





ボリヴィア共和国
鉦山施設近代化計画調査

(第2年次)

要 約

1983年3月

国際協力事業団

JICA LIBRARY



1054301[5]

國際協力事業団	
国際協力事業団	
入 録 84 8.123.3	7.0.2
	166.1
No. 13566	MPN

目 次

I. 主 旨	1
II. 提言のまとめ	1
1. 採 鉱	1
2. 選 鉱	3
3. 建設計画	4
4. 人員計画	5
5. 経済評価	5
6. 探鉱計画	6
III. 結 語	7





Fig. 1 Location Map

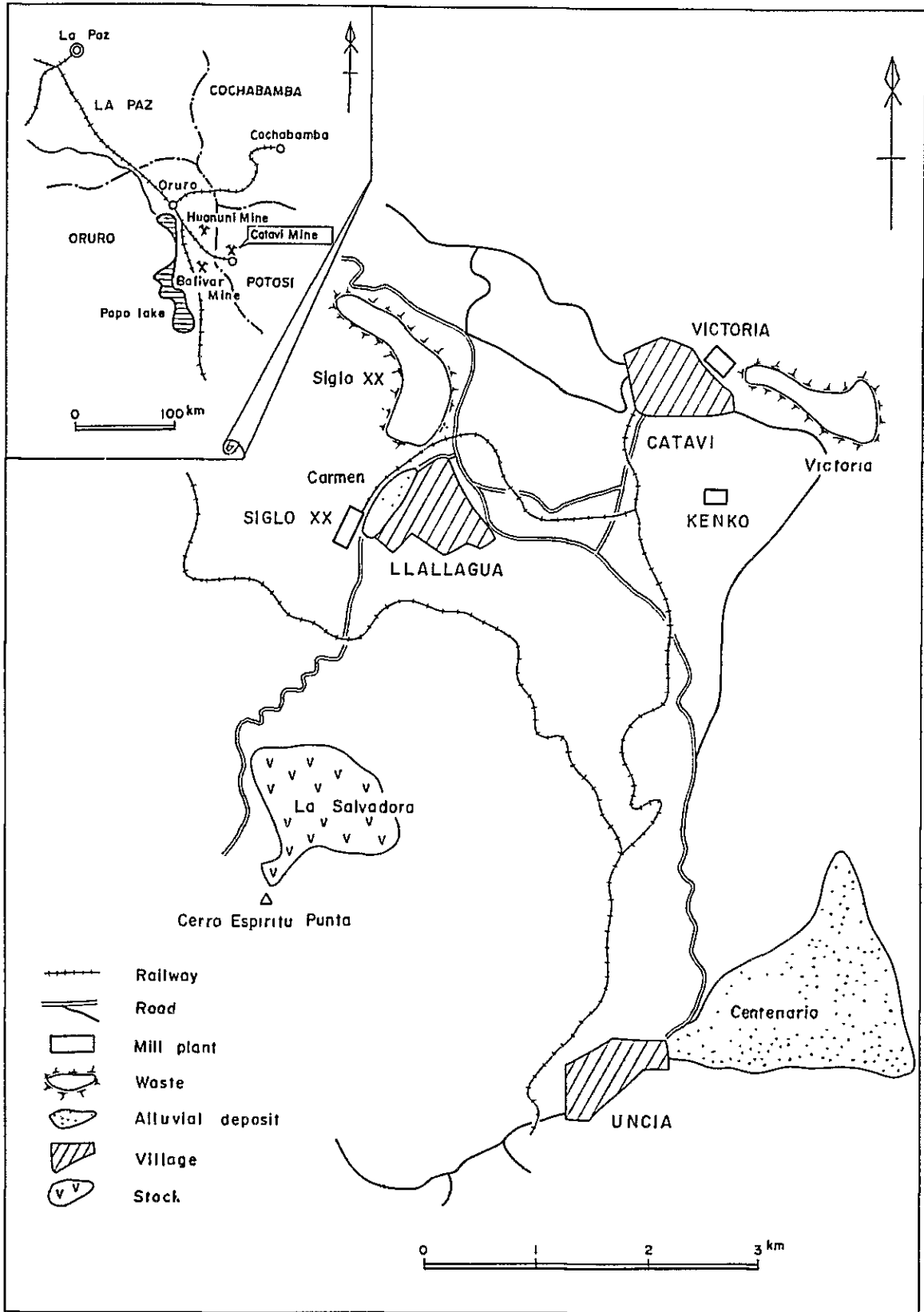


Fig.2 Location Map of the Catavi Mine

I 主 旨

ボリヴィア共和国鉍山施設近代化計画調査の名称の下に、第1年次・1981年7月～1982年3月、第2年次・1982年7月～1983年3月に亘り、Catavi（カタビ）鉍山の現状調査、探査、採鉍、選鉍各部門の試験研究、近代化施策のための検討と解析、および、その結果を踏まえた提言の実施という一連の作業を行なった。

