

以上のようにLlallagua 鉱床の鉱脈系は，SE系（S_1）NW系（S_2）の2系剪断裂罅と

Idealized cross section of NE-SW showing principal stress axis



Contour diagram of 39 principal veins showing planes of poles



0

1 ~ 3

4 ~ 9

10 ~ 16

ber of Point

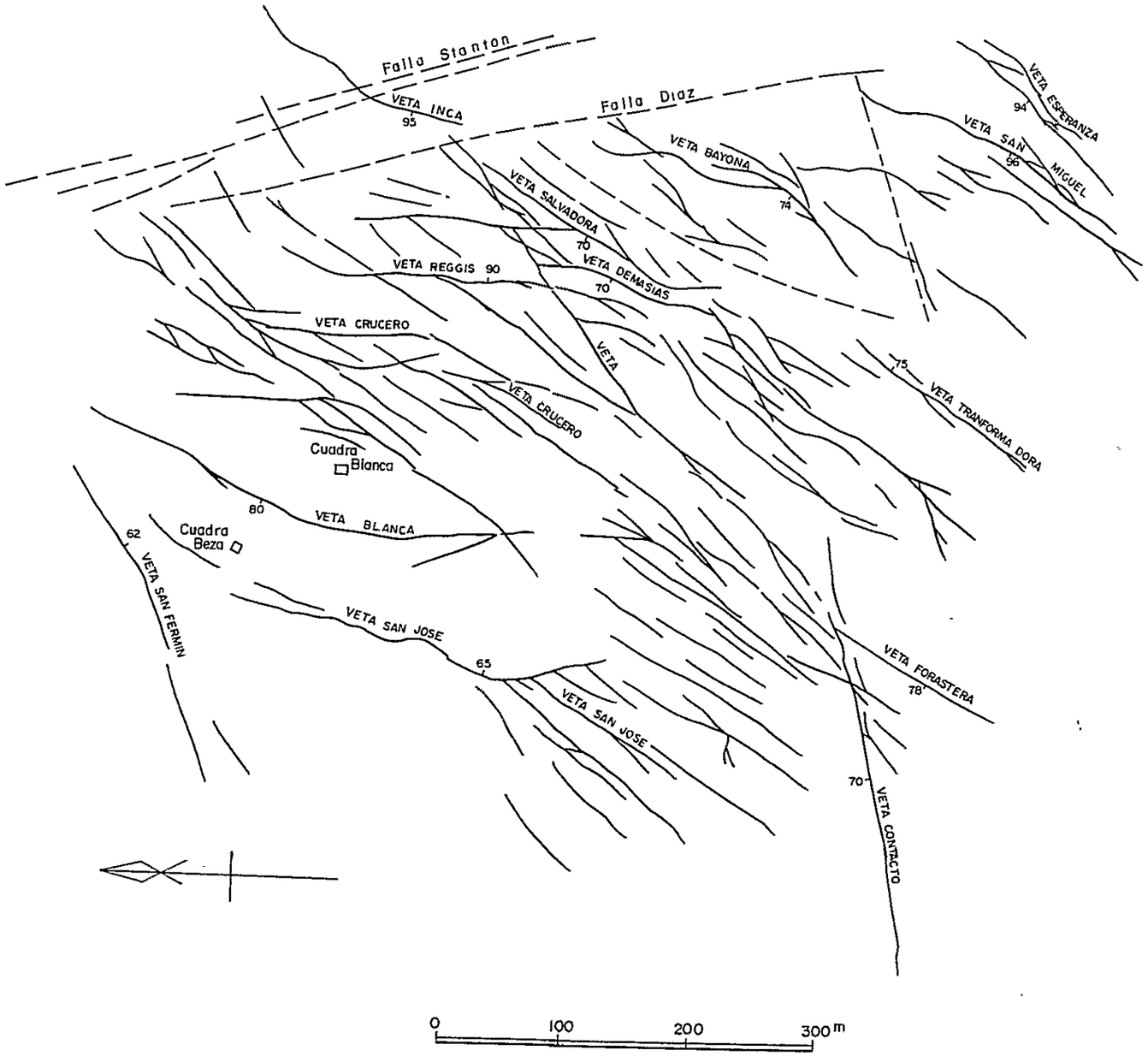
σ1 : N41°E/88°NE

σ2 : S41°W/2°SW

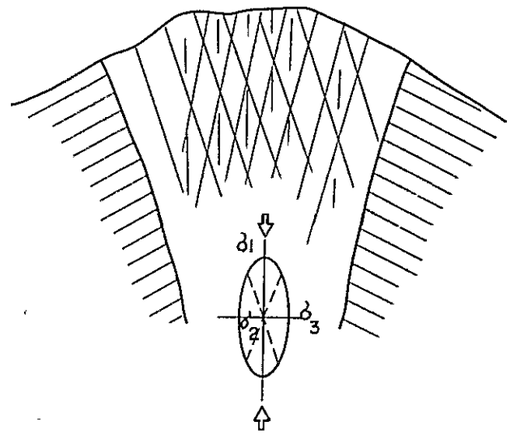
σ3 : S48°E/2°SE

P1 : S50°E/17°SE

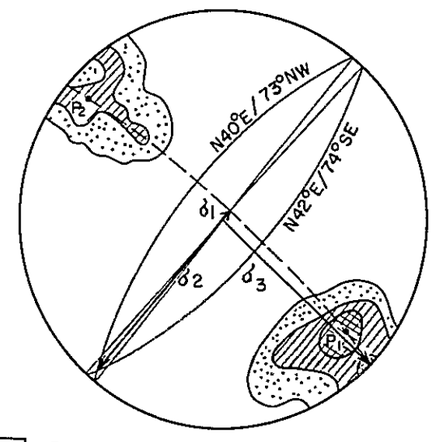
P2 : N48°W/16°NW



Idealized cross section of NE-SW showing principal stress axis



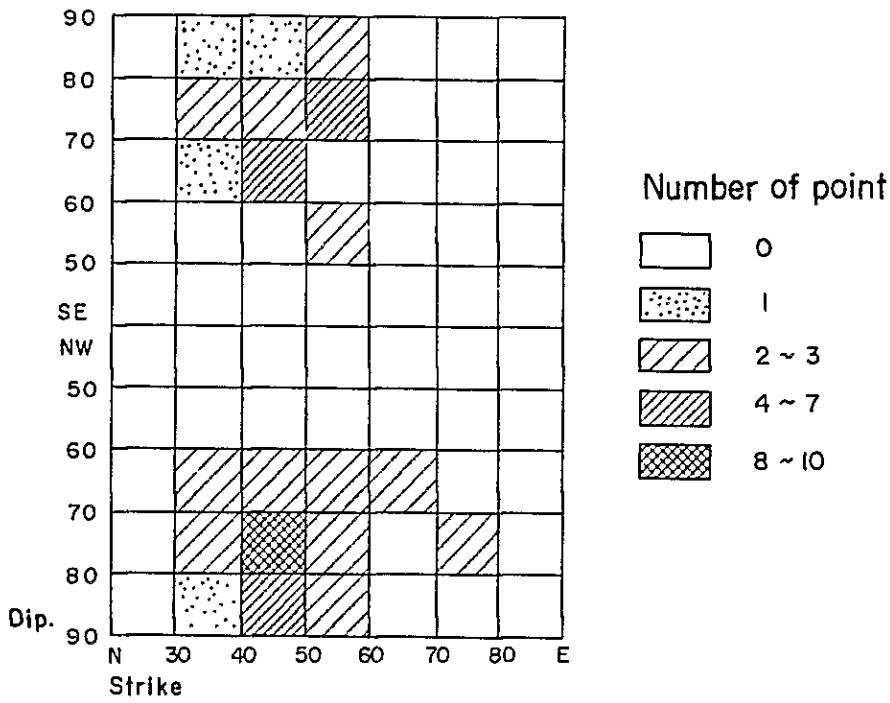
Contour diagram of 39 principal veins showing planes of poles



0
1 ~ 3
4 ~ 9
10 ~ 16
Number of Point

σ_1 : N41°E/88°NE
σ_2 : S41°W/2°SW
σ_3 : S48°E/2°SE
P_1 : S50°E/17°SE
P_2 : N48°W/16°NW

Fig. I-9 Vein pattern of Llallagua ore deposit



Co-appearance matrix

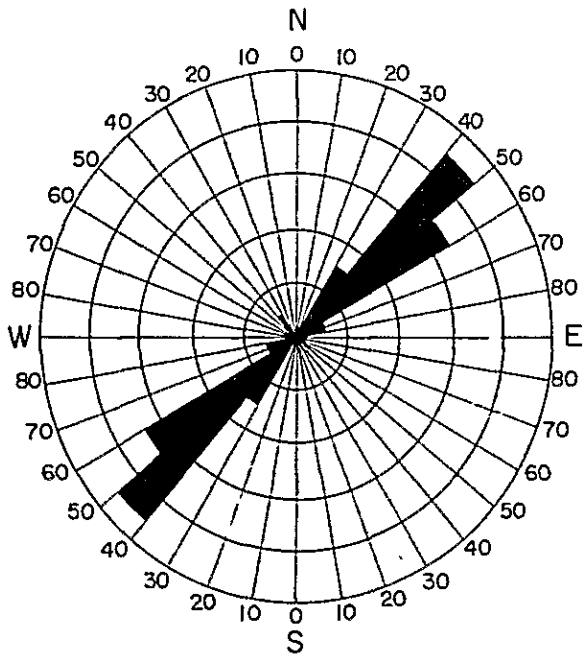


Fig. 1-10 Rose diagram of strikes of 39 pricipal veins

1系張力裂罅の3系の裂罅に胚胎された鉱脈によって構成されており，これらに付随して発生した二次剪断系の細脈が多数発達し，著じるしく多様で複雑な裂罅パターンを形成している。

一般に最大主応力軸が垂直である場合の裂罅は，地表からあまり深くないところまでしか及ばない構造応力によるものとされ，このような条件では，覆蔽岩の荷重が比較的小さいため，応力の伝ぱんが上部への貫通を妨げられることがなく形成されたものと言われる。

