

第 8 章 送変電計画

第8章 送 変 電 計 画

8.1 基本的な考察	8-1
8.2 送電線計画	8-1
8.2.1 地形条件	8-1
8.2.2 気象条件	8-11
8.2.3 予備設計	8-16
8.2.4 送電線の設備概要	8-18
8.3 変電設備計画	8-22
8.3.1 変電所および開閉所の絶縁設計と避雷器の選定	8-22
8.3.2 主回路と母線構成	8-22
8.4 通信設備計画	8-24

TABLE LIST

Table 8 - 1 Economic Comparison on Alternative Conductors

FIGURE LIST

Fig. 8 - 1 Key and Location Map
8 - 2 Transmission Line Route
8 - 3 Profile of Transmission Line Route
8 - 4 115 kV Transmission Line Standard Type Steel Tower
8 - 5 Single Line Diagram
8 - 6 Single Line Diagram for Camargo Substation
8 - 7 Single Line Diagram for Tarija Substation
8 - 8 Telecommunication System
8 - 9 Telecommunication System Diagram

第8章 送 変 電 計 画

8.1 基本的な考察

本計画の送変電設備はボリヴィア国南部の Tarija 県 Pilaya 川に建設される出力 87 MW のピラヤ水力発電所の発生電力を National Power System の Potosi 変電所に送電するとともに Telamayu 鉱山および Tarija 市等の各地域への電力輸送を行うためのものである。

本計画の概要図を Fig 8-1 に示す。

なお、ピラヤ水力発電所の運開後は、本計画の送変電設備はボリヴィア国の National Power System の一部を構成することになる。また将来は Tarija より Bermejo および Villamontes への送電線延長計画がある。

8.2 送電線計画

ピラヤ水力発電所の発生電力を送電する為の送電線のルートは経過地がアンデス山脈地域であることより標高差が大きく、最低約 1,300 m から最高約 4,500 m の広い範囲となる。又、送電線路の亘長も電力需要地が Potosi, Telamayu および Tarija の 3 地点になる為、累計 410 km となる。送電線のルートの選定に際しては、送電線の信頼性と共、建設資機材の搬入、工事、設備管理などを考慮して経済性が図られる様にしなければならない。

本送電線の経過地はアンデス山脈の台地上の高原地帯ならびに丘陵地帯が大部分を占め、ピラヤ発電所付近の急峻な山岳地帯を除けばほぼ道路沿にルートが選定可能である。

本計画の送電設備計画では、現地調査結果ならびに収集資料等を十分検討すると共に、予備設計を行い、送電線の信頼性と経済性を十分考慮して最適な計画を策定することとした。

8.2.1 地形条件

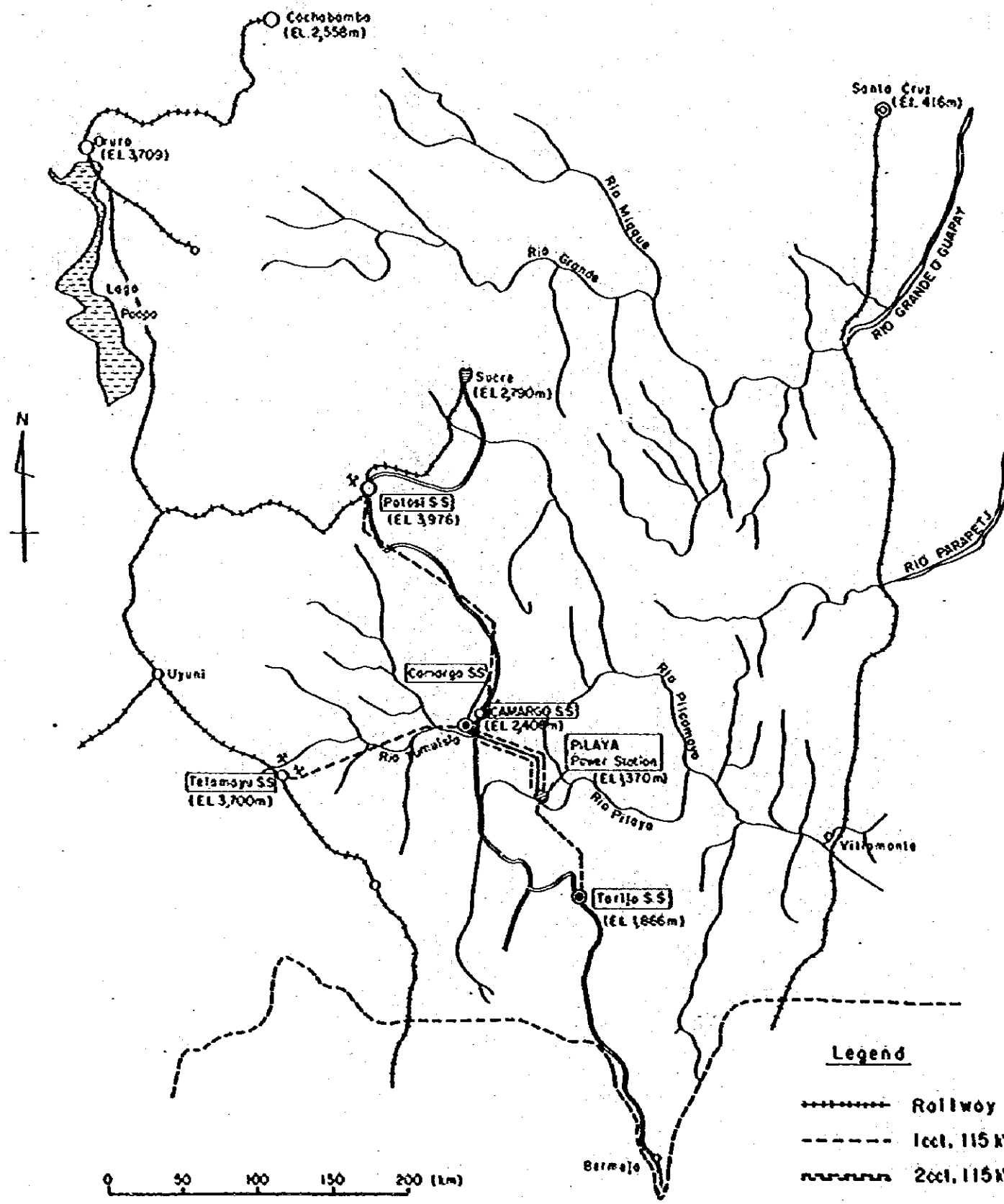
ピラヤ水力発電所より各電力需要地への送電線ルートを次の区間に区分する。

今回の調査した送電線ルートを Fig 8-2 に示す。

区間 A ; Pilaya (発) ~ Camargo (変)	65 km
区間 B ; Camargo (変) ~ Potosi (変)	170 km
区間 C ; Camargo (変) ~ Telamayu (変)	115 km
区間 D ; Pilaya (発) ~ Tarija (変)	60 km
計	410 km

(I) 区間 A ; Pilaya (発) ~ Camargo (変)

ピラヤ水力発電所から、Camargo 変電所迄の間は 2 回線送電線で新設されるものとする。
なお Potosi および Telamayu 方面への分岐点となる Camargo 変電所は Palca Grande 部



Legend

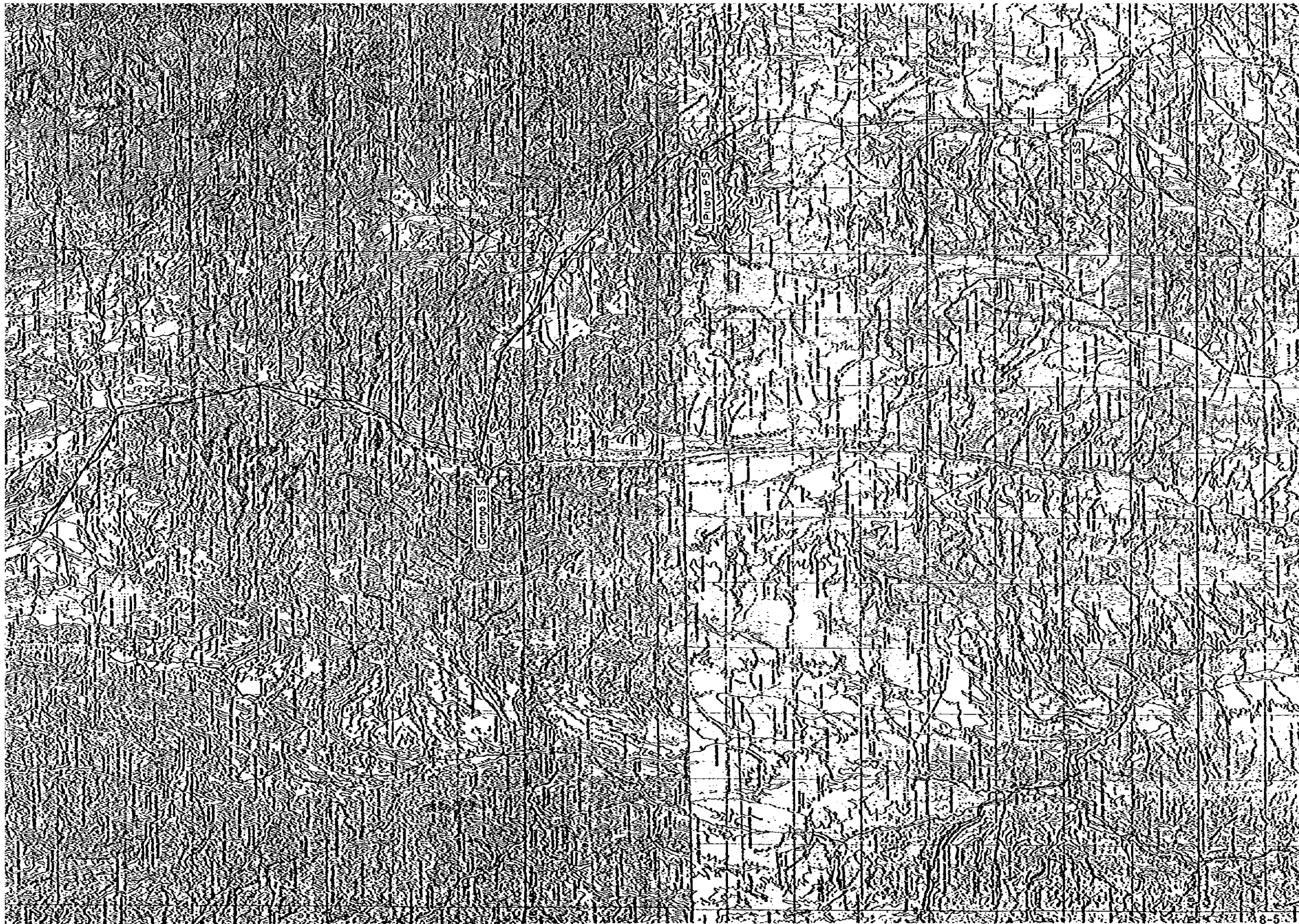
- Rollway
- Incl. 115 kV Transmission Line (Proposed)
- 2ccl. 115 kV Transmission Line (Proposed)
- Substation (Proposed)



Fig.8-1 Key and Location Map

Fig. 8-2(1) Transmission Line Route
(Section A : Piloya PS - Camaripo SS)
(Section B : Camaripo SS - Patosi SS)
(Section C : Piloya PS - Terija SS)
Scale 1 / 500,000