調査の結果については下記の如くまとめる事ができる。

即ち、この数年の間に採算限界以上の品位の鉍石が急激に減少し、1982年現在、2年分を残すのみである。それにも拘らず、施設、操業形態、組織は、その大部分が且つての高品位鉍処理時代のまゝであり、生産性が極度に低下している。一方、人件費、物品費を主とするコストは年々上昇している。これらの要因によって鉍山の経営は悪化の一途をたどっており、1980年、1981年には、税引後各々1,500万us\$, 2,500万us\$の損失を計上するに至った。このまゝの操業を続ける限りは年々損失は増加し、高品位鉍が枯渇した後は更に大幅な損失をまねくであろう事は明らかである。しかしながら、国家的、社会的制約から鉍山を一挙に閉山させる事はできない。

上記の結論に基いて、近代化施策のための提言を行なうに当っての基本的構想を下記の如く策定した。

1. 経済性を改善させながら、少なくとも10年間の操業を維持する必要がある。
2. そのため、先づ、粗鉍量を10,000t/日規模にまで増産し、錫の生産量を大幅に増大することによって経済的メリットを産むための方策を構ずる。
3. その方策としては、採鉍、選鉍、管理の各分野においてモデルプランの概念設計を行なう。これにより生産性の向上と人員の適正配置を図る。
4. 本計画の経済評価を行ない、同時に適正規模の視点から10年間の収支が最大となる条件を見つけるため、粗鉍品位と粗鉍量を変えてケーススタディーを行なう。
5. Catavi 鉍山の近代化に伴い、COMIBOL（ボリヴィア鉍山公社）および、地域社会の抜本的発展を図るために、近隣地域における新鉍床探査計画を立案する。

上記の構想に従い、下記の提言を行う。

II 提言のまとめ

1. 採 鉍

採掘計画の立案に当っては、近代化計画の基本的構想である10,000t/日 出鉍規模での坑内鉍と坑外鉍の量のバランスを考慮し、鉍床条件に適合した坑内採掘法と、SigloXX

(シグロベインテ) 廃石の大量処理による低コストの採掘、運搬によって、採掘部門全体としてのコストの低減と生産性の向上を図ることを前提条件として、下記の提案を行なう。

1) 坑内においてはブロックセントラル地区を対象として、

- a. ある程度、選択採掘が可能な方法(品位の向上)
- b. 堅硬でクラックの少ない地質に適した方法(大塊処理の軽減)
- c. 低コスト、大量生産の可能な方法
- d. 既存の設備と操業に大きな変更を要しない方法

に条件を置いて採掘法を選定した結果、サブレベル採掘法が最適と判断された。細部に亘る提案は下記のとおりである。

- (1) 採掘対象は、ブロックセントラル地区のうち、鉍石品位の分布状況から見て、サブレベル法に有利な4つの採掘ブロックを選定した。4ブロックの高品位部の可採鉍量の合計は7,378,070 t、平均品位Sn 0.41%である。
- (2) 開坑坑道は、延長が長くなるため出来る限り鉍床内部に開削し、出鉍量を補填すること、また期間を短縮するため、能率が良く、機動性のある機械を推める。(Table II-1-17)
- (3) 運搬、通気、排水については、現有設備を最大限に生かし大幅な変更は行なわない。
- (4) 上記の方法による採掘能率は222 t/工となり、日本の代表的な塊状硫化物鉍床である“柵原鉍山”の同方法による15 t/工と比較しても良好な能率となった。

2) 坑外鉍の活用

Desmonte(Sigo XX廃石)は、鉍量22,000千トン、平均品位Sn 0.27%で、比較的まとまって存在し、粒度も揃っており、積込、運搬も比較的容易な為、直ちに大規模採掘が可能な事。選鉍試験の結果Victoriaの廃滓に比べて選鉍処理が容易であることから、採掘コストを全体として大幅に低減できるものと判断した。