以上のような観点に立ち裂罅生成のメカニズムについて言及すれば，まず①岩体内のみに裂罅が集中して存在することと，主応力軸δ_1が垂直に近い傾斜を示すことより，恐らく岩体形成時絶えまない下部よりの押し上げの力と，上部を被覆する古期堆積岩の重力による押し下げの力とによって生じた圧縮力により多数の交叉状の剪断裂罅が発達し，同時に展開裂罅が生じて，ここに鉱化作用が及んで鉱脈を形成したものと考えられる。前記したが最大圧縮主応力軸が垂直に近い場合の破断は比較的地表に近い処で形成されると言われており，従って鉱化作用も比較的浅所で形成されたこととなるが，このような場合，J. N. Grantetnによる D / Hと $^{18}O/^{16}O$ アイソトープ及び流体包有物の研究では，鉱化時期においては，鉱化作用は高レベル位置（即ち浅所）の岩体にマグマ～天水混合熱水溶系が入って開始されたと述べ，単純に破断の機構からみて想定した筆者等の裂罅生成の考察を裏付けている。

以上の考え方からLlallagua 鉱床の深部に対する期待性について言及すれば，下部へゆくに従い離れ全般的に鉱脈の密度より小さくなる傾向にあり，深部において富鉱部を形成するような，大きく且つ多数の裂罅を期待するのは困難である。しかしながら，例へば San Jose′脈では Ni 650以下でも鉱化作用が連続しているので，その部分での裂罅の解析を行って応力の方向の微細な変化を求め，裂罅の発達する可能性のある部分を探鉱すべきである。

1－5 変質作用

鉱化を受けているLa Salvadora 岩体の変質作用については現在まで多数の研究がなされている。

今回,我々は今後の新鉱床探査に役立てるため，岩体を含めてその周辺部の地表の変質作用の研究を行なった。

試料は，岩体の中央部を通るNW－SEラインに沿い3Kmに亘って50個採取した. 又, 分析はX線回析により変質鉱物を検出し，チャートの読取りから試料一覧表を作成し，変質帯の検討を行なった。

その結果，変質帯は次の三帯に大別できる事が解った。（Fig. 1－11）（Table 1－4）（A 1－5）

I. Sericite 帯

II. Sericite － Chlorite 帯

Ⅲ. K−Feldspar−Sericite−Chlorite帯

Ⅰ. Sericite帯

岩体は，東南の一隅を除いてはすべてこの帯で占められる。

変質物はSericiteのほか，Albite, Alunite, Diaspore, Carbonate鉱物（Siderite など）を普遍的に伴う，Plagioclase は殆んどすべてAlbite化している。