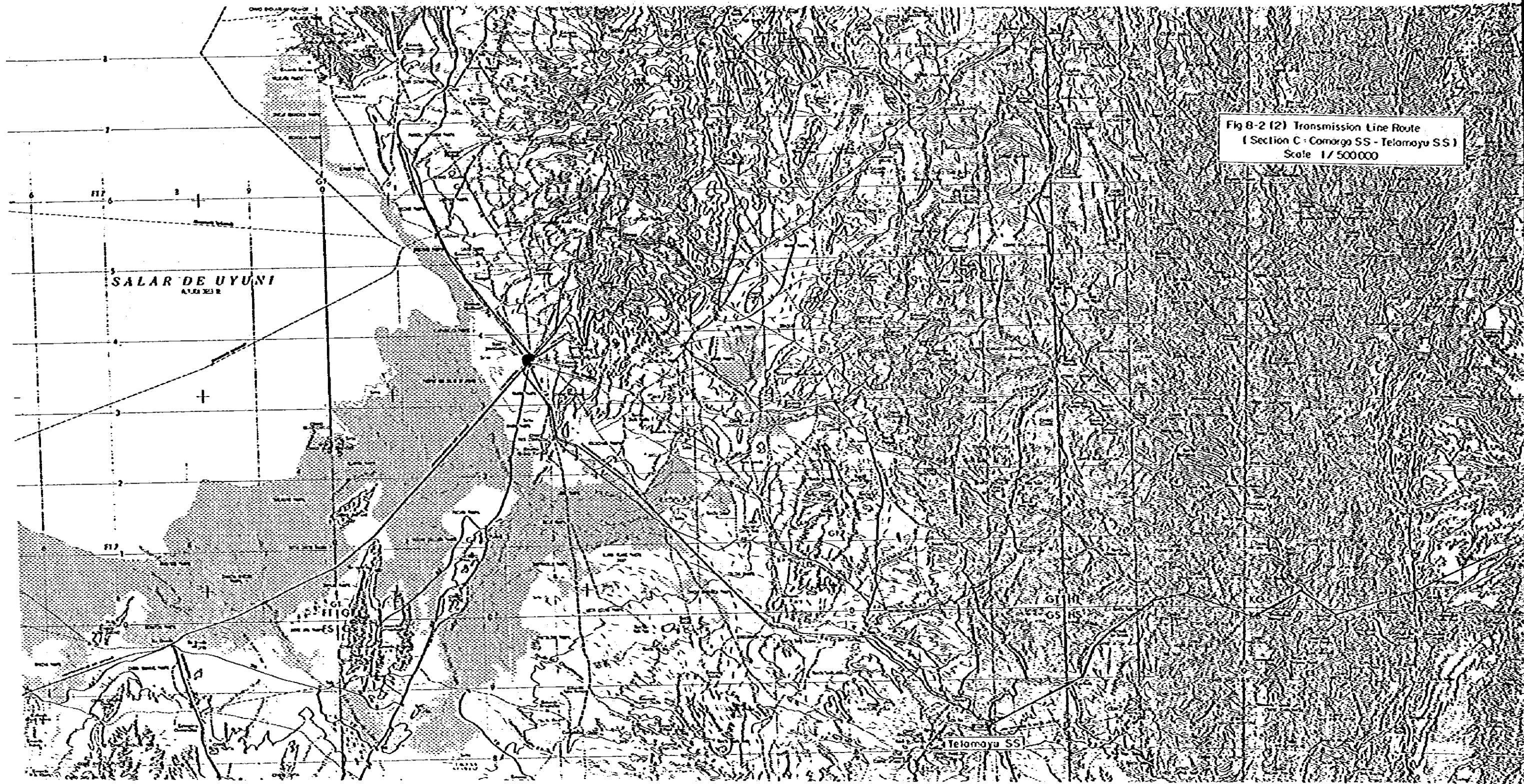
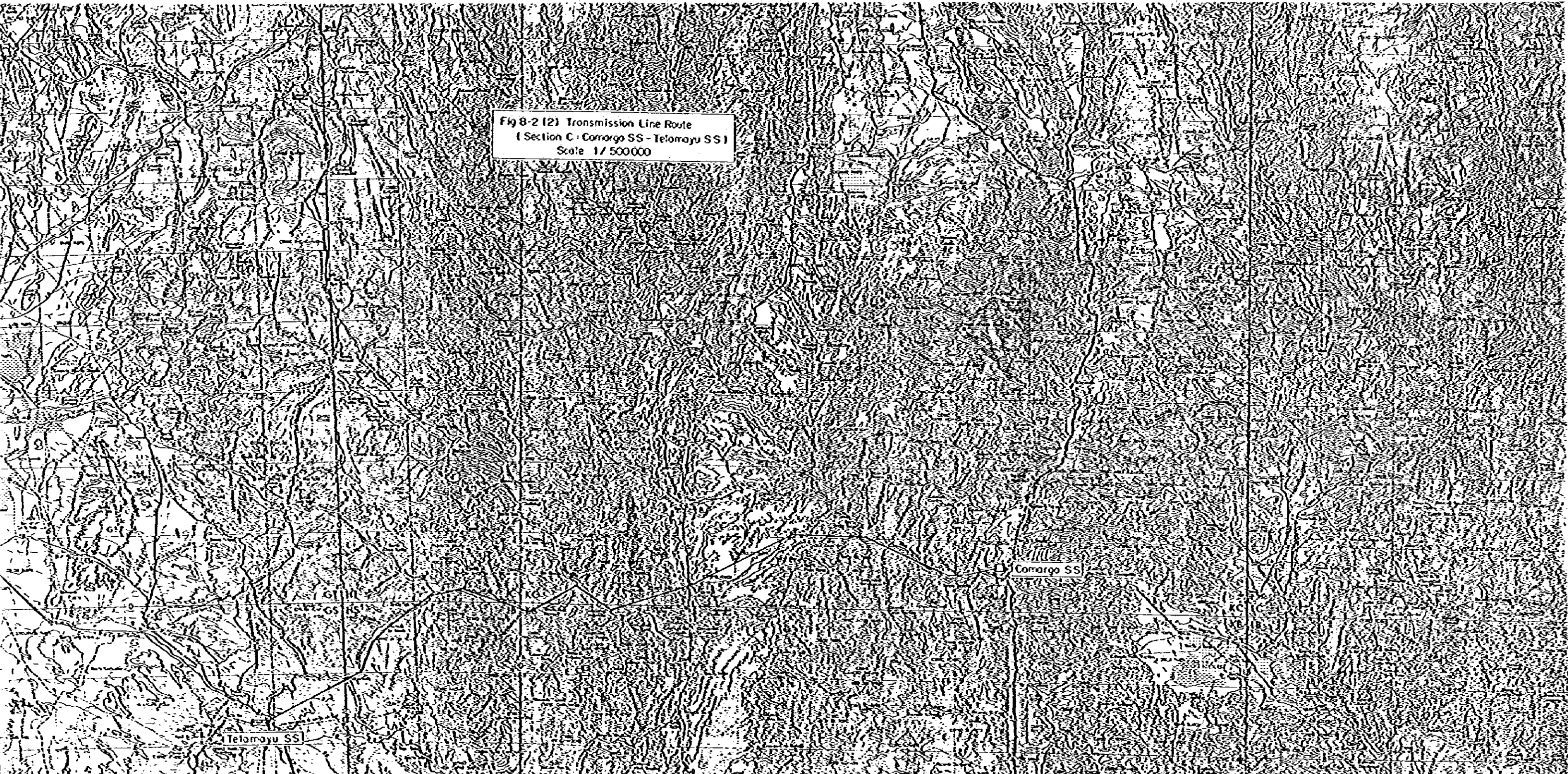


Fig 8-2 (2) Transmission Line Route
(Section C - Comargo SS - Telamayo SS)
Scale 1/500000

Fig 8-2 (2) Transmission Line Route
(Section C: Comargo SS - Telomayu SS)
Scale 1/500000



落付近に新設を予定した。

経過地の地形は発電所地点(標高1,370m)より標高3,000m級にある。La Orilla Pampaに至る迄の約18kmの間に急激な標高差があり、この間のルート選定が問題となる。

Pilaya川はアンデス山脈に形成されている典型的な大峽谷であり、発電所地点の上流側は約2,000mの高さにも及ぶ切り立った急峻な谷となっている為送電線ルートには不適當である。

従ってこの区間のルートは発電所から約5kmはPilaya川沿いに尾根部を横切りつつ、Aguas Calientes川ならびにRumi Cruz川に挟まれた、この周辺においては比較的なだらかな尾根をかけ昇り、Cerro Tomacore, Comunidad Quisanaにむけるルートが考えられる。

この間の送電線ルートは、軟岩又は硬岩地帯の急峻な地形を通過することとなるが、鉄塔の建設位置選定に当っては特に問題は無いと思われる。

このルート付近には道路が無い為建設工事の際には輸送道路の確保が必要である。

しかしながら、急峻な地形を考えると送電線工事の為に大規模な道路を新設することは過大な投資となる他、道路の無い区間の亘長も約13km程度であるので、資機材の運搬は人力あるいは動物による運搬を考え、人、動物の通行可能程度の道路を新設することが得策と考えられる。

また、この間は送電線ルートとしては非常に厳しい地形的条件にあるので、航空写真などを利用して、建設工事中の資機材の運搬、運開後の設備管理面、更には送電線の信頼性を確保出来るルートなど総合的に検討する他、現地踏査を十分に行って最終ルートを決定する必要がある。

La Orilla Pampa内に入ると約30kmに亘り全くの平坦地であり、広く点在する住家とそれ等の間に開拓された農地が展開しているが、未開拓地も多く送電線の通過により農地への支障となることは無い。

また、Camargo変電所の設置予定地点であるPalca Grande部落に至る間は比較的なだらかな丘陵地帯で、ここでは道路にほぼ並行してルートを選定することが可能である。

(2) 区間B ; Camargo (変) ~ Potosi (変)

Camargo変電所の設置予定地点であるPalca Grande部落より北方約20kmの地形はTumusla川と共に幅500mから1,000m程度の氷河と河川の浸蝕作用により形成されたU字渓谷となっている。このU字渓谷の底部には国道とTumusla川が並行して走り、開かれた土地には部落が点在する他、ブドウ等果物の栽培もなされている。

送電線ルートをこのU字渓谷の底部に選定することは国道、Tumusla川との交叉も多く、また、地形も制限されるためにU字渓谷の東側の標高2,500m程度の丘陵部を通過することが望ましい。

この丘陵部の地質は東側斜面には露岩が相当数見られるが、反対の西側斜面は比較的なだらかで岩盤の上には氷河による堆積物が厚く見られるが、これらは縛った地層であり、鉄塔位置を選定することに問題はない。ただし、このルートは道路と Tumusla 川を挟んだ丘陵地帯に位置するため、工事用道路の新設を十分考慮しながら、送電線ルートの選定を行う必要がある。

Muyuquiri 部落より Potosi 変電所間は、標高 3,000m より 4,500m の高原地帯であり、地形、地質共送電線に対する障害は無く、点在する標高 4,000m から 5,000m 程度の山を避けながら道路と接近または並行してルートの選定が可能である。