(1) 採掘法

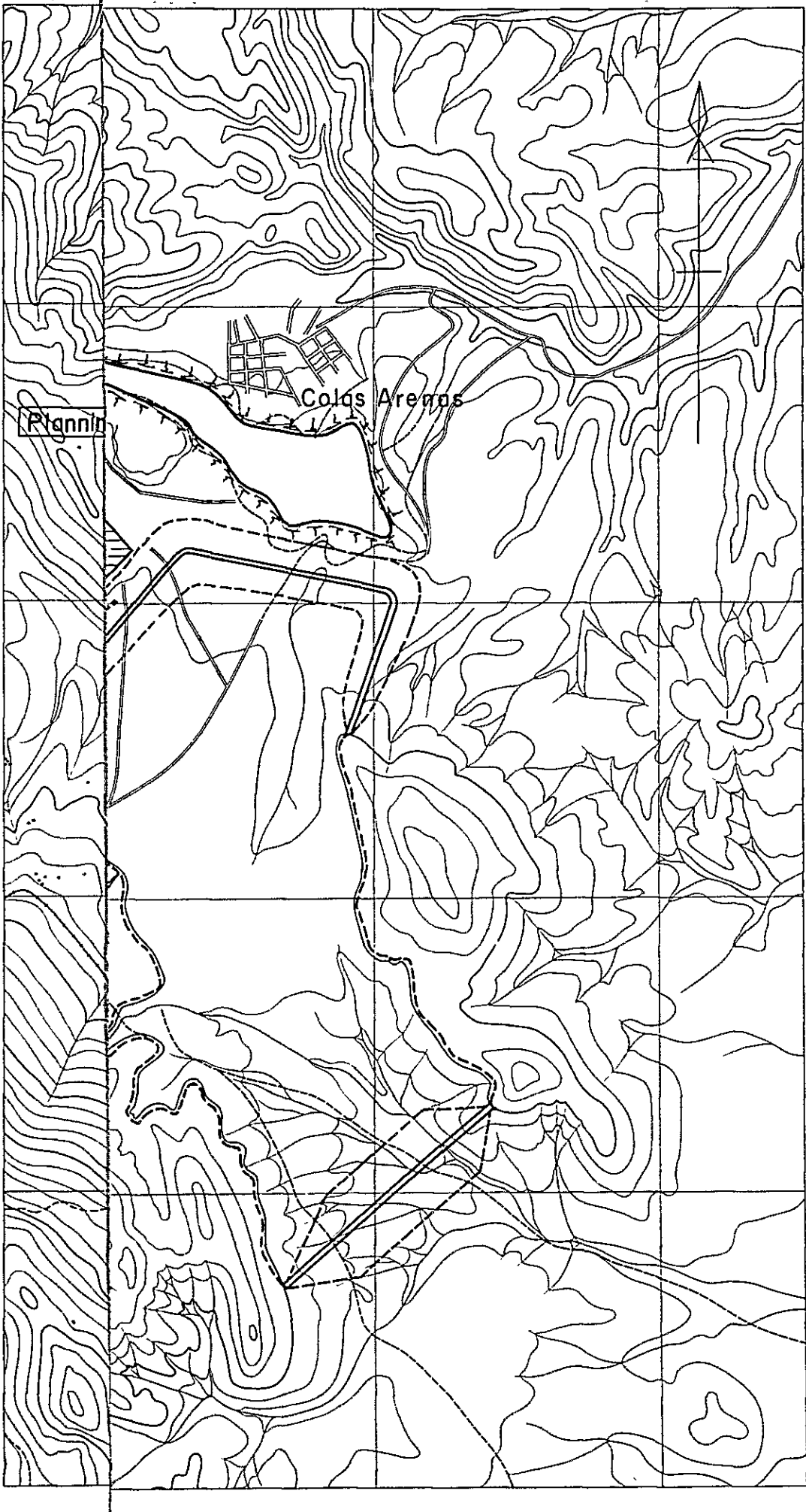
堆積状態から考えて、上方から順次盤下げを行なう方法をとる。

(2) 採掘機械、運搬機械(Table II-1-23)

普遍的な大型重機類を使用。運搬は、ダンプトラック方式とロードアンド キャリー方式について経済性を比較、検討した結果、前者を採用した。その結果、廃石の全採掘能率は約130トン/工となり、坑内・坑外を通じての採掘コストは大幅に低減され、また生産性の向上が図られる。

