

から西へ流れているが、地点付近で右岸側へ鋭く突きささるようその流路を転じている。
この付近の河床標高は約 420 m である。

地点の地質は花崗閃緑岩で、灰ないし灰褐色を呈し、堅硬であるが、一般的に節理、亀裂が発達しゆるみ気味である。地形的および現場の状態からみて、顕著な断層は存在しないように思われる。

(1)-3 A および B 地点の比較

上記 2 地点を比較、検討した結果、地質条件は大差ないが、設計条件から A 地点を C-3 発電所地点として選定した。

(2) 考 察

C-3 発電所地点は花崗閃緑岩体からなる地山の深奥部に位置するので新鮮・堅硬な岩盤の存在が期待され、地下発電所としての立地条件は良好と判断される。しかし、地表調査では(i)花崗閃緑岩の性状が不均質であること、(ii)地点の上部を占めている安山岩がもろいこと、(iii)さらに、尾根鞍部を通る断層や尾根の先端部を通る断層がそれぞれ推定されること。特に尾根の先端部を通る推定断層は花崗閃緑岩の貫入による Santa - Carhuaz 累層の破碎帯である可能性もあり、解明すべき事項が少なくない。

3.4 建設材料

C-2 および C-3 発電計画を合わせた C 発電計画全体に必要なコンクリート量は、約 600,000 m³ と想定されているので、十分なる骨材採取地を確保する必要がある。そのため、今回の調査で建設材料の採取の可能性について予備的な調査を行った。その結果、これらの採取地として次の地点が挙げられる。

- (i) Santa 河と Tablachaca 川の合流点下流 5 km 地点
- (ii) Santa 河と Grande 川との合流点付近およびその上流の Mirador 地区
- (iii) Manta 川

上記何れの地点も粗骨材の採取は可能と思われるが、細骨材については経済的に採取し得るほどの量が見当らない。従って砕石プラントによって生成する必要があると思われる。そのため、将来前述の地点について材料試料を採取し、試験室において粒度分析を含めた材料試験を行うと共に、骨材の採取可能数量を調査孔またはトレンチによって確認する必要がある。

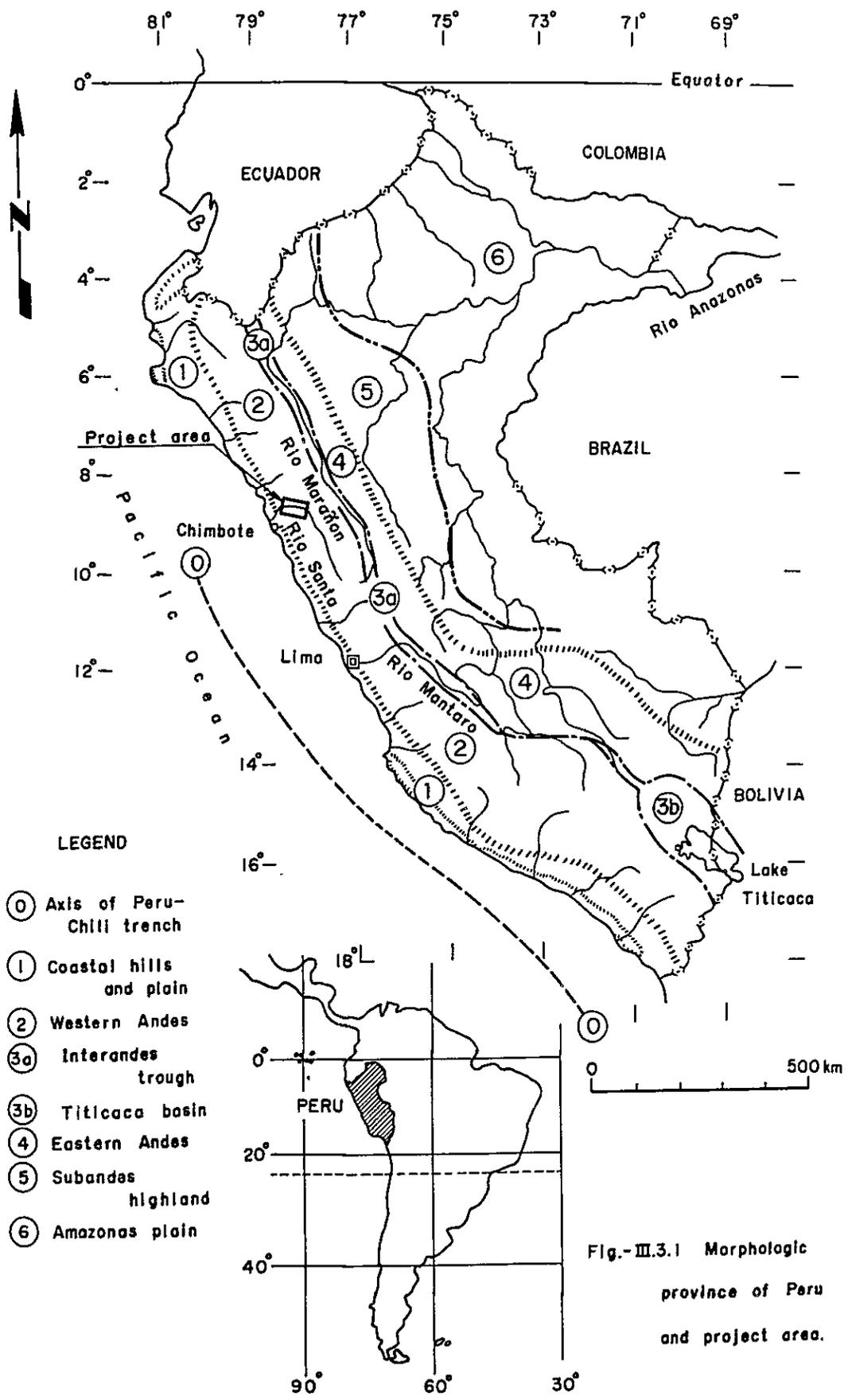