(3) 区間 C : Camargo (変) ~ Telamayú (変)

この区間は Camargo 変電所の設置予定地点である Palca Grande より、西方向に流下する Tumusla 川沿いに Cerro Aguada ならびに Cerro Yuraj Cancha より降り出した標高 2,500m 程度の尾根部を送電線ルートとして選定することになる。

Telamayú 向けの道路も Tumusla 川沿いに谷底又は山の中腹を経過しており、これと並行して送電線ルートの選定は可能であり、付近の地形を見ると他の代案ルートの選定は困難であると思われる。

また、約 10km ほど続く Parinolqui 高原は標高 3,000m 級の広大な台地で周辺の山並とは異った姿をしているが、この台地にも道路があり、送電線を建設する地形として恵まれた条件にある。区間 C では Cerro Khoya Punta の横断部約 15km を除き送電線ルートから近距離に道路があり、望ましいルートの選定は可能である。

他方 Cerro Khoya Punta では送電線ルートに近接する道路は無いが、この地形は比較的なだらかであるので工事用道路の建設は問題ない。

(4) 区間 D : Pilaya (変) ~ Tarija (変)

ピラヤ水力発電所より Tarija 向けの送電線ルートは、計画されている発電所から Leon Cancha 付近までの発電所工事用道路に沿って Leon Cancha 付近に至り、これより既設 Tarija ~ Carapori 道路にほぼ並行して Tarija に至る。

この区間の送電線の経過地は約 30% が平地、70% が山岳地となるが、山岳地も比較的なだらかな勾配の箇所も多く、樹木も無く、地質は岩盤、または縛った堆積層で構成されているので鉄塔建設には問題ない。

なお、Tarija 市周辺には沖積層 (Alluvium) で構成された丘陵地帯がとりまいており、送電線ルートは、この地域を経過せざるを得ない。この地層は水の浸蝕に弱く、地質上好ましくないので、鉄塔位置の選定をむづかしく送電線鉄塔の基礎設計に際しては各種地質試験を含め慎重に対処する必要がある。

以上の全区間を通じて見れば送電線ルートの標高は約 1,300m から約 4,500m の範囲にあり、標高差が著しい。また、全区間の約 45% が標高 3,000m 以上、約 55% が標高 3,000m

以下である。送電線ルート of 地形概略縦断を Fig 8-3 に示す。

本計画の送電線は高標高の地域を通過するため、大気圧の低下により気中ギャップ、がいし連などのフラッシュ・オーバー電圧が低下する。このため、本送電線の絶縁設計は、これ等の点を十分に考慮して合理的な設計を行う必要がある。

送電線経過地の地質は Tarija 市周辺の沖積層 (Alluvium) を除くと岩盤、および堆積層であり基礎支持地盤として概ね良好である。

8.2.2 気象条件

(1) 降雨量

本計画の送電線の経過地区域の降雨量の状況を想定する為に経過地近傍の Potosi (E.L. 4,000m), Tarija (E.L. 1,905m), Punutuma (E.L. 3,500m), Camargo (E.L. 2,500m) の測候所のデータを採用した。これらの降雨量の測定値は以下の通りである。

測候所	年平均 (30年間)	月間最大
Potosi	374 mm	100 mm
Tarija	600 mm	145 mm
Punutuma	307 mm	84 mm
Camargo	318 mm	77 mm

これ等の地域の雨期は平均して12月から4月の5ヶ月間であり、主として12~2月の期間に降雨量が集中している。

また、降雨量強度から見てもこの地域内の最大雨量地区である Tarija においても月間最大 145 mm 程度であり、降雨量の少ない地域である。

(2) 気 温

送電線の電線の設計には周囲の気温条件を考慮する必要がある。送電線経過地付近の測候所による気温データは下記の通りとなる。

測候所	温 度 (°C)		
	最高(平均)	最低(平均)	年平均
Tarija (E.L. 1,905m)	28.0	1.3	18.9
Sucre (E.L. 2,750m)	23.3	2.9	15.7
Cochabamba (E.L. 2,553m)	27.8	1.8	18.6

以上の観測結果より推定すると12月から4月の雨期においては比較的湿度が高く、一方5月~11月の乾期においては比較的湿度が低くなる。上述の測候所記録によると、標高による湿度差は大きくないが、標高 4,500m 以下程度の地域を考慮すれば、気温としては下記の値を採用すればほぼ妥当である。

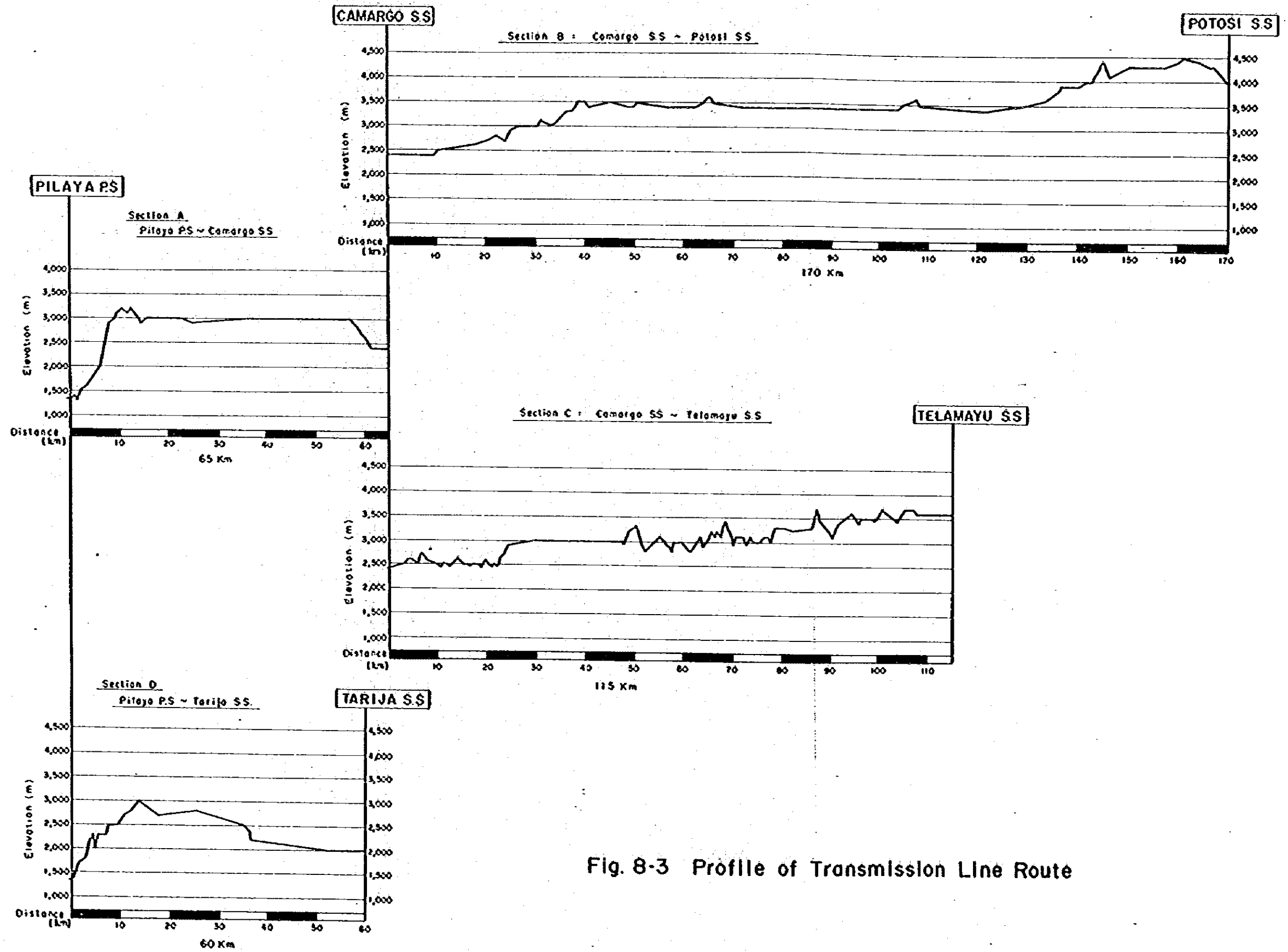


Fig. 8-3 Profile of Transmission Line Route

最高気温	30℃
最低気温	-10℃
平均	15℃

なお、現在 ENDE が採用している 115 kV 送電線の設計基準では最低温度 -9℃ (被氷 6 mm)、平均温度 15℃ としており、今回の調査結果と比較しても大差がないので同設計基準の数値を採用する。

(3) 風速

送電線の設計に於て、風速は最も重要な要素であり、設計風速の選定は送電線の経済性と信頼性に大きく影響する。

設計風速は、送電線経過地の観測記録から検討することが望ましいので、本送電線ルート近傍の測候所に於ける観測記録を調査し、これから設計風速を推定することとした。

これ等の測候所では、1日の3時点(12、18および22時)の平均風速を観測しており、1974年の1年間の記録から年平均風速と37 KPH以上の風速の年間発生日数を求めると次の通りである。

測候所	年平均風速 (KPH)	発生日数 (風速 37 KPH 以上)
Tarija (E.L. 1,905m)	9.3	41
Sucre (E.L. 2,750m)	11.5	28
Chuquisaca (E.L. 2,740m)	11.3	12
Oruro (E.L. 3,708m)	10.6	74

これ等測候所の年平均風速から、本送電線の信頼性を考慮して再現期間 50 年とした場合 Sucre では最大風速約 120 KPH と推定される。

一方、ENDE が使用している 115 kV 送電線の設計基準によると、首都 La Paz 空港 (標高 4,080m) における最大風速 112 KPH (60 ノット) (観測期間 5 年間) の観測記録等から再現期間 50 年の最大風速 154 KPH (83 ノット) を推定し、これ等より設計風速は 160 KPH としている。

今回収集した観測記録の内、年平均風速が最大の地点 Sucre から推定すると最大風速約 120 KPH であるが、この値は、1 年分の観測記録からの推定であるため信頼度に問題があり、更に大きい最大風速が発生する可能性がある。

本送電線に使用する設計風速は、近傍測候所の観測記録、本送電線の経過地の地形条件、標高および送電線の信頼度を考慮し、前述の ENDE の設計基準で採用している 160 KPH を使用してもほぼ妥当なものと考えられる。

・ [115 kV Power System Interconnection Project for Bolivia Preliminary Design Criteria Report]

したがって、本送電線の設計風速としては160KPHとする。

(4) 年間雷雨日数 (IKL)

本計画の送電線経過地域は、世界のIKLの分布図から判断すると、年間雷雨日数は60程度で多雷地域に属する。

(5) 核 氷

本計画送電線周辺の最低温度は -7°C が記録されているが、6月、7月の乾期であり、降雨量も殆んど観測されていない。しかしながら3月、4月、または10月頃の降雨時に最低気温が 0°C 以下になると架渉線に着氷することが考えられる。このため、架渉線の設計には核氷荷重を考慮することとし、この値は既設送電線の設計に合せ6mm核氷とする。