3) 採鉍長期計画

10年間に亘る生産計画、人員計画、建設計画および採掘操業費を組んで、採掘コストと生産法をまとめた。(Table II-1-32, II-1-33)



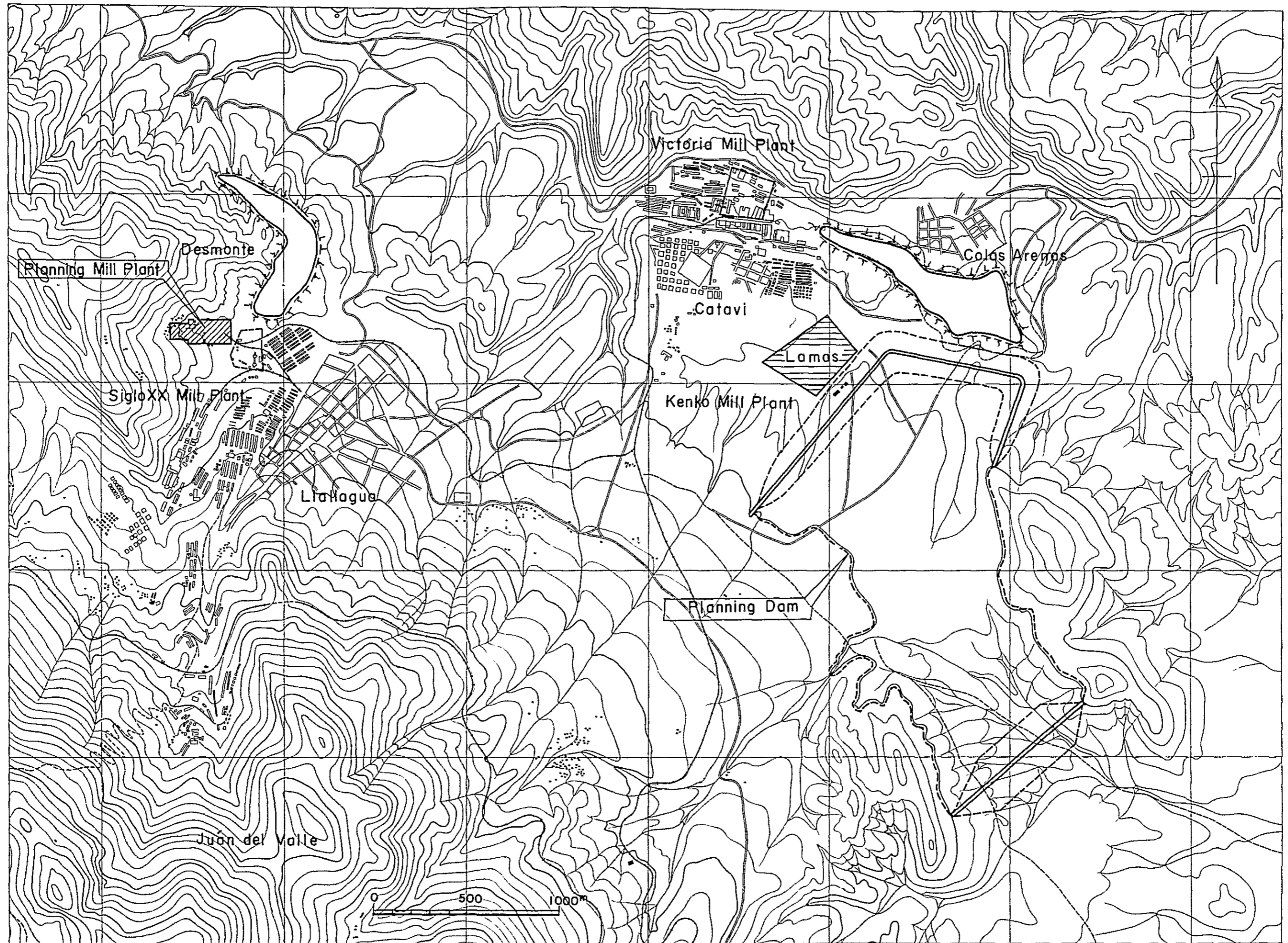


Fig. 3 Location Map of Equipment

この結果、採掘コストは10年間で平均1,433us\$/tと低減され、また生産性も約850t/人・月と飛躍的に向上することとなった。

以上述べたように、本計画が実施されれば大きい改善効果がみられるものと考えられる。

2. 選 鉱

初年次の調査の結果、選鉱部門の改善に当たって下記の点が大きい問題点であることが判明した。

- a. 選鉱成績の低下
- b. 選鉱方式と容量の問題
- c. 操業の不安定と選鉱設備の老朽化
- d. 操業コストの上昇

更に1・2年次を通じ、選鉱試験を実施してきたが、主として坑内鉱35：坑外鉱(Desmonte)65の割合の混合鉱石に対する比重選鉱を中心とした選鉱試験結果を要約すれば下記の如くである。