Ⅱ. Sericite−Chlorite帯

岩体の西側の砂岩（一部粘板岩）の地帯であり，X−21付近にDolores鉱脈が存在する。

全体にSericite, Chloriteを含むが，Dolores以西ではSericite化は弱くなる。

主鉱床やDolores に近い箇所ではⅠ帯に類した変質を示すが，それ以外では Diaspore, Alunite, Carbonate に乏しい。

Ⅲ. K−Feldspar−Sericite−Chlorite帯

岩体の東端部とその東側の砂岩地帯を占める。

Sericite, Chloriteのほか，長石はK−Feldsparであることが特長である。東方に行くに従いK−Feldspar, Sericite が徐々に弱まってゆく。

なお，Montmorillonite は岩体と砂岩との境界に存在し，X線のピークが幅広く出る事から，二次的に生成したものと推定される。

QuortzはSericiteと共に全域に亘って認められ，その強度も均一である事から，原岩の石英と共にかなり広い範囲に亘る珪化作用が考えられる。

上記の検討結果から，変質作用と探鉱との関係について次の様に推定しうる。

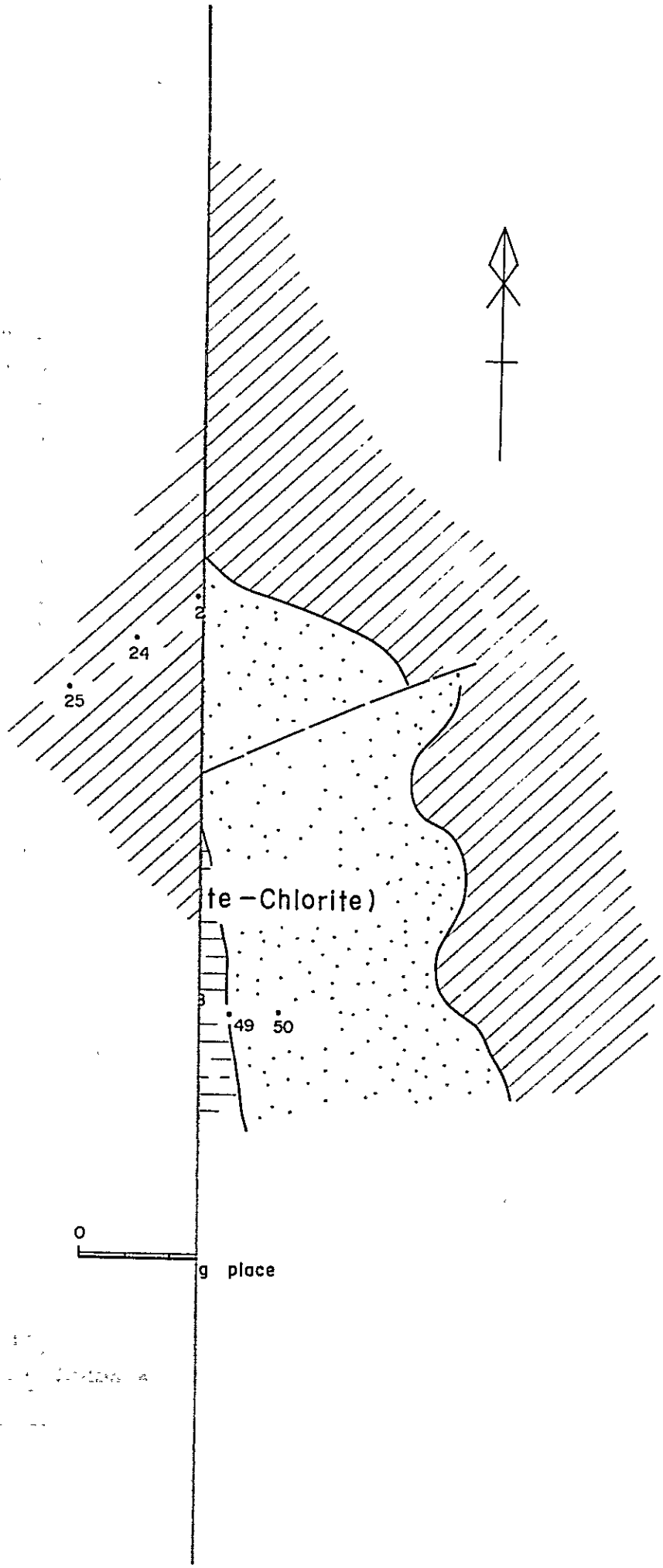
(1) Ⅰ帯の強く普遍的なSericite化は明らかに錫鉱化作用に関係した熱水変質であり，La Salvadora岩体を離れるのに従い徐々に弱まってゆく。

(2) Ⅱ帯のうち，Dolores付近のSericite帯は鉱化作用の影響であり，また西端付近のAlbite帯は下部に鉱化作用の存在する可能性を暗示している。

1−6 岩石物性測定結果

Catavi鉱山周辺及び，坑内より岩石又は鉱石の試料を採取し，物性の測定を行い物理探鉱法の適応性について検討した。

測定の方法は，密度測定については水中秤量法により，弾性波速度は強制湿潤状態の時P波を超音波伝播速度測定器で測定した。ＩＰ，比抵抗値の測定はFrequency Domain 法によりサンプル測定用ＩＰ送受信機を用いて行はれた。自然残留磁気についてはスピンナー磁力計で測定した。帯磁率は密度測定が完了した後の強制乾燥状態の試料を使用しバイソン交流磁化率計により質量磁化率を測定し，上記で求めた密度により容積磁化率を計算した。放射能測定はγ線用シンチレーションサーベイメーターを使用して行われた。これらの測定値については