(6) 碍子の汚損条件

本計画送電線周辺には大きな工業地帯も無く、又点在する湖も塩水でない為、工業汚損ならびに塩害対策を特別に考慮する必要はない。

8.2.3 予備設計

(1) 電 圧

第13章 電力系統解析で述べる如く本計画送電線はボリビア国のNational Power Systemと連系すると共に到来はピラヤ水力発電所の発生電力をBermejo, Villamontesに送電する計画を考えると電圧は送電電力の大きさおよび送電距離からみて115kVが適切である。

(2) 回線数

ピラヤ水力発電所の発生電力87MWを電力需要地に送電するための回線数の選定は第13章 電力系統解析で述べる如く、送電電力の大きさを考慮するとPilaya (発) からCamargo (変) 間は2回線が必要となるが他の区間は1回線で良い。

なおピラヤ水力発電所の出力87MWは1991年の運転開始時点の電力需要600MWの中で約15%を占め、その供給力の占める割合はかなり大きい。定常状態において送電可能な設備とし、最小投資による送電設備の設計を考慮するものとする。

(3) 電 線

電線サイズの選定は電線の電流容量とコロナの面から検討する必要がある。

本計画の送電線の電線サイズの選定の基本的な考え方は、送電線の建設、設備管理等を考慮し、全ての区間の電線を同一サイズとすることとした。したがって電線サイズを決定するための対象送電区間を最も送電電力が大きく、かつ長距離のCamargo (変) からPotosi (変) 間の170kmとして、送電線の減価償却費、コロナ損および抵抗損を考慮して経済比較を行った。

電線の電流容量およびコロナの面より採用出来る最小電線サイズはACSR 160mm²であ

り、その他ACSR 200 mm²、240 mm²およびACSR 330 mm²を検討対象として経済比較を行った。この結果はTable 8-1に示すとおりである。

この結果、電線サイズはACSR 200mm²が経済面の面ですぐれており、また、ポリヴィア国の115kV連系送電線で使用されているACSR 397.5 MCM (IBIS)とはほぼ同等と考えられるので、本計画送電線にはACSR 200mm²を使用することとする。

Table 8-1 Economic Comparison on Alternative Conductors

Unit: US\$10³

Kind of conductor	Amortization cost	Resistance loss cost	Corona loss cost	Total cost
ACSR 160 mm ²	1,240	481	80	1,801
ACSR 200 mm ²	1,339	390	60	1,789
ACSR 240 mm ²	1,453	316	34	1,803
ACSR 330 mm ²	1,560	234	21	1,815

- Note: 1. Amortization cost is calculated on an annual average equalized basis for 30 year durability.
2. Each power loss allows for air density variations by altitudes.
3. Maintenance cost is excluded from economic comparison on the assumption that it would be uniformly equal for each of alternative conductors.
4. The unit prices for assessment of loss is determined herein at 57.38 US mills per kWh, as agreed with ENDE after consultation, which is the estimated future incremental system unit cost.

(4) 碍子個数および絶縁間隔

本計画送電線の経路地は、年間雷雨日数が60と高く、また標高は約1,300mから約4,500mである。

本送電線の碍子連結個数は、雷害事故率を同一電圧階級の既設送電線のそれと同じレベルとすべく標高による絶縁耐力の低下を考慮して算定した結果、下記の通りとなる。

なお、開閉サージ異常電圧に対しては、標高4,500mで250mm懸垂碍子8個で十分であり、本送電線の碍子連結個数は耐雷設計の面より決定される。

標高 (m)	碍子個数
3,000 以下	10
3,000 ~ 4,500	12

絶縁間隔は碍子連結個数12個と協調する間隔として1,700mmとする。

なお、本送電線の変電所引込み付近では、碍子連のアーキングホーンは変電所の絶縁強度と協調する間隔とする。

(5) 耐雷設計

年間雷雨日数は、8.2.2項、気象条件で述べた様に60日であり、本地域は多雷地帯と
言うことができる。このため、送電線への雷撃が予想されるので雷害対策を講ずることと
する。

したがって架空地線として38mm² OSC 2条を電線に対する遮蔽角が10°以下になる
様に架設する。鉄塔または架空地線へ雷撃があったとき逆閃絡事故の発生を出来るだけ少
なくするため、鉄塔の接地抵抗を20Ω以下を目標として低減させる。

また、逆閃絡発生時の碍子破損を防ぐため碍子連にアーキングホーンを取付けることと
する。

(6) 支持物

架空送電線の支持物としては木柱、コンクリート柱、鉄塔等の適用が考えられる。木柱
はボリヴィア国内で満足すべき仕様の木材の入手は難しく輸入に頼らざるを得ず、また、
耐用年数も短い事から不適当である。又、コンクリート柱も単位重量が重く、かつ運搬中
の取扱いがむずかしい為、長距離および山岳における輸送には適さない。

鉄塔は、ボリヴィア国内では製作出来ないが、材料の信頼性が高く、かつ単位運搬重量
が軽いので輸送ならびに建設が容易である。

したがって、8.2.1項の地形条件で述べた如く地形的条件を考慮し、かつ実質耐用年数
が長く、しかも保守費用が少ないアングル鉄塔を使用することが最も適当であると判断し
た。

なお、鉄塔部材表面には鋼材の腐食防止の為亜鉛メッキを施すこととした。鉄塔の代表
的形狀をFig 8-4に示す。

8.2.4 送電線の設備概要

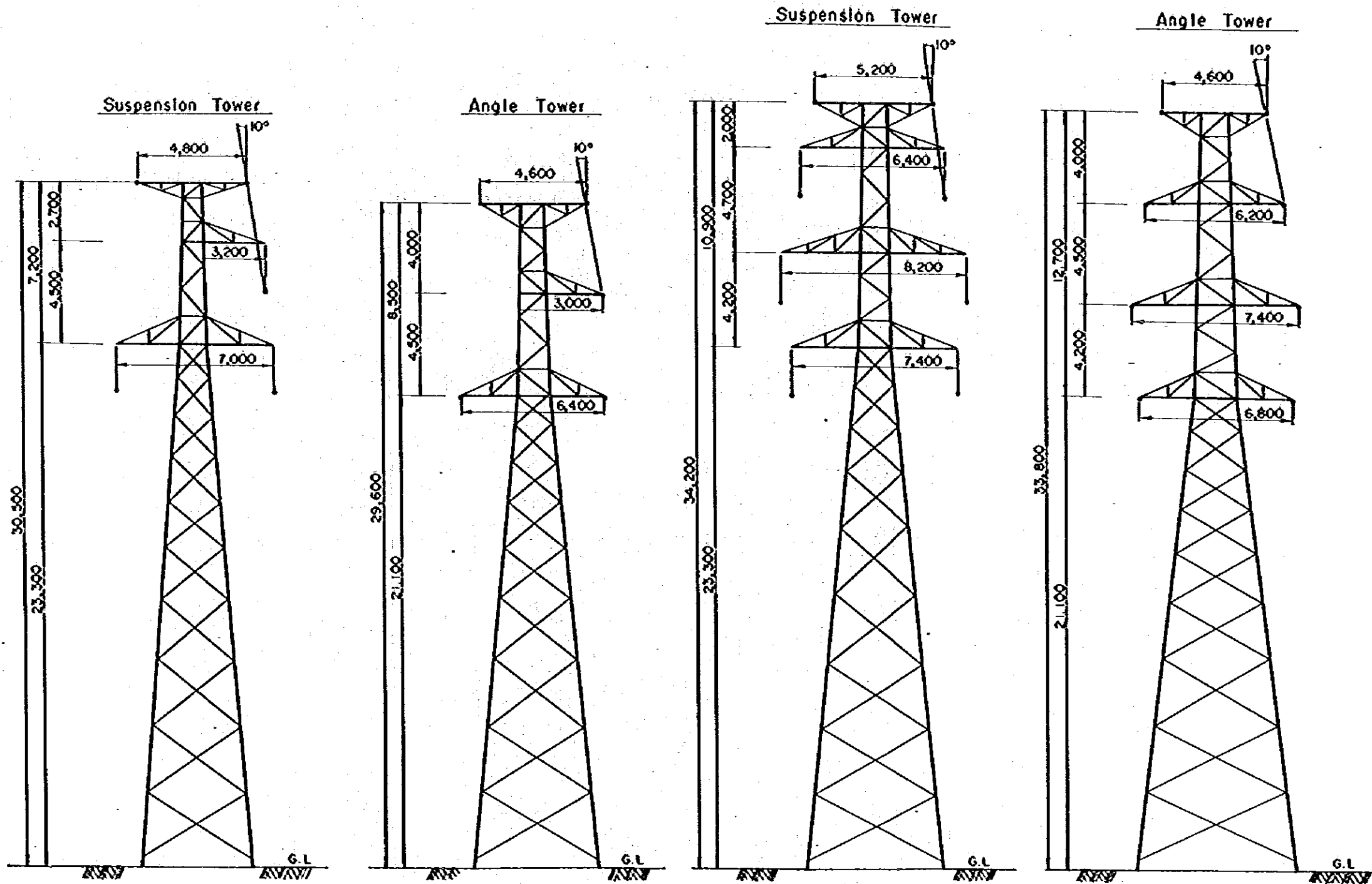
本計画送電線の設備概要は以下の通りである。

(1) 区間A：Pilaya (発)～Camargo (変)

巨 長	65 km
	(E.L. 3,000m以下32 km, E.L. 3,000m以上33 km)
電 圧	115 kV
電気方式	3相3線式 50Hz
回 線 数	2
電 線	A CSR 200mm ²
架空地線	38mm ² OSC 2条

1cct, Transmission Line Steel Tower

2cct, Transmission Line Steel Tower



unit : mm
Scale : 1/200

Fig.8-4 115kv Transmisslon Line Standard Type Steel Tower

罫子 250mm 懸垂罫子 10個連または12個連
支持物 アングル鉄塔

(2) 区間B : Camargó (変) ~ Potosi (変)

亘長 170 km
(E.L. 3,000m以下 144 km, E.L. 3,000m以上 26 km)

電圧 115 kV
3相3線式 50 Hz

回線数 1

電線 ACSR 200mm²

架空地線 38mm² GSC 2条

罫子 250mm 懸垂罫子 10個連または12個連

支持物 アングル鉄塔

(3) 区間C : Camargó (変) ~ Telamayu (変)

亘長 115 km
(E.L. 3,000m以下 35 km, E.L. 3,000m以上 80 km)

電圧 115 kV

電気方式 3相3線式 50 Hz

回線数 1

電線 ACSR 200mm²

架空地線 38mm² GSC 2条

罫子 250mm 懸垂罫子 10個連または12個連

支持物 アングル鉄塔

(4) 区間D : Pilaya (発) ~ Tarija (変)

亘長 60 km
(E.L. 3,000m以下 60 km)

電圧 115 kV

電気方式 3相3線式 50 Hz

回線数 1

電線 ACSR 200mm²

架空地線 38mm² GSC 2条

罫子 250mm 懸垂罫子 10個連

支持物 アングル鉄塔

8.3 変電設備計画

ピラヤ水力発電計画に直接関連する変電設備は標高 2,400m に位置する Camargo 変電所、標高 1,370m のピラヤ水力発電所の屋外開閉所および標高 1,900m に位置する Tarija 変電所に設置される 115kV 機器である。これらの変電所は高標高に位置するため空気密度の低下により耐電圧能力 (withstand voltage capability) が低下するのでフラッシュ・オーバー電圧を標高補正し、適切な母線間隔および変電機器の Basic Impulse Level (BIL) を決める必要がある。