- a. 重液選鉱による予選はマイナス要素が多い。
- b. 錫鉱物は、50 μ ～200 μ の間の粒度域での分離性が良好である。
- c. テーブルによる分離は、精鉱品位Sn 48.9%、実収率59.8%、低品位精鉱品位Sn 5%、実収率10%であった。
- d. 脱硫は73.5%～97%の除去率である。
- e. 磁選では、Feを100%除去することは難しい。

上記の問題点および、試験結果を前提条件として、新選鉱システムによる新選鉱工場の建設を下記の様に提案する。

(1) 坑内鉱3,500t、坑外鉱6,500tの割合で10,000t/日処理の選鉱工場をSiglo XX地区のCerro-Pichakani(セロ・ピチャカニ)の東斜面に設ける。

(2) 選鉱方式は、Sn 0.3%前後の低品位元鉱を対象とし、錫石の単体分離性に注目した粉碎、磨鉱(とくに過磨鉱を避ける)、分級工程を組合わせたテーブル選鉱を主力とし、最後に精鉱品位を上げるために脱硫および、脱鉄処理を行う。

・重液選鉱による予選は、採収率の低下、物品(フェロシリコン)のコスト高、および操業不安定のおそれのある事から採用しない。

(3) 今回の提案は概念設計であるが、建設工事実施に当たっては、パイロットプラント(20t/日以上)を設けてサンプリング精度を高めた上で詳細設計を進めるものとする。

なお、選鉱成績の期待値は、精鉱品位が、高品位鉱Sn 50%、低品位鉱Sn 4%、総合実収率60%である。この成績を保持するため、計装および分析の自動記録装置による監視の強化を図り、万全を期するものとする。

- (4) 新選鉱システムが実効をあげるためには、設備の予防保全システムの採用が前提である。
- (5) 選鉱廃滓処理については、従来より粒度が細かく、量も倍加することから、Cerro Sacamarca（セロサカマルカ）の西側の平地に、廃滓サンドの粗粒部分を集めて囲繞堤を構築する。
- (6) 用水は、微粒テーブル系統で、とくに低濃度を要し、総量15万 m^3 /日と大量を要するため、復水率を80%（蒸発分を除き）以上とし、乾期に備える水バランスとする。

3. 建設計画

採鉱，選鉱，管理の各部門における建設計画と建設費を次に要約する。

1) 採 鉱

サブレベル採鉱を開始する以前の、いわゆる建設期間は4年間を見込んでいる。

調査設計に始まり、機器調達、主要運搬坑道、開発坑井、連絡坑道などで2年間、次いで開発坑道開削が2年間である。

Desmonte採掘準備は、機器調達のみで、半年間を見込む。

2) 選 鉱

調査設計から操業開始までの期間は3年半余を見込んでいる。

選鉱工場関係では、調査設計、機材調達、土木工事、建屋工事、機電工事などを平行して進めて行き、試運転に至るまで約3年である。

廃滓ダム建設は、主としてダムサイト構築であり、前後約3年半を要する。

その他、用水設備として、機材調達、取水、ポンプ設備、配管工事に約2年間を見込む。

3) その他

社宅、新事務所関係の建屋および設備などを上記建設工事に合わせて実施する。

4) 建 設 費

全工事の建設費および付帯経費の要約は次の如くである。

Table 1 Cost of construction In 1,000 U.S.S

Classification	Amount		
	10,000 t/day	9,000 t/day	8,000 t/day
Mining equipment	6.772	5.612	5.436
Mineral processing equipment	78.257	73.209	67.961
Water supply equipment	3.534	3.318	3.092
Tailing dam	4.732	4.023	4.479
Affices and houses construction	1.633	1.633	1.633
Administration equipment	455	455	455
Other expeces	20.942	19.842	18.688
Total	116.325	108.092	101.744