2
24
25
te –Chlorite)
3
49
50
0
g place

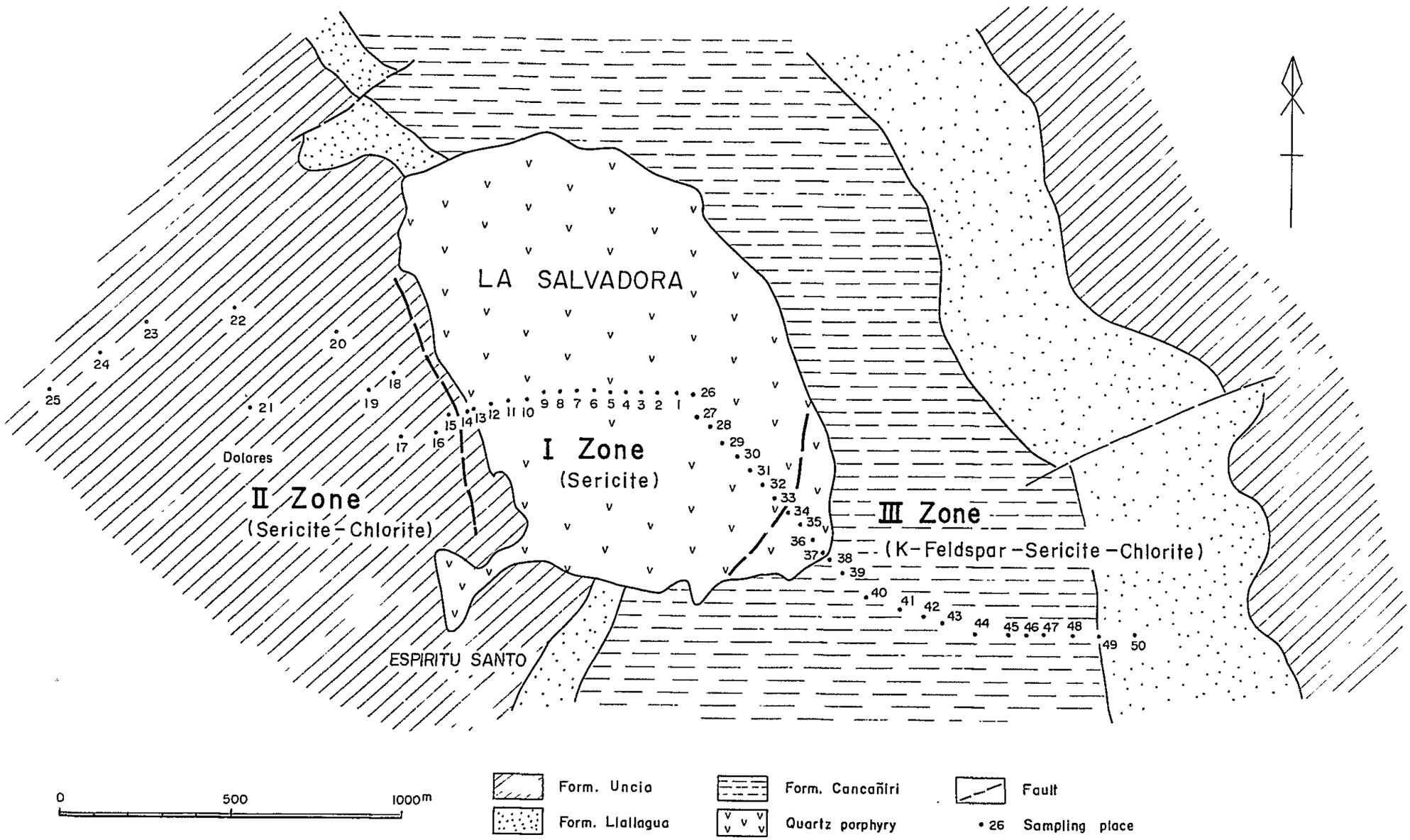


Fig. I-11 Distribution Map of alteration

Table 1–4 Chemical Analysis of Rock

No. 1

No	Locality	Na_2O%	K_2O%	CaO%	MgO%	Note
RC- 1	La Salvadora	0.052	5.14	0.033	0.64	
" 2	"	0.069	3.64	0.070	0.47	
" 3	"	0.080	3.35	0.077	0.49	
" 4	"	0.080	3.88	0.084	0.63	
" 5	"	0.124	2.80	0.038	0.62	
" 6	"	0.056	4.27	0.094	0.59	
" 7	"	0.115	2.22	0.023	0.60	
" 8	"	0.050	3.73	0.084	0.63	
" 9	"	0.075	4.10	0.023	0.67	
" 10	"	0.101	3.49	0.054	0.81	
" 11	"	0.063	4.67	0.033	0.67	
" 12	"	0.063	4.80	0.019	0.73	
" 13	"	0.045	4.51	0.035	0.65	
" 14	Westside of La Salvadora	0.124	3.38	0.050	0.77	
" 15	"	1.142	2.95	0.285	1.82	
" 16	"	0.170	1.98	0.043	0.84	
" 17	"	0.045	2.07	0.027	0.29	
" 18	"	0.055	2.25	0.023	1.89	
" 19	"	0.048	2.33	0.044	1.32	
" 20	"	0.097	2.41	0.031	0.77	
" 21	Dolores	1.062	3.77	0.175	2.41	
" 22	"	0.044	1.12	0.017	0.51	
" 23	"	0.407	3.58	0.043	2.22	
" 24	"	0.025	0.29	0.081	2.87	
" 25	"	0.044	1.04	0.086	2.64	
" 26	"	0.048	4.51	0.042	0.57	
" 27	"	0.042	4.71	0.087	0.67	
" 28	La Salvadora	0.066	4.43	0.052	0.66	
" 29	"	0.112	3.08	0.056	0.64	
" 30	"	0.068	4.95	0.022	0.07	
" 31	"	0.121	4.04	0.039	0.85	
" 32	"	0.142	7.96	0.103	0.62	
" 33	"	0.055	5.56	0.021	0.85	
" 34	"	1.002	7.07	0.094	0.80	
" 35	"	0.123	8.33	0.036	0.50	
" 36	"	1.118	6.19	0.071	0.93	
" 37	"	0.091	5.98	0.065	0.49	
" 38	Eastside of La Salvadora	0.070	4.19	0.031	1.01	
" 39	"	0.056	3.30	0.109	1.07	

No	Locality	Na_2O%	K_2O%	CaO%	MgO%	Note
RC-40	Eastside of La Salvadora	0.050	3.07	0.130	0.91	
" 41	"	0.040	1.89	0.047	0.88	
" 42	"	0.021	0.39	0.022	0.07	
" 43	"	0.032	1.18	0.045	0.21	
" 44	"	0.021	0.15	0.026	0.04	
" 45	"	0.559	2.96	0.082	0.84	
" 46	"	0.047	2.52	0.041	0.41	
" 47	"	0.051	3.19	0.025	1.07	
" 48	"	0.038	1.54	0.084	0.46	
" 49	"	0.031	0.27	0.041	0.04	
" 50	"	0.035	0.60	0.020	0.76	