一方ピラヤ水力発電所の発生電力を National Power System に送電するために必要な供給信頼度を確保し、同時に各変電所における電力需要家に送電するための経済性を考慮して最適な母線構成を考慮するものとする。

8.3.1 変電所および開閉所の絶縁設計と避雷器の選定

Camargo 変電所、ピラヤ開閉所および Tarija 変電所の設計を出来るだけ簡素化し、また将来の保守の便利さを考慮し次の如く定めた。

- (1) 系統電圧 115kV における避雷器の定格電圧は 108 kV
- (2) 標準大気状態における被保護機器の BIL は 550 kV
- (3) 標高補正された被保護機器の BIL は 650 kV 相当
- (4) 母線絶縁間隔

対 地 間	180 cm
相 間	300 cm

8.3.2 主回路と母線構成

変電所の主回路の接続方式は事故発生時に、事故を局限化し迅速な復旧が出来ること、保守作業時に、作業が安全にできかつ停電区間をできるだけ局限出来ること、さらに設備を簡略化し、建設費の低減をはかることなどを考慮して決定される。調査団は Fig 8-5 に示す如くピラヤ水力発電所の関連電力系統を考慮し次の如く定めた。

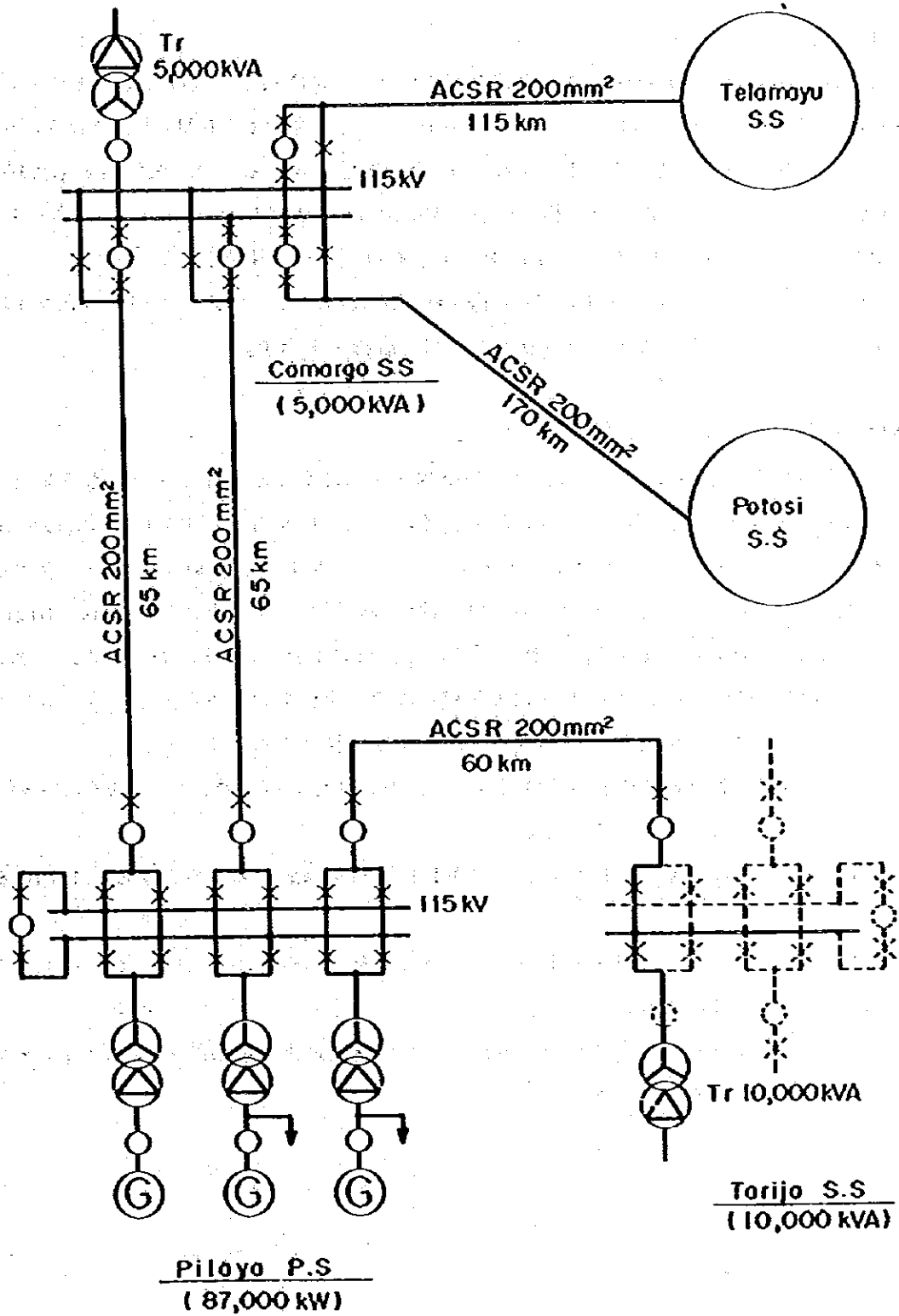
(1) Camargo 変電所

Camargo 変電所は周辺の農村地域に電力を供給すると共に Camargo の南、El Puente に予定されているセメント工場に電力を供給するため 5,000 kVA の主変圧器を設けるものとする。母線構成は Fig 8-6 に示す如く、115kV 母線にはトランスファー母線を設け線路倒しや断器の保守点検時にはトランスファー母線を利用し送電が可能をよう考慮した。

(2) ピラヤ開閉所

ピラヤ開閉所はピラヤ水力発電所に隣接して建設されるが、発電所出力 (87 MW) を National Power System に送電するための起点となる開閉所である。また、将来は

Fig 8-5 Single Line Diagram



Tarija を経由し Villamontes および Bermejo にピラヤ水力発電所の電力を供給することになる。したがって信頼度の高い2重母線方式を採用した。

(3) Tarija の変電所

Tarija 変電所は既設 Villa Abaroa ジーゼル発電所に隣接して設けるものとする。Tarija 変電所の2次側には、将来 San Jacinto 水力発電所 (7.0 MW) が建設されるが、現在の電力需要 3.5 MW は 1991 年には約 10 MW と想定されるので主変圧器として 10,000 kVA を設けるものとした。母線構成は将来 Bermejo および Villamontes への送電を考慮し2重母線方式の採用が可能ないように1期工事を行うものとする。

Fig 8-6 および Fig 8-7 に Camargo および Tarija 変電所の主回路接続図を Fig 7-20 にピラヤ開閉所 (発電所を含む) の主回路接続図を示す。

8.4 通信設備計画

ピラヤ水力発電所を中心に関連送変電設備の保守運用に必要な回線を電力線搬送装置を使用し構成するものとする。Fig 8-8 に示す如く、通信系統からみた主局は Camargo 変電所である。Camargo 変電所にはフェルト・ロケーター、および Potosi 変電所、ピラヤ水力発電所の主要機器の状態表示、発生電力、電力潮流等の情報交換のための Cyclic Digital Transmitter (CDT) を設ける。これらの情報は同時に Potosi 変電所およびピラヤ水力発電所においても CDT を設けることにより相互に情報交換を行い各発電所の状態を監視することが可能であり、常時および事故時の系統操作に役立つこととなる。

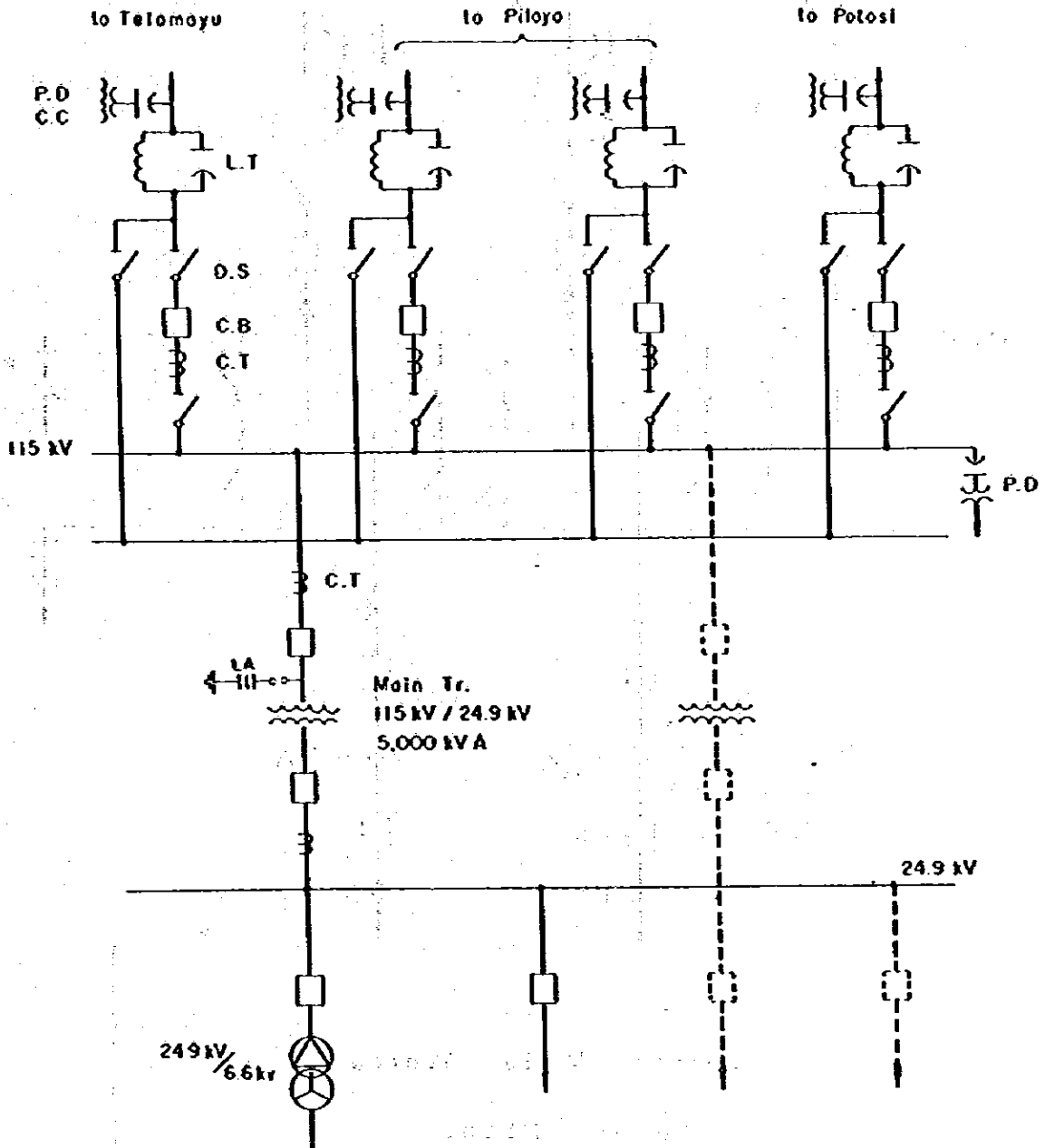
Cochabamba の ENDE 本社との間の通信には短波による無線連絡が可能なように短波無線局をピラヤ発電所に設けるものとする。

送電線保守のためには車載無線機との間に VHF 回線を構成するものとする。(Fig 8-9 参照)