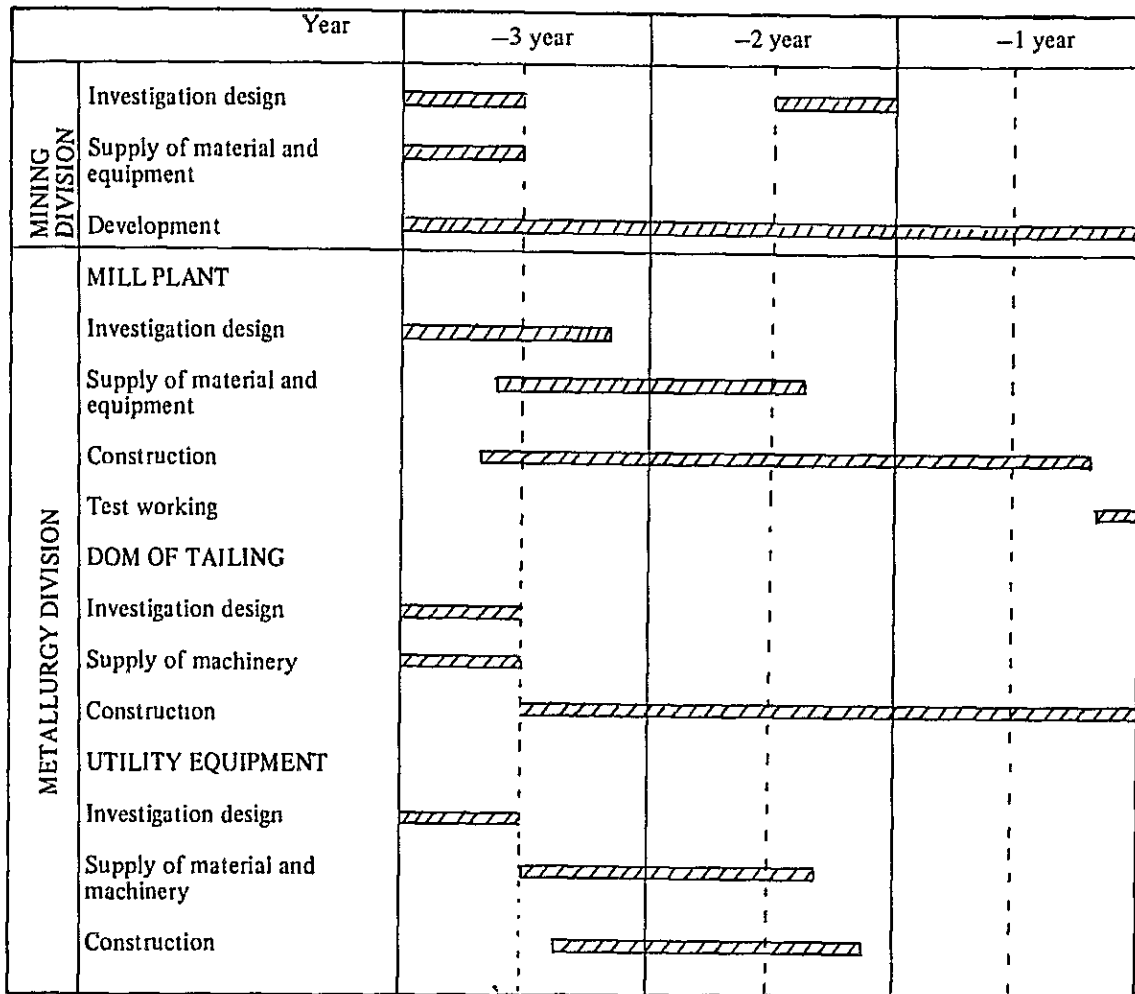


Fig. 4 Progress Schedule of Concentration Equipment



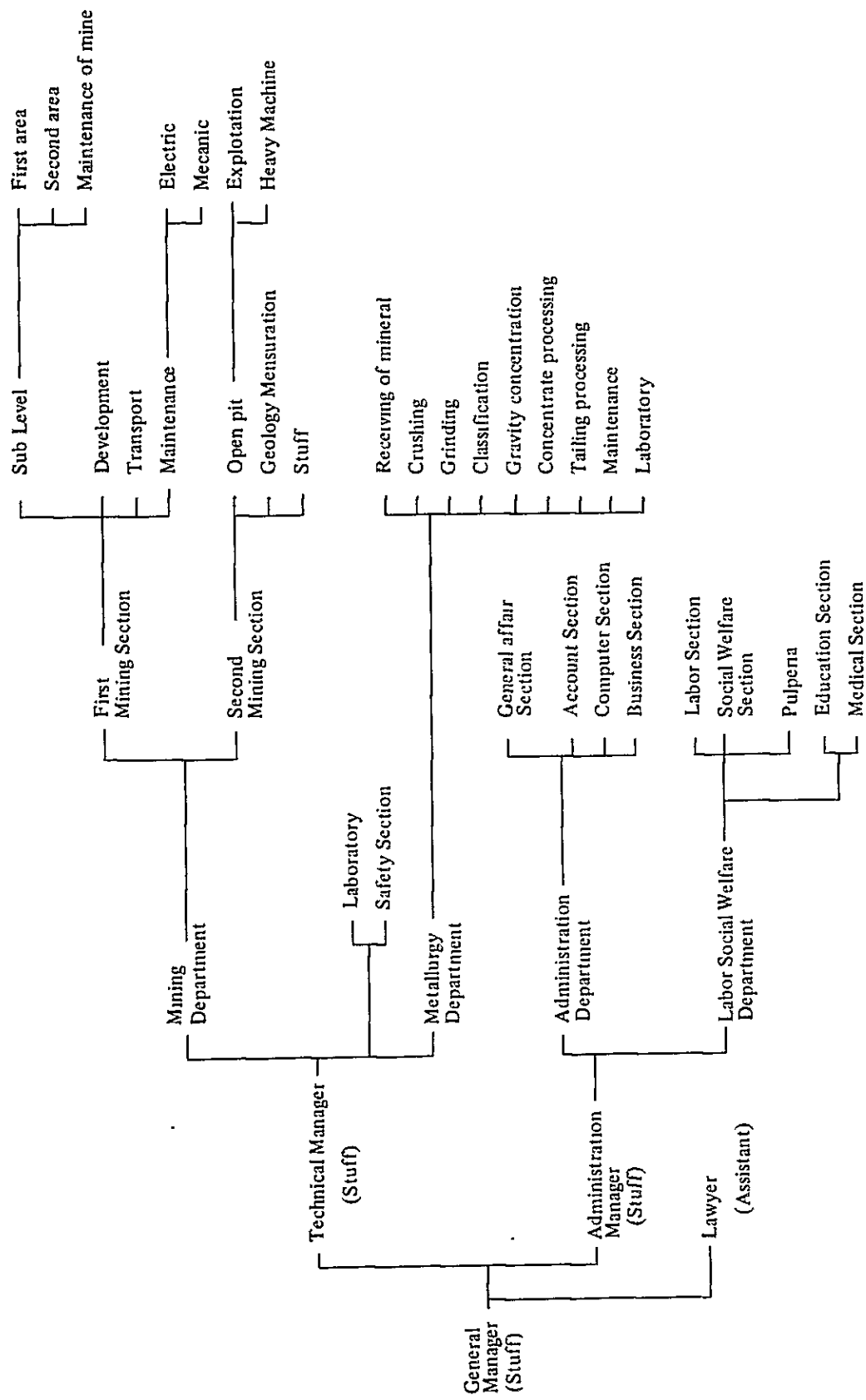


Fig. 5 New Organization of Catavi Mine

4. 人員計画

近代化施策のポイントである新選鉱工場の集約と機械の自動化を基本とした新しい操業態勢と、管理面での改善策を図ることを目標に、適正と考えられる人員配置を行った結果、採鉱関係、約300名、選鉱・工務関係470名、管理部門436名、合計約1,200名となった。

2年間の調査の結果から、Catavi 鉱山の収支を圧迫している最も大きい要因が年々のコストアップにある事、その大部分は生産性の低下にある事を把握した。

COMIBOLとの再三に亘る話し合いの中で、一般に“近代化”を行なう場合、操業の合理化、単純化は避けて通ることは出来ない事、また2年次へのCOMIBOLに対する約束に従い新計画は、新しいシステムによるケーススタディーであることを確認してきた。

従って、その意味で、上記の人員は、新システムにおける最少の人数を表わしている。

我々の提案している新しいシステムに移行するためには、準備、建設期間が必要で、その間に適正な人員配置を行なう事によって徐々に近代化を図ってゆく事も可能であろう。また、周辺部の採鉱に出来るだけ早く着手し、早期に新鉱床を発見して、その開発に人員を振り向けることは更に抜本的な施策となる。