Table 1–5 Measured Value of Physical Property of Rock and Ore

No.	Rock name	Sampled location	Intensity of alteration	Density (gr/cm^3)	Elastic wave velosity (Km/sec.)	Resistivity (Ω-m)	I. P (%)	Radioactive (mR/h)	Magnetic susceptibility (x10-6 emu/cc)
1	Q. P	La Salvadora	strong	2.15	3.36	575	2.6	0.007	82
2	"	"	"	2.29					
3	"	"	"	2.22					
4	S. S	West side of Salvadora	fresh	2.38	4.92	245	0.5	0.009	232
5	"	"	"	2.54					
6	Q. P	La Salvadora	strong	2.22					
7	"	"	"	2.09					
8	G. W	East side of Salvadora	fresh	2.42	4.77	365	1.2	0.007	132
9	S. S	"	"	2.41					
10	"	"	"	2.42	5.13	190	0	0.008	298
11	Q. P	Ni 215 Laguna	weak	2.42					122
12	G. W	"	"	2.75					208
13	Q. P	Ni 650 Siglo XX	"	2.63					798
14	G. W	"	fresh	2.70					102
15	Q. P	Ni 551 D.D.H 798	strong	2.29	4.15	627	3.2	0.009	
16	"	"	"	2.28	4.01	378	2.8	0.011	
17	"	Ni 516 D.D.H 802	weak	2.63	5.60	405	4.2	0.007	
18	"	"	strong	2.35	3.89	312	2.9	0.009	
19	"	Ni 650 D.D.H 845	weak	2.40	4.09	209	1.8	0.009	148
20	"	"	"	2.64	5.40	480	2.4	0.008	14
21	Ore	Tojota		3.78					
22	"	Ni 551 V. San José		2.70					
23	"	Ni 650 Siglo XX		3.48		4	39.5		
24	"	"		4.29					
								(BG=0.007)	

Observation

Average value of density of rock

Quartz porphyry	2.35
Sandstone	2.44
Greywacke	2.62
Ore	3.52
Strong altered Q-P	2.22
Weakly altered Q-P	2.50

Average value of elastic wave Velocity

Quartz porphyry		4.37 Km/sec
Sandstone	5.03 km/s	4.94 Km/sec
Greywacke	4.77 km/s	
Strong altered Q-P		3.84 Km/sec
Weakly altered Q-P		5.03 Km/sec

Q. P : Quartz porphyry
S. S : Sandstone
G. W: Greywacke

Table 1－5・6に示す通りであるが各々の測定結果は次の通りである。

(1) 密　度：　岩石別に測定値の平均を求めると石英斑岩では2.35，砂岩では2.44，硬砂岩では2.62，鉱石では3.56を示し，鉱床の母岩となっている石英斑岩は堆積岩，鉱石に比し密度が低く，特に石英斑岩中でも変質を受けた部分は更に低下し，強変質部では2.22，弱変質部では2.50程度を示す。石英斑岩と堆積岩類の平均値（砂岩と硬砂岩の平均値）との差は0.17，変質の強い石英斑岩とは0.30の差がある。この程度の密度差があれば重力測定により石英斑岩及び変質帯を堆積岩類を区別することが出来，石英斑岩及び，その変質帯の分布を明らかにすることが出来る。又，断層などの存在を推定することが可能である。

従って，Catavi型鉱床の潜頭鉱床の探査には有効と考えられる。

(2) 弾性波速度：　石英斑岩の測定値の平均と砂岩の測定値の平均を比較すると，石英斑岩は4.37Km/sであるが，砂岩では5.03Km/s，硬砂岩では4.77で堆積岩の平均は4.94Km/sで堆積岩の速度が大きい。又，石英斑岩中でも変質の強い鉱化帯は著じるしく低い値を示す。従って，地震探鉱によって石英斑岩の分布状態，若しくはその存在を知ることが出来，特に変質の強い鉱化帯は周辺の岩石に比較し速度が遅く，容易に検出することが可能と考えられる。

(3) 比抵抗：　Table　1－5からも明らかな如く，採取試料は全般的に高抵抗であり，岩石による相違はあまり認められない。強いて言えば，風化，変質の違いが現われているものと考えられる。変質の著しいもの程，低抵抗の傾向がある。

(4) ＩＰ：　鉱化の強い石英斑岩ほどＩＰ値が高い。母岩となっている石英斑岩のＩＰ値の平均は約３％程度で，又，鉱石は３９％以上の極めて高い値を示す。これらのことから鉱床探査にはＩＰ法が有効と考えられる。

(5) 放射能：　一般に値が低く，岩石別，鉱化別の差が殆んど認められない。又，ウランも含有されていないので，本方法による探査は必要ないと思われる。

(6) 帯磁率：　全般的に低値で変質との関係が余り明瞭でない。

(7) 残留磁気：　Table　1－6より明らかなように試料全体の値が極めて低く，又，方位・伏角もばらついており規則性が見られない。今後，測定値を多くして磁気安定度を高めた上で再検討する必要があると思われるが，本測定からでは磁気探査は適応しないと思う。

以上の各種物性の測定結果により，Catavi鉱山付近の地質に対する物理探査方法の適応性を考察すると

(1) 重力探査は石英斑岩岩体，変質帯の分布形態，断層など地質構造上の変化を推定するのに有効である。

(2) 弾性波探査は石英斑岩と堆積岩類の境界部の推定，あるいは石英斑岩体の底部（岩体が地表に露出している場合）及び，断層の推定には有効と考えられる。

(3) 鉱床そのものの探査には電気探査（ＩＰ法）が特に優れた適応性があると言える。

Table 1-6 Measured Value of Residual Magnetization

No.	Rock name	Sampled location	Jo (C.G.S. e.m.u.)	Jd (C.G.S. e.m.u.)	Declination	Inclination
1	Greywacke	Cancañiri	2.62×10^{-7}	1.08×10^{-7}	S55°W	−18°
2	"	"	3.91×10^{-7}	1.51×10^{-7}	S69°W	+ 9°
3	Quartz porphyry	Azul	6.99×10^{-7}	3.36×10^{-7}	N17°W	+10°
4	Sandstone	"	5.54×10^{-6}	2.23×10^{-6}	N87°E	+ 14°
5	"	Dolores	3.45×10^{-7}	1.38×10^{-7}	S53°W	−31°
6	"	"	7.49×10^{-7}	2.92×10^{-7}	S66°W	− 2°
7	Greywacke	Siglo XX	1.58×10^{-6}	6.28×10^{-7}	S74°W	+20°
8	Sandstone	"	2.98×10^{-7}	1.17×10^{-7}	N59°W	−21°
9	"	"	2.07×10^{-7}	8.07×10^{-8}	S84°W	−51°
10	"	"	1.15×10^{-5}	4.88×10^{-6}	N12°W	−24°