発電所間の連絡にはトーン・リング方式の回線を1回線と、さらにボイス・コーリング方式の連絡回線を設けるものとした。

以上のような情報連絡および電話連絡のための回線構成のために各端局に、2チャンネル用の PLC を各々設けるものとした。

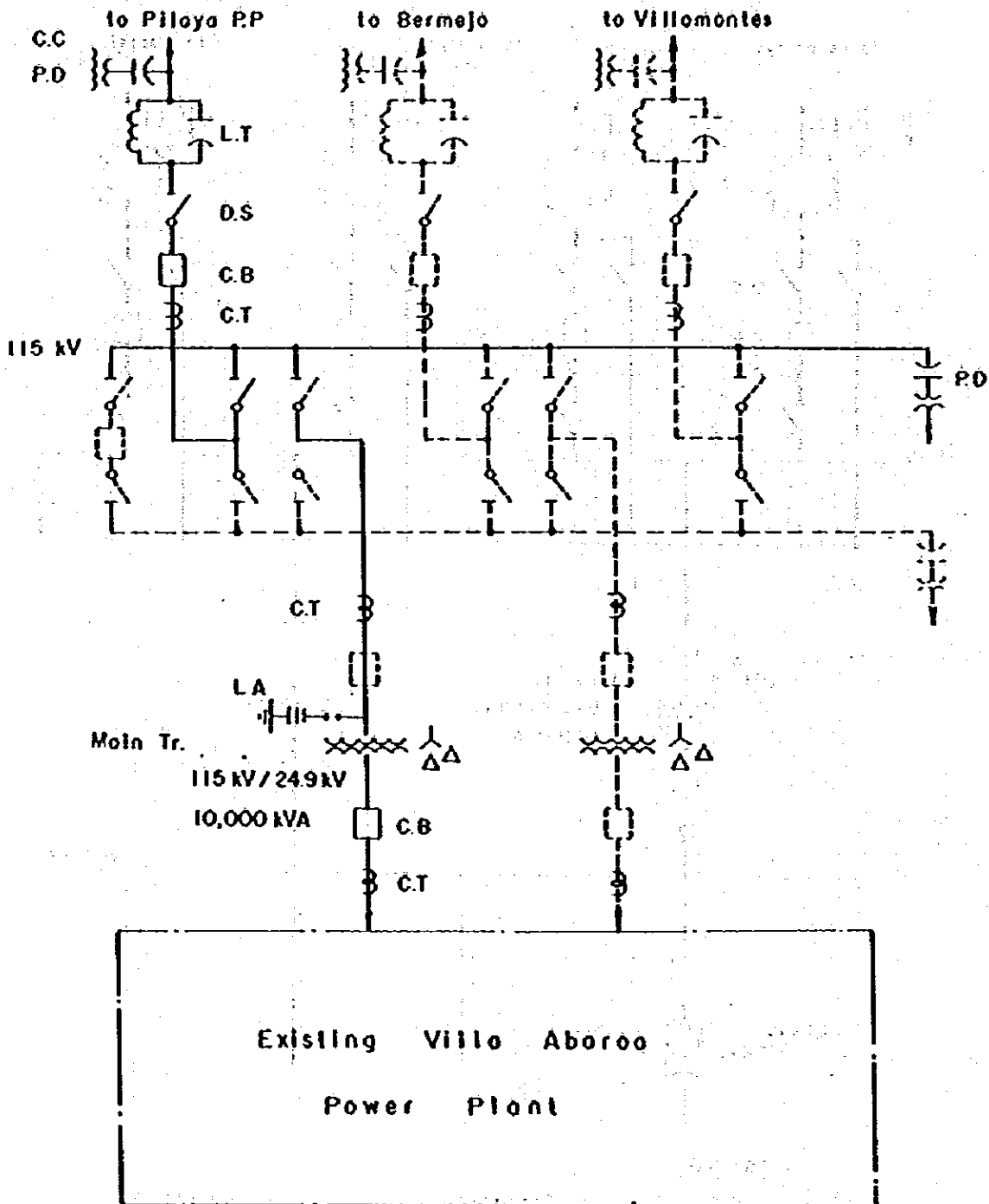
Fig.8-6 Single Line Diagram for Comargo S.S



LEGEND

- | | |
|--------------------------|----------------------------|
| C.C : Coupling Condenser | D.S : Disconnecting Switch |
| P.D : Potential Device | C.B : Circuit Breaker |
| L.T : Line Trap | C.T : Current Transformer |

Fig.8-7 Single Line Diagram for Tarija S.S



LEGEND

- | | |
|--------------------------|----------------------------|
| C.C : Coupling Condenser | D.S : Disconnecting Switch |
| P.D : Potential Device | C.B : Circuit Breaker |
| L.T : Line Trap | C.T : Current Transformer |

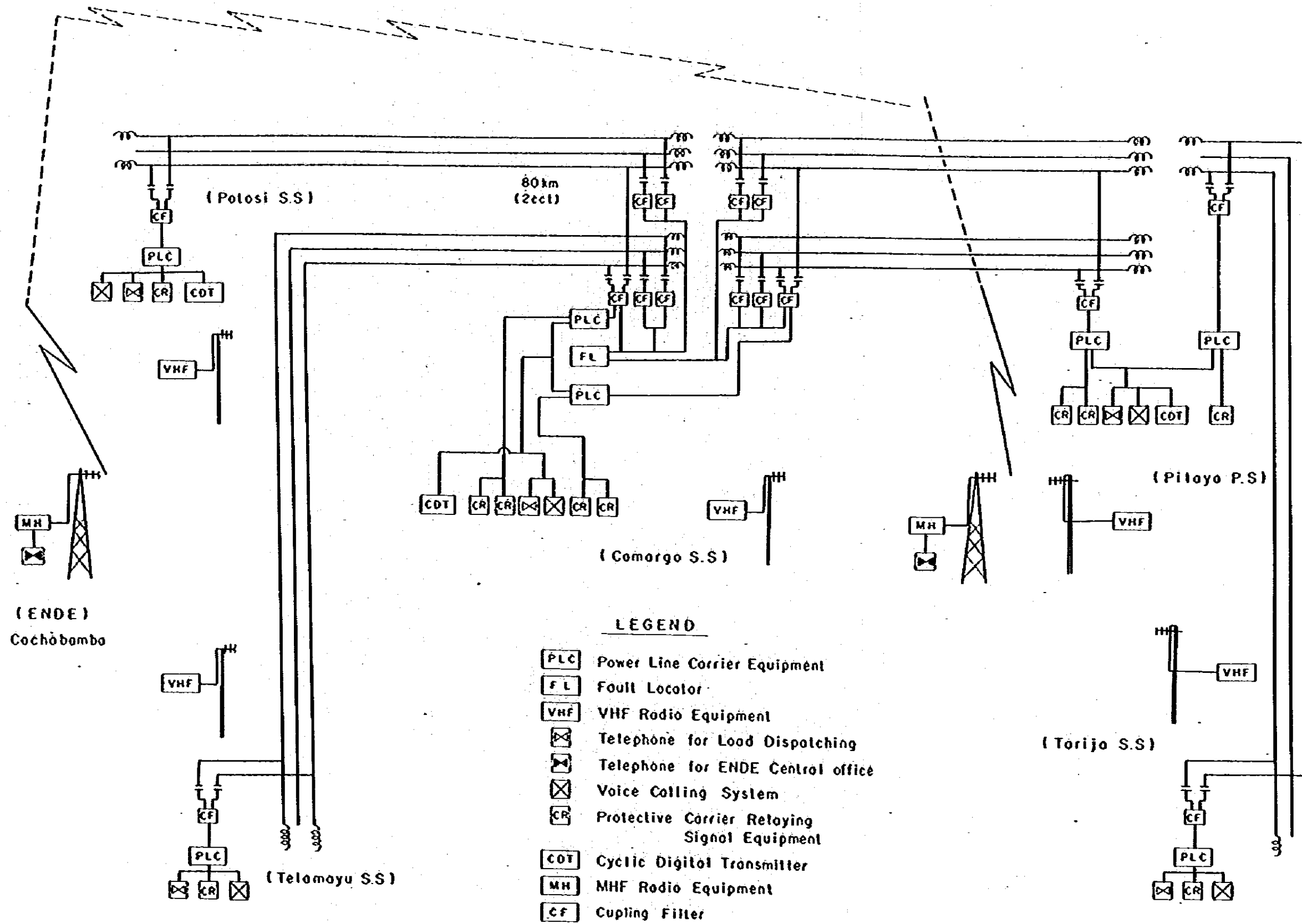
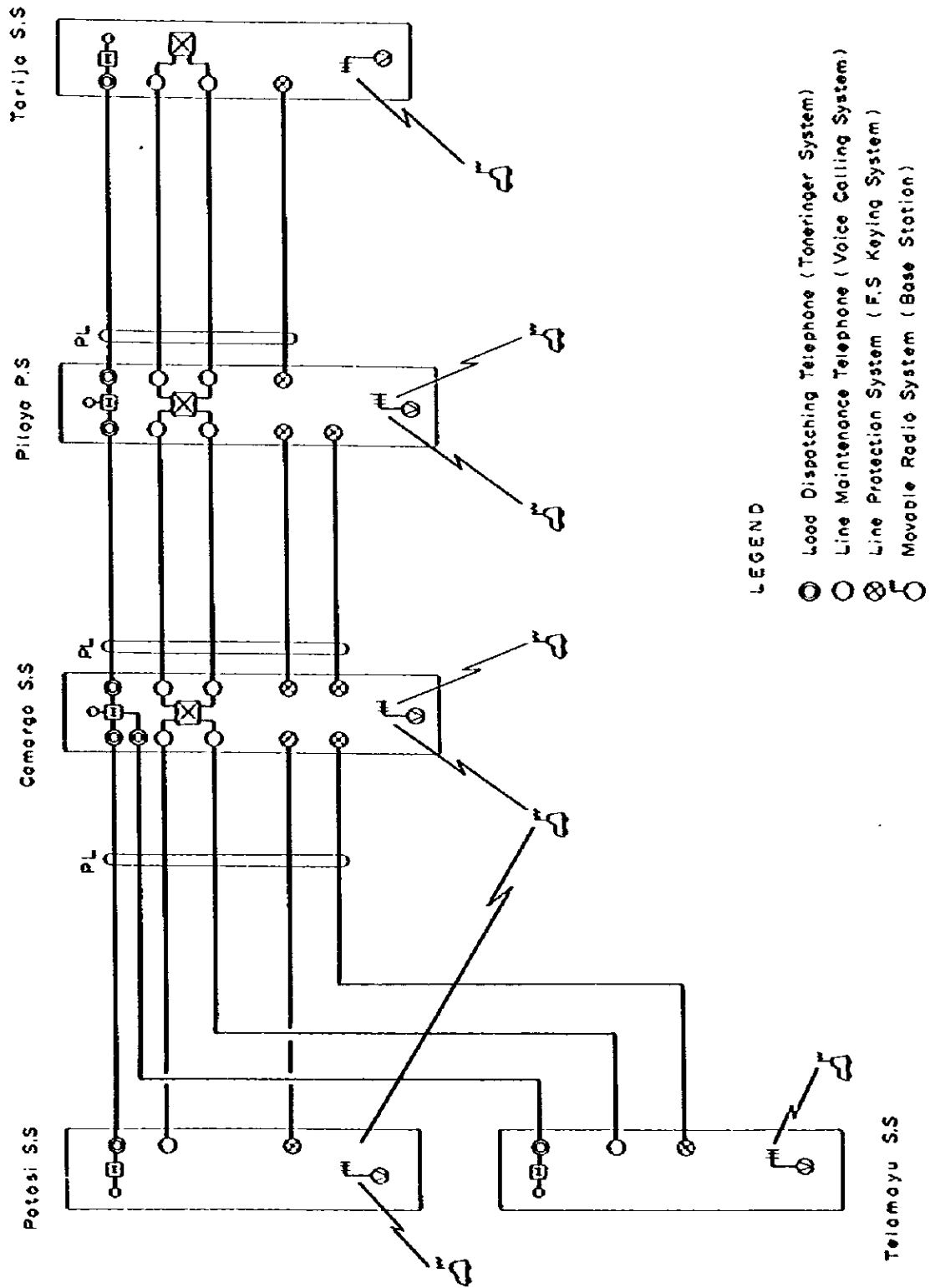