5. 経済評価

本プロジェクトは、施設と操業形態の近代化を通じて、生産現場の集約と操業スケールの拡大とによる経済的メリットを最大限に活用することで以て、収益の大幅な改善を図ることが大前提である。

本プロジェクトの経済評価に当っては、10,000 t/日粗鉱量処理を基本とし、9,000 t/日、および8,000 t/日の場合をもケーススタディーとして、各々の収支計算を行なった。また、DCF計算を行い感度分析を行なった。その結果はTable II-7-1, 2, 3, 4, 5に示す通りであるが、要約すれば次の様になる。

Table 2 Profit and Interval Rate of Return

in 1,000 US\$

	10,000 t/d	9,000 t/d	8,000 t/d
Profit per year before tax (Metal price 6 US\$/lb)	6,400	7,600	5,600
(Internal Rate of Return Metal price 6 US\$/lb Interest 6% Tax 35%)	10.50%	10.79%	9.95%

税引前年収益では、9,000 t/日の場合が最も高い。Catavi 鉱山では1981, 1982年に、税引前で1,500万us\$以上の赤字を計上しているから、上記の場合に、現状に比べて約2,100万us\$以上の収支改善となる。

DCF計算結果では、各ケースにおいて10%前後の数値が出た。この場合、年収益計算と異なり、税率を35%と想定して算入してある。

以上の経済計算結果から見て、本プロジェクトは十分に経済性を有するものと判断される。

6. 探鉱計画

提言に当っては、下記の調査結果を基礎とした。

1) 鉱床胚胎の場合

本地域の錫鉱床は南北性の隆起部の中で、背斜軸上、または背斜近傍の翼部に集中している事、および石英斑岩岩株の存在と密接な位置的、成因的關係を有する事が判明した。

2) 調査地域の東半分は特に新期の流紋岩溶岩で被われた区域が広い。その区域中において、San Florencio鉱床は、“窓”として露出する古生層を母岩としているが、Llallagua（リヤググ）鉱床と同種の鉱床であって、溶岩地帯下部に潜頭鉱床の存在を示唆している。

3) 物性試験結果

(1) 変質石英斑岩と古生層との密度差が明瞭である。

(2) 鉱化帯および変質堆積岩のIP値は、他の岩石よりはるかに高い。

上記の結果を基礎として、探鉱計画を下記の様に提案する。

1. 地質構造および火成活動と鉱床との関連性からみて探鉱価値の高いSan Florencio（サンフロレンシオ）鉱山周辺を選定する。

2 重力探査

範囲 : $10\text{ km} \times 15\text{ km} = 150\text{ km}^2$

使用機器 : ラ・コステ重力計

期間 : 外業 2ヶ月, 内業 2ヶ月 計 4ヶ月

経費 : 65,000 us\$

3. IP電気探査

San Florencio 鉱床から北西に延びる変質帯を含む地域に対し、IP探査を行ない、直接に、鉱床あるいは変質石英斑岩体を発見する。

探査面積 : $3\text{ km} \times 6\text{ km} = 18\text{ km}^2$

使用機器 : IP Mod IPR 8 又は IPC-7.5 kw及び横浜電子IP送・受信機

測定方法 : Frequency Domain（フレクソドメイン）法、傾度法電極配置

期間 : 外業 約6ヶ月, 内業 約2.7ヶ月

経費 : 87,000 us\$

なお、重力探査、IP探査については専門家の助言を得て実施することが現地の技術水準からみて必要である。

III 結 語

我々の提案して来たCatavi 鉷山の近代化計画の実施に当っては粗鉷処理量10,000 t / 日の場合の建設費116百万us\$のほか、探鉷費として約15万us\$を必要とする。この金額はCOMIBOLのみで負担する事は極めて困難な事情にあるものと理解している。

従って、Catavi 鉷山の近代化がボリヴィアの鉷業のみならず国家的な事業であるからには、上記の事業費について国家的な強い助成策を構ずる事が何よりも望ましい。

かくして、新計画を成功させる事によって、地域社会に対しても、また国家的にも財政に大いに寄与することになるろう。

更に、Catavi 鉷山近代化の成果は、他の鉷山の同じ種類の問題の解決にも波及してゆき、COMIBOL全体の再建に結びつくものと信ずる。