Note: Upward inclination from horizontal — (−)

Downward " " — (+)

1－7 埋 蔵 鉱 量

(1) 埋蔵鉱量概括

Catavi 鉱山には坑内鉱，漂砂鉱床の埋蔵鉱量のほかに坑外に堆積されている選鉱廃石及び，廃滓があり，坑内鉱量と廃石，廃滓は１９８１年６月３０日現在，漂砂鉱床は１９８０年現在の鉱量計算がなされている。

今回の調査に当っては，それらの膨大な資料を同じ精度でチェックする事は勿論不可能であったが，各種鉱石の存在状態及び，サンプリング方法について再三に亘り調査し，また特に重要な三種の鉱石（Block Central，Desmonte 及び，Colas Arenas）については各々３００kg以上のサンプルを採取した。その結果，Catavi 鉱山の鉱量計算は，今後，鉱山の経済評価を行なうにあたって十分信憑性のあるものと判断される。

現在，選鉱工場で処理されている鉱石は，大部分が坑内の Block Caving からのものであり，その他鉱脈，Locatarios，Veneros などの売鉱業者からのもの，及び，Desmonte，Relaves の一部からのものである。

鉱　　量　　表

(2) 鉱量表の説明

種　　別	説　　明
Vetas	鉱脈（シュリンケージ切羽）
Vetas en blocks	Gran Block Central と Paralera に含まれる鉱脈部を指す。従って，現在の採掘対象ではない。
Puentes	残 鉱 柱
Taqueos	旧採探跡（主としてシュリンケージ切羽）に充填されている鉱石，0.50％Sn を境に高品位鉱と低品位鉱に分けられる。
Block caving	現在採掘中の６鉱画がある。
Block chicos	Block Caving のうち小さいもの。４鉱画ある。
Existencias	坑内切羽内，坑井内，Siglsxx 選鉱工場 Victoria 選鉱工場内の貯鉱。
Desmdntes	Siglo XX 坑外の重液選鉱廃石
Veneros	Carmen 及び，Centenario の２漂砂鉱床。
Relaves	Victoria 選鉱工場の廃滓と Kenko 選鉱場工場沈殿池に存在する廃滓の両者を指す。下記の３種に分けられる。

1) Colas lamas kenko　Siglo XX スライム系及び，Victoria からの1.5%以下のもので。Kenko 湖に堆積されている。Kenko I と II に分けられる。

2) Colas lamas golden city (Kenko)：Golden city 地域に堆積されているもの。脱硫浮選浮鉱及び，錫粗選沈澱。

3) Relaves catavi：Victoria 選鉱工場からの廃滓，次の５種に分けられる。

① Arenas：最近１０数年間のテーブルによると比重選鉱のテーリング。

② Quemadillos：古いシステムによるテーリング，鉄分のための褐色を呈する。

③ Piritas A及び，④B：最終工程の硫化物浮選の産物。高品位及び，低品位。

⑤ Granzas (Grancillaとも云う)：Colas Arenas の粗粒部。

(3) １９７７年～１９８１年６月までの錫量増減

鉱　種　別	減	増	
En vetas	2,947.7 t		
Veta en Blocks XS	—	—	
Puentes	—	—	
Taqueos	1,377.2 t		
Block caving	15,125.5 t		
Block chicos		174.7 t	
Existencias	165 t		
坑内 Total	16,952.4 t	174.7 t	
Desmontes		35,746.6 t	大部分は，1979年修正されたもの。
Veneros	9,302.9 t		
Relaves	5,365.8 t		

COMIBOLの資料によれば現操業形態での採算限界品位（現地では Cut-off と云っている）は下記の如くである。

条　件	１９７７年	１９７８年	１９７９年	１９８０年
採算限界品位Sn	0.57%	0.58%	0.70%	0.61%
Sn 建値	4.39 US$/lb	5.70 US$/lb	6.15 US$/lb	7.05 US$/lb

1981			DIFERENCIA EN TONELAJE FINO ENTRE 1980-1981	
Min	% Sn	Tons Fino	PERDIDAS	GANANCIAS
.472	1 52	6.757 7	-	122 2
.399	2 08	2,398 3	-	-
.338	2 88	1,275 2	-	-
	-	-	111 0	-
.329	0 39	12.797 4	594 7	-
.698	0 40	363 1	170 4	-
.478	0 92	948 0	39 8	-
.714	0 61	24,539 7	793 7	-
.820	0 27	59,845 2	48 9	-
.015	0 01	30,558 5	28 3	-
.227	0 37	118,686 2	-	629 8
062	0 04	209,089 9	-	552 6
.776	0 07	233.629 6	241 0	-

TIPO DE RESERV	SUB - TOTAL			TOTAL		
	ons Min	% Sn	Tons Fino	Tons Min	% Sn	Tons Fino
VETAS	263,510	1 75	4,606 68	443,472	1 52	6,757 71
VETAS EN BLOC	87,629	2 23	1,955.93	115,399	2.08	2,398.34
PUENTES	44,338	2 88	1,275.16	44,338	2 88	1,275 16
TAQUEOS	-	-	-	-	-	-
BLOCK CAVING	-	-	-	3,255,329	0 39	12,797 36
BLOCKS CHICO	-	-	-	89,698	0.40	363 14
EXISTENCIAS	-	-	-	103,478	0 92	948 04
TOTAL MI	395,477	1 98	7,837 77	4,051,714	0.61	24,539 75
DESMONTES	-	-	-	21,961,820	0.27	59,845 16
VENEROS	-	-	-	297,249,015	0 01	30,558 49
RELAVES	-	-	-	32,262,227	0 37	118,686 20
TOTAL SUPER	-	-	-	351,473,062	0 06	209 089 85
GRAN TOT	395,477	1.98	7,837 77	355,524,776	0 07	233,629 60

Table 1-7 Comparative Reserves for Years of the Catavi Mine (1977~1981)