Fig.8-8 Telecommunication System

Fig.8-9 Telecommunication System Diagram



第9章 輸送とアクセス道路

第9章 輸送とアクセス道路

9.1 輸送事情	9-1
9.1.1 地域条件	9-1
9.1.2 鉄道輸送の概要	9-1
9.1.3 道路交通の概要	9-5
9.1.4 鉄道とトラックの輸送上の比較	9-5
9.2 ビラヤ水力発電計画のための輸送路	9-6
9.2.1 鉄道輸送路	9-6
9.2.2 道路による輸送路	9-7
9.3 アクセス道路	9-11
9.3.1 アクセス道路の設計条件	9-11
9.3.2 既設道路の現況	9-11
9.3.3 新道の建設	9-12

TABLE LIST

Table 9-1 Comparison on Road Construction Costs (道路工事費の比較)

FIGURE LIST

Fig. 9-1 Railroad Map of Bolivia
9-2 Road Map of Bolivia
9-3 Plan of Access Road
9-4 Access Road No.2 — Plan and Sections
9-5 Access Road No.3 — Plan and Sections

第9章 輸送とアクセス道路

9.1 輸送事情

9.1.1 地域条件

ボリヴィア国の交通は西部地区アンデス山系と東部地区のアマゾン流域の広大な原始林に阻害される地理的要因のため交通事情は良くない。

国土面積110万km²のうち、アンデス高原地帯および渓谷地帯がその面積の約40%を占め、他の60%はアマゾン流域の低平地帯となっており、交通体系もこの地勢にあわせ、高原、渓谷地区と低地平原地区に大別できる。

特に、鉄道はアンデス西部線と低地平原地区の東部線とがあり、現在のところ両線の接続は未だなされていない。

高い山岳と広大な原始林が国内相互の交通を阻害しているが、標高3,000m以上の高原地帯は首都La Pazを中心にその交通網が開発されており、主要都市間および隣接国への通行は鉄道、道路とも一応可能である。しかし整備は不十分で、今後の整備計画に委ねられている。

また、アンデス高原の標高3,800mにあるTiticaca湖は隣接国ペルーとの物資の輸出入の重要な輸送軌路となっている。

一方、低地平原地帯のうち、北部地区はアマゾン流域の河川が多くあり、水運による交通が一部行われているものの、大西洋よりはるか上流にあるので、交通には相当の目数を要する。また鉄道、道路は現在整備中である。

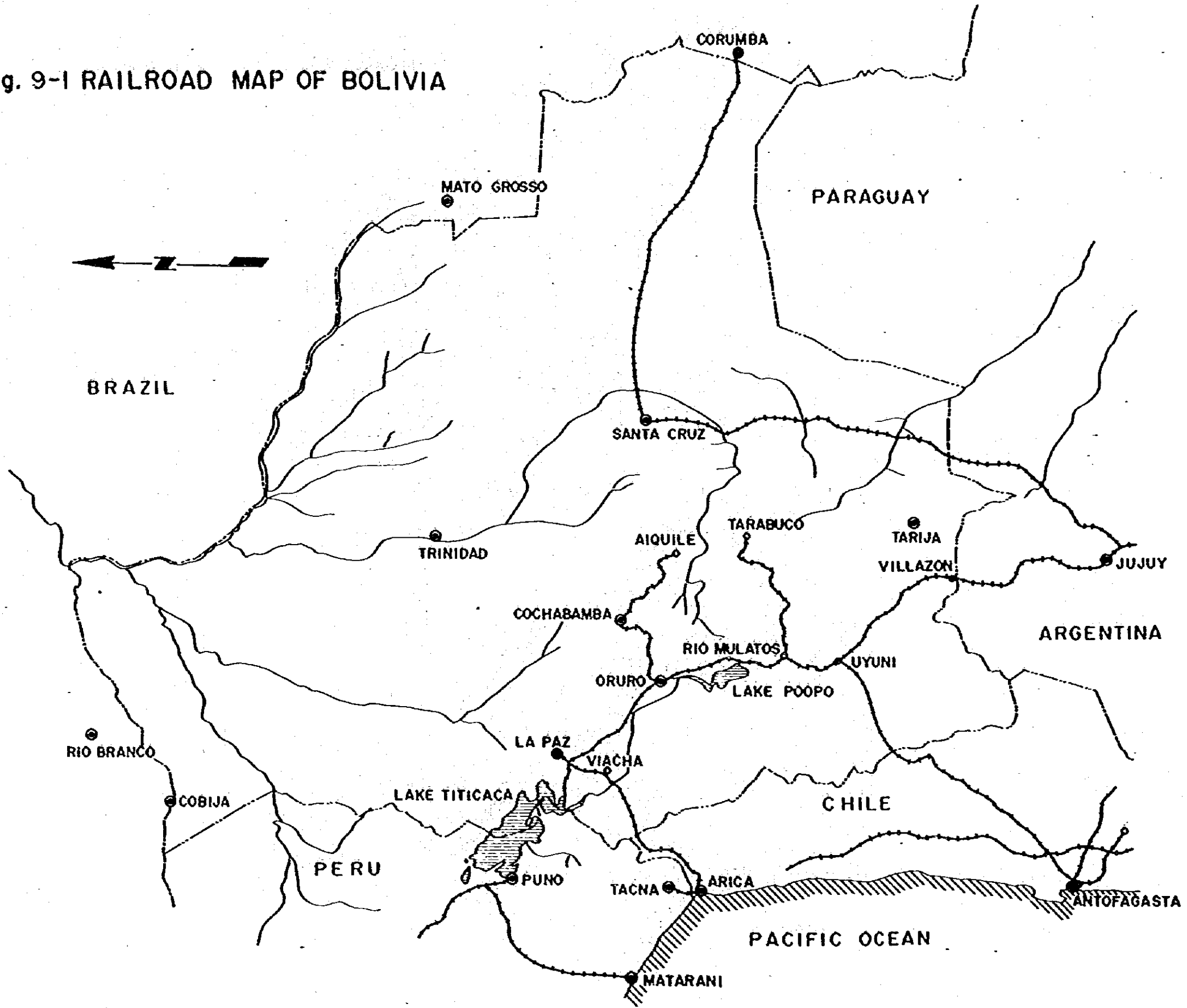
東部地区はSanta Cruzを中心とする交通網がある。鉄道はブラジルおよびアルゼンチンに延びている。道路はSanta Cruz周辺と渓谷地区、主要都市を接続する幹線道路以外は開発が遅れているが、近年この原始林地区で油田、天然ガスの探検の進展に伴い道路整備が進められ、また一方で農業開発のための道路の建設も進められている。

北部低地アマゾン地域の孤立都市間および首都La Pazなどの主要都市間との交通は、現在航空機によっている。特に、農牧地からの生鮮食品類は定期航空便により主要都市に供給されている。

9.1.2 鉄道輸送の概要

ボリヴィア国における鉄道の現状はFig 9-1に示す通りであり、Empresa Nacional de Ferrocarriles (ENFE)はアンデス西部線と東部線の両幹線を運営し、鉱山の物資輸送用としてCOMIBOLの管轄下の路線もある。

Fig. 9-1 RAILROAD MAP OF BOLIVIA



アンデス西部線は、首都 La Paz 地区を中心に鉱山の物資輸送用に建設されたものであるが、北部方面へは Titicaca 湖をへて、ペルー国の Matarani 港に至る路線であり、一方西部方面へは、西アンデス山脈を横断し、チリ国の Arica 港と Antofagasta 港に至る主要 2 路線がある。

ボリヴィア国の主要輸出品である鉱石、地金の輸送にはアンデス西部線を利用しており、輸入品の大半もこの路線によっている。

アンデス東部線は Santa Cruz 地区の開発のために建設されたもので、Yacuiba から国境を越えてアルゼンチンの Buenos Aires に至る。

9.1.3 道路交通の概要

ボリヴィア国の道路状況は Fig 9-2 に示す通りである。Fig 9-2 に示す道路のうち、トラック等自動車の通行可能な主要幹線道路は高原台地及び溪谷地帯に限られ、国土の 60% を占める低地平原地帯には道路は皆無に等しい。このうち舗装道路は La Paz ~ Oruro ~ Cochabamba ~ Santa Cruz 間の主要幹線道路のみであり、その他の幹線道路は未舗装の砂利敷道である。

近年に至り、トラックによる物資輸送が急激に増加し、トラックは安定した輸送機関として利用されるようになってきた。

9.1.4 鉄道とトラックの輸送上の比較

ボリヴィア国は現在、鉱産物、農産物（小麦を除く）、畜産物以外は輸入に依存しており、それらは鉄道を主とし、トラック輸送を従として、ペルーの Matarani 港、チリの Arica 港、Antofagasta 港およびアルゼンチン、ブラジルから輸送している。

しかし、鉄道施設は、路線の状態が悪いため全天候運行ができず、雨季に冠水等で長期間不通となる箇所も多く、かつ機関車、貨車の数も少ないため、輸送能力が低く輸送期間の遅れをきたしている。

一方、道路輸送は、自動車輸入の緩和、道路建設投資の増大並びに石油資源の開発による安い燃料が多量に利用できることから、大きく上伸してきている。

鉄道に比較すると、1回の運搬量は小さいが、機動性があり、短時間で目的地迄輸送できること、路線の延長、新設等開発建設費が鉄道に比して安いこと、並びに輸送費が安価となる経路も多く、有利な面もあり、今後輸送の主体となるであろう。これらの点から本計画の資材輸送はトラック輸送が良いと考える。

道路は今後共に整備拡充が行われ特に全天候使用可能となる様整備が進められることが必要である。

9.2 ビラヤ水力発電計画のための輸送路

ビラヤ水力発電計画は Tarija 県の県都 Tarija 市の北方約 55 km に位置しているため、建設基地を Tarija 市に設置した場合、外国からの輸入資材、機器等の運搬には下記の輸送路が考えられる。