TIPO DE RESERVAS	1977			1978			1979			1980			1981			DIFERENCIA EN TONELAJE FINO ENTRE 1980-1981	
	Tons Min	% Sn	Tons Fino	Tons Min	% Sn	Tons Fino	Tons Min	% Sn	Tons Fino	Tons Min	% Sn	Tons Fino	Tons Min	% Sn	Tons Fino	PERDIDAS	GANANCIAS
EN VETAS	521,566	1 86	9.705 4	441,940	1 94	8,586 3	523,855	1 79	9,389 6	429.917	1 54	6,635 5	443,472	1 52	6.757 7	-	122 2
VETA EN BLOCKS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	115,399	2 08	2,398 3	115,399	2 08	2,398 3	-	-
PUENTES	-	-	-	-	-	-	-	-	-	44,338	2.88	1,275 2	44,338	2 88	1,275 2	-	-
TAQUEOS	272,266	0 55	1,488 2	221,409	0 56	1,238 7	216,725	0.56	1,210 5	21.909	0 51	111 0	-	-	-	111 0	-
BLOCK CAVING	5,596,614	0 50	27,922 9	4,388,674	0 43	18,977 4	3,798,391	0 41	15,643 8	3,441,697	0 39	13,392 1	3,255,329	0 39	12,797 4	594 7	-
BLOCKS CHICOS	44,584	0 47	207 8	382,741	0 48	1,835 1	249,258	0.40	1,009 2	143,537	0 38	533 5	89,698	0 40	363 1	170 4	-
EXISTENCIAS	108,210	1 03	1,113 0	153,444	0 85	1,308 2	273,063	0 58	1,591 7	132,376	0 75	987 8	103,478	0 92	948.0	39 8	-
TOTAL MINA	6,543,240	0 62	40,437 3	5,588,208	0 57	31,945 7	5,061,295	0 57	28,844 8	4,329,173	0 58	25,333 4	4,051,714	0 61	24,539 7	793 7	-
DESMONTES	8,302,863	0.29	24,098.4	8,229,021	0 29	23,772 6	21,990,914	0 27	59,954 3	21,973,613	0 27	59,894 1	21,961,820	0 27	59,845 2	48 9	-
VENEROS	100,769,422	0 04	39,861 4	100,468,072	0 04	39,740 8	94,732,522	0 04	37,514 6	297,416,778	0 01	30,586 8	297,249,015	0 01	30,558 5	28 3	-
RELAVES	27,886,682	0 44	124,052 0	28,350,261	0 44	125,156 8	31,338,657	0 37	117,495 8	31,921,249	0 37	118,056 4	32,262,227	0 37	118,686 2	-	629 8
TOTAL SUPERFICIE	136,958,967	0 14	188,011 8	137,047,354	0 14	188,672 2	148,062,093	0 14	214,964 7	351,311,640	0 07	208,537 3	351,473,062	0 04	209,089 9	-	552 6
TOTAL EMCATAVI	143,502,207	0 16	228,449 1	142,635,562	0 15	220,615 9	153,123,388	0,16	243,809 5	355,640,813	0 07	233,870 7	355,524,776	0 07	233,629 6	241 0	-

Table 1-8 Summary of Reserves of the Catavi Mine (1981.6.30)

TIPO DE RESERVA	RESERVA ACCESIBLE									RESERVA INACCESIBLE									TOTAL		
	POSITIVO			PROBABLE			SUB-TOTAL			POSITIVO			PROBABLE			SUB-TOTAL					
	Tons Min	% Sn	Tons Fino	Tons Min	% Sn	Tons Fino	Tons Min	% Sn	Tons Fino	Tons Min	% Sn	Tons Fino	Tons Min	% Sn	Tons Fino	Tons Min	% Sn	Tons Fino	Tons Min	% Sn	Tons Fino
VETAS	19,938	1 18	236 24	160,024	1 20	1,914 79	179,962	1 19	2,151 03	38,615	1 23	476 22	224 895	1 84	4 130 46	263,510	1 75	4,606 68	443,472	1 52	6,757 71
VETAS EN BLOCKS	2,160	2 32	50 06	25,610	1 53	392 35	27,770	1 59	442 41	1,397	3 72	52 08	86,232	2 21	1,903 85	87,629	2 23	1,955 93	115,399	2 08	2,398 34
PUENTES	-	-	-	-	-	-	-	-	-	44,338	2 88	1 275 16				44,338	2 88	1,275 16	44,338	2 88	1,275 16
TAQUEOS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BLOCK CAVING	3,255,329	0 39	12,797 36	-	-	-	3,255,329	0 39	12 797 36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,255,329	0 39	12,797 36
BLOCKS CHICOS	89,698	0 40	363 14	-	-	-	89,698	0 40	363 14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	89,698	0 40	363 14
EXISTENCIAS	103,478	0 92	948.04	-	-	-	103,478	0 92	948 04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	103,478	0 92	948 04
TOTAL MINA	3,470,603	0 41	14,394 84	185,634	1 24	2,307 14	3,656,237	0 46	16,701 98	84,350	2 14	1,803 46	311,127	1 94	6,034 31	395,477	1 98	7,837 77	4,051,714	0.61	24,539 75
DESMONTES	21,961,820	0,27	59,845 16	-	-	-	21,961,820	0 27	59,845 16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21,961,820	0 27	59,845 16
VENEROS	297,249,015	0 01	30,558 49	-	-	-	297,249,015	0 01	30,558 49	-	-	-	-	-	-	-	-	-	297,249,015	0 01	30,558 49
RELAVES	32,262,227	0 37	118,686 20	-	-	-	32,262,227	0 37	118,686 20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	32,262,227	0 37	118,686 20
TOTAL SUPERFICIE	351,473,062	0 06	209,089 85	-	-	-	351,473,062	0 06	209,089 85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	351,473,062	0 06	209 089 85
GRAN TOTAL	354,953,665	0 06	223,484.69	185,634	1.24	2,307.14	355,129,299	0 06	225,791 83	84,350	2 14	1,803 46	311,127	1 94	6,034 31	395,477	1 98	7,837 77	355,524,776	0 07	233,629 60

又，１９８１年４月までの資料では：

種　類	平均採算限界品位	
Block Cavinq	0.68%	
Block Chicos	0.64%	鉱山全体で0.71 US$/lb
鉱　脈	0.86%	
Sn 建値	5.40US$/lb	

鉱量計算表に見られるように，採算限界品位以上を示す鉱種は下記の如く。

	鉱量 t	Sn %	錫量 t
Vetas	443,472	1.52	6741
Vetas en Blocks	115,399	2.08	2400
Pnentes	44,338	2.88	1277
Existencias	103,478	0.92	952
	706,687		

わづかに７０万ｔにすぎない。又，Block Central を除く坑内鉱量約４０５万ｔの80%を占めるのはBlock Caving 鉱量であるが，その品位は0.39%と低品位である。

(4)　１９８１年６月３０日，現在の埋蔵鉱量について考察

1）坑内鉱量

可採鉱量 (Mineral Accesible)			非可採鉱量 (Mineral Inaccesible)		
鉱量 t	Sn %	錫量 t	鉱量 t	Sn %	錫量 t
3,656,237	0.46	16,819	395.477	1.98	7.837,77

この表に見られるように 可採鉱量（確定・推定）は現在の生産規模（採掘粗鉱量，約１３０万トン／年）から見れば３年たらずしか残っていないことになる。

2）大規模ブロックケービング

１９８１年９月にGran Block Centralのコンピュータによる評価が完了している。この鉱画はLa Salvadora 岩体の中央部を占め，鉱脈既採掘充塡部（Taqueos)と分岐脈（Ramos）の密集した比較的高品位部が選ばれた。

Ni２１５～Ni５５１の１１レベルにおいて，立入，及び試錐による合計２万個以上のサンプルが用いられ，２０m×２０mの水平区画を一単位とし，コンピュータ処理により鉱量計算が行なわれたものである。（Table 1－10）

鉱量は上記の如くであるが，COMIBOLによるPrefeasibieity Studyによれば，現行の選鉱成績では採算がとれないとしている。

調査団は，鉱山より提供されたコンピュータディスクを用いて平面及び，断面の品位分布傾向図を作成した。その代表的なものをFig. 1－6に示す。

これら図面から見る限りでは，中央部に上下に0.35％以下の低品位部が存在する。

従って，採鉱部門の項で述べるようにサブレベルストーピングの様な選択採掘法を用いることを前提に，その低品部を除けば相当の品位上昇が期待できる。

3） Desmontes

数10年間に亘って堆積されてきているが，Siglo XX 選鉱工場に近い個所及び，下部に存在するものは，高品位鉱脈を採掘していた時代のもので，0.4％内外を示し，上位及び，現在，堆積されつつあるのは，主としてBlock Cavingから採掘されたものであって，0.20％内外と低品位である。

4） Veneros

(a) Centenario

賦存状態は鉱床の項で述べた通りであるが，40年以上に亘って売鉱業者（Veneros）が高品位部を採掘してきており，最近COMIBOLでの鉱量再評価では，その部分を除外している。平均品位は0.01％ときわめて低く，Estalza 鉱山の漂砂鉱床の0.02－0.04％と比較しても，現在，直ちに開発にかかるようなものとは言えない。

(b) Carmen

品位は0.03％を良好であるが，鉱床上部には殆んど，すべて鉱業所の諸施設，社宅が存在しており，COMIBOLの試算では，それらの施設を移転させた場合は採算がとれないとしている。

5） Colas Arenas

品位，鉱量共に坑外貯鉱としてはDesmonteと共に今後，採掘対象として検討に値するものと思はれる。

なお，Qnemadillos は Kenko選鉱工場へ送られており調査時点では，殆んど残っていなかった。

1－8 考察・提言

調査及び，諸資料の検討の結果，探鉱に関して下記の様な問題点が抽出された。

1）採算点以上の高品位部は枯渇してさており，可採鉱量は現採掘規模では3年分である。

2）深部及び，既知鉱体近接区域に大量の富鉱体の存在する可能性は小さい。

Table 1–9 Reserves of Relaves (30–VI–81)

Acumulación De Reservas		Tons. Min	%Sn	Tons. Finas	Observaciones
Colas Lamas Kenko	Kenko I	6'340,154	0.39	24,598.61	Según informe TOI-17/79
	Kenko II	4'562,894	0.55	25,095.92	Sin recálculo
Total		10'903,048	0.46	49,694.53	Reserva al 30-VI-81
Acumulación De Reservas	AÑOS	Tons. Min	%Sn	Tons. Finas	Observaciones
Colas Lamas Golden City (Kenko)	1968–1971	293,488	0.34	989.82	Acumulación de reservas 1968–VI–81
	1972–1974	144,170	0.22	323.18	
	1975–1979	646,453	0.27	1,740.66	
	1980–1981	42,049	0.49	238.70	
Total		1'126,160	0.29	3,292.36	
Acumulaciń De Reservas	Colas	Tons. Min	%Sn	Tons. Finas	Observaciones
Relaves Catavi	Arenas	18'527,710	0.29	54,461.80	Dos contado de evaluación 1979 comunicado con radiograma TOI-26/80
	Quemadillos	46,578	0.95	444.32	
	Piritas A	16,949	1.37	232.20	
	Piritas B	370,949	0.86	3,190.16	
	Granzas	1'270,833	0.58	7,370.83	
Total		20'233,019	0.32	65,699.31	

Gran Total Relaves 32'262,227 0.37 118,686.20

Table 1–10 Reserve of Block Central

Nivel	Volumen	Toneladas Mineral (Secas)	% Sn	Toneladas Fino
383	2,582.253	5,800 231	0 14	8.120.32
411	2,898 802	6,383.310	0 20	12.766 62
446	3,196 150	7,245.918	0 19	13 767.24
481	2,985.524	6,838 762	0 21	14.361.40
516	2,836 813	6,934 482	0 21	14 562.41
551	2,049 334	5,103.217	0 24	12.247.72
Gran Total :	16,548 876	38,305.920	0 20	75.825.71

3）現在の探査組織と業務分担は新鉱床探査の要望を満たすには採鉱部門へのサービスに片寄りすぎている。

4）資料の検討，整理，コンパイルの不足。

5）試料，特に試錐のコアー整理と研究の不足。

上記の諸問題点については，探査組織の再編成と業務分担の変更によって，現在の緊急事態を乗切るために，本来の探査業務に専念できるようにすべきである。又，中，長期及び，周辺から広域にかけての探鉱計画を立案しなければならない。そのためには，旧資料のコンパイルと試錐の増強も必要である。

なお，将来の対象とすべきブロックケービング区域の鉱量については，今回の調査，研究で新しい事実が確認されたが，採鉱，選鉱両部門と連携して錫鉱物，及び他の有価金属物の存在状態について，更に研究を深めるべきであり，その成果によって，今後，探鉱のポテンシャリティーは向上し鉱山の経営に大きく寄与することになるであろう。