9.2.1 鉄道輸送路



Arica - Viacha - Uyuni - Villazon	1,198 km
Antofagasta - Uyuni - Villazon	960 km

鉄道による輸送ルートは次の3ルートが考えられる。

- (1) 第1はチリ国の Arica 港より Viacha を通り、西部線を南下し Villazon 駅まで鉄道で輸送し、その後は Tarija 市までトラック輸送するルート。
- (2) 第2はチリ国の Antofagasta 港より Uyuni を通り、(1)と同じく西部線を南下し、Villazon 駅よりトラックにより Tarija 市に輸送するルート。
- (3) 第3はアルゼンチン国の Buenos Aires より北上し、Villazon 駅よりトラックにより Tarija 市に輸送するルート。

以上の3ルートのうち、Tarija 市までの運搬距離の1番短いルートは第2ルートである。

9.2.2 道路による輸送路

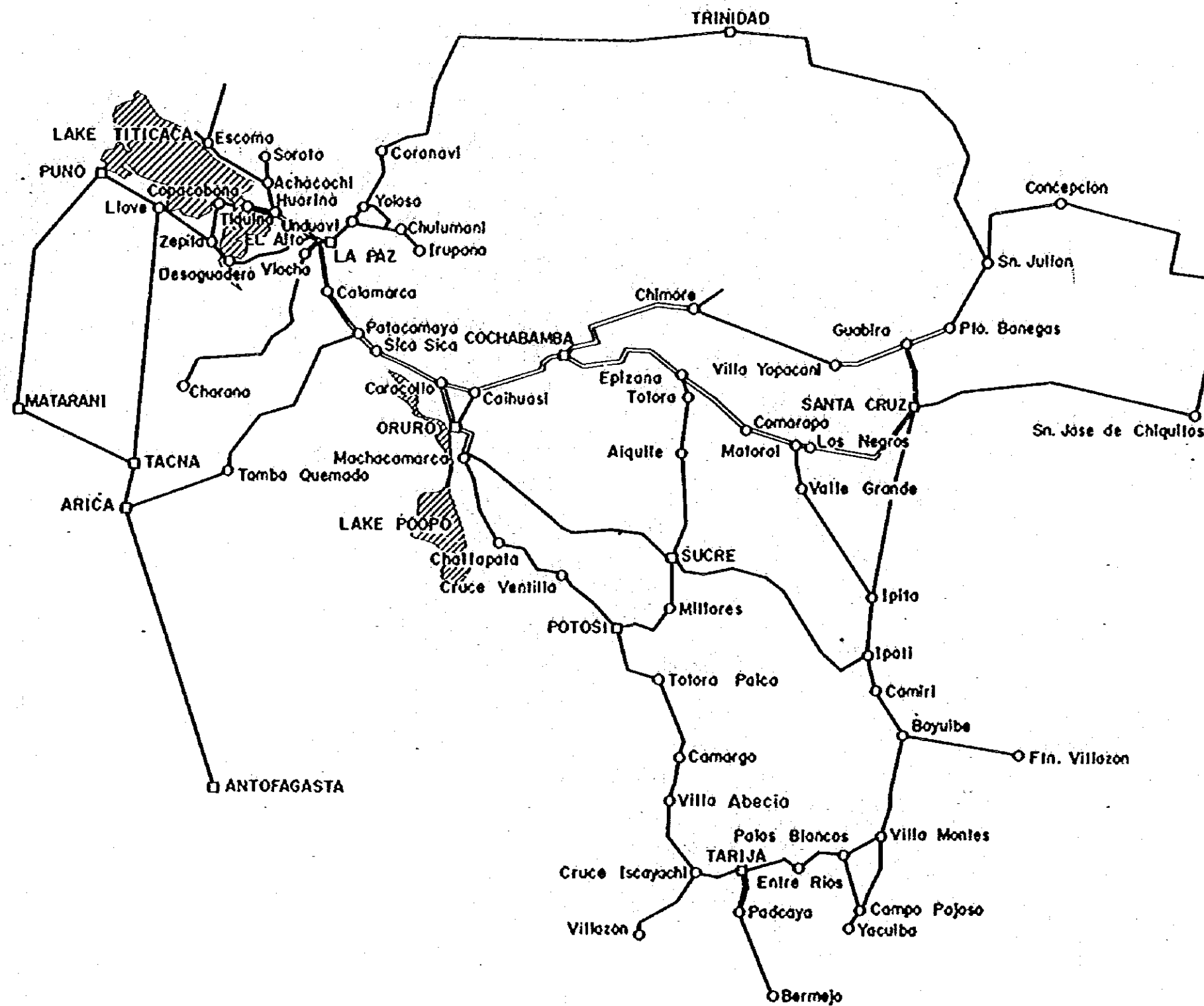
Arica港よりTambo Quemadoを通り、Patacamaya経由で計画地点に至るルートが最短距離であるがArica～Patacamaya間の道路制限が積荷幅最大3m、重量制限9トンとなっており、このルートを使用する輸送は困難である。従って本計画で使用される輸入資機材の輸送ルートは下図に示すペルー国のMatarani港からのルートが妥当であると思われる。



Matarani 港はペルー国の首都 Lima 市の南東約 700 km にあり、本計画の資機材の輸入港としては重量物の積卸しに必要な十分な設備を有している。

Matarani 港より本計画の基地となる Tarija 市までの輸送路は Fig 9-2 に示す通り、ペルー国の Puno 市、国境の Desaguadero を通り、首都 La Paz より主要幹線道路である国道 1 号線を南下し、Oruro 市、Potosi 市を経て Tarija 市に至る全長約 1,600 km のルートである。この 1 号線は首都 La Paz より Oruro 市間は 2 車線を有するアスファルト舗装道路で整備されている。また Oruro 市より Tarija 市間は 2 車線の未舗装であるが、現在、改修工事と合せ舗装工事中である。

Fig. 9-2 ROAD MAP OF BOLIVIA



MATARANI-PUNO-LA PAZ-ORURO-POTOSI-TARIJA

Location	Distance km		Elevation m
	Partial	Total	
MATARANI	0	0	0
PUNO	398	398	3 810
Desaguadero	153	551	3 810
El Alto	102	653	4 082
LA PAZ	13	666	3 577
Calamarca	60	726	3 950
Patacamaya	44	770	3 779
Sica Sica	22	792	3 917
Coracollo	66	858	3 772
ORURO	33	891	3 709
Machacamarca	34	925	3 708
Challapata	90	1 015	3 715
Cruce Ventilla	92	1 107	4 090
POTOSI	112	1 219	3 976
Totora Palca	72	1 291	3 442
Camargo	118	1 409	2 406
Villa Abecia	45	1 454	2 309
Cruce Iscayachi	87	1 541	3 416
TARIJA	53	1 594	1 866

9.3 アクセス道路

9.3.1 アクセス道路の設計条件

ダムおよび発電所に至るアクセス道路はビラヤ水力発電計画全体の建設費に占める割合が大きく経済性に大きく影響する。ルートを選定にあたっては、完成後の維持管理の面も考慮に入れ、ヘリコプターによる調査および1/50,000地形図をもとに検討した。

なお、本計画のアクセス道路は新設および改修工事とも、下記設計条件を満足するものとする。

(1) ダム地点へのアクセス道路

明り部

有効幅員	4.0m
縦断勾配	1/15以下
最小半径	20.0m

トンネル部

幅×高さ	5.0m×4.5m
縦断勾配	1/10以下
最小半径	20.0m

(2) 発電所へのアクセス道路

明り部

有効幅員	5.0m
縦断勾配	1/15以下
最小半径	20.0m

トンネル部

幅×高さ	6.0m×5.0m
縦断勾配	1/10以下
最小半径	20.0m

9.3.2 既設道路の現況

Tarija市よりPotosi市に向う国道1号線は、ダムおよび発電所に至る各県道の分岐点までは、有効幅員約6mでTarija市付近を除き未舗装であるが改修の必要はない。

Fig 9-3に示すCarapari部落に通じる県道は、ビラヤ川に通じる唯一のルートで、幅員は3m前後で、路盤工を施していない悪路である。Lorenzo部落よりCarichi Mayu部落までは比較的緩やかな勾配であるが、その後、標高2,700mまでの上り勾配は約8%で、回転半径も小さく、小型車のみが通行可能な道路である。また標高2,700mよりLeon Cancha

部落を通りアクセス道路建設予定地点である標高2,940mまでは、比較的緩やかな勾配であるが全般的に路盤は悪く、トレーラーの通行は不可能な状態である。9.3.1項で述べた設計条件に合せ改修する必要がある。

ダム地点へのアクセス道路はFig 9-3に示す通り2案が考えられる。第1案はTarija市よりIsçayachiまで国道1号線を通り、その後既設の県道を使用しPaichuに至り、Paichuより新道を建設し、ダム地点右岸に至るルート。

第2案は同じくIsçayachiを通り、Camargo付近より右折しCulpinaを経由し、Miskha Pampaまでの既設の道路を使用し、その後新道を建設しダム地点左岸に至るルート。

Paichuまでの既設道路は現地調査の結果、高原地帯の比較的地形の緩やかな地点にルートを選定してあるため道路の縦断勾配および回転半径については、一部沢部を除き、問題となる地点はないが、幅員が3mと狭いうえ路盤工も施してなく、大型車の通行は不可能な状態である。

一方CamargoよりCulpinaを通りMiskha Pampaまでの既設道路についても大型車の通行は不可能で改修の必要がある。

9.3.3 新道の建設

(1) 発電所取付道路

発電所取付道路はFig 9-3, Fig 9-5に示す通り、県道のCamaron部落の標高2,940m付近で分岐する。この取付道路は有効幅員5.0m、長さ24.8kmの明り部(うち橋梁幅4.0m、スパン100m)と幅6.0m、高さ5.0m、長さ1,000m、勾配10%のトンネル部からなっている。

この道路は工事用道路、発電所主機類の搬入路として、また工事完成後は発電所進入路としても利用される。なほこの道路工事の進捗が本工事の全工程を左右することになるので、1985年4月末までに完成されなければならない。

(2) ダム取付道路

ダムへの取付道路についてのルートはFig 9-3, Fig 9-4, およびAPPENDIX-III, のFig A-III-8に示すが、2ルート案についての経済比較検討結果をTable 9-1に示す。

Table 9-1 道路工事費の比較

道 路 名	距 離 (m)	工 事 費 (US\$10 ³)
Access Road No. 1	明 り 部	15,640
	トンネル部	4,540
計		17,464
Access Road No. 2	明 り 部	38,500
	トンネル部	220
計		13,405

上記の結果、ダムへの取付道路は Access Road No. 2 を採用する。すなわち Camargo より Culpina を通り Miskha Pampa までの既設の県道に接続されるものである。取付道路は有効幅員 4.0 m、長さ 38.5 km の明り部と幅 5.0 m、高さ 4.5 m、長さ 220 m のトンネル部からなっている。

この道路は工事用道路、ダムへの資材類等の搬入路として、また工事完成後はダム、取水口、および沈砂池等の保守管理のために利用されるものである。

取付道路のルート選定に当っては、ヘリコプターによる調査、および 1/50,000 地形図をもとに、ルートの選定を行った。

しかし詳細設計時点において現地調査を実施し、地形、地質等また既設道路の改修費、工事完成後の維持補修費、保守管理面等を考慮の上 Access Road No. 1 も含め、総合的な経済比較を再度実施すべきである。

なお取付道路は本工事着工前の 1985 年 4 月末までに資材類等の搬入が出来るよう、完成させなければならない。

Fig. 9-3 PLAN OF ACCESS ROAD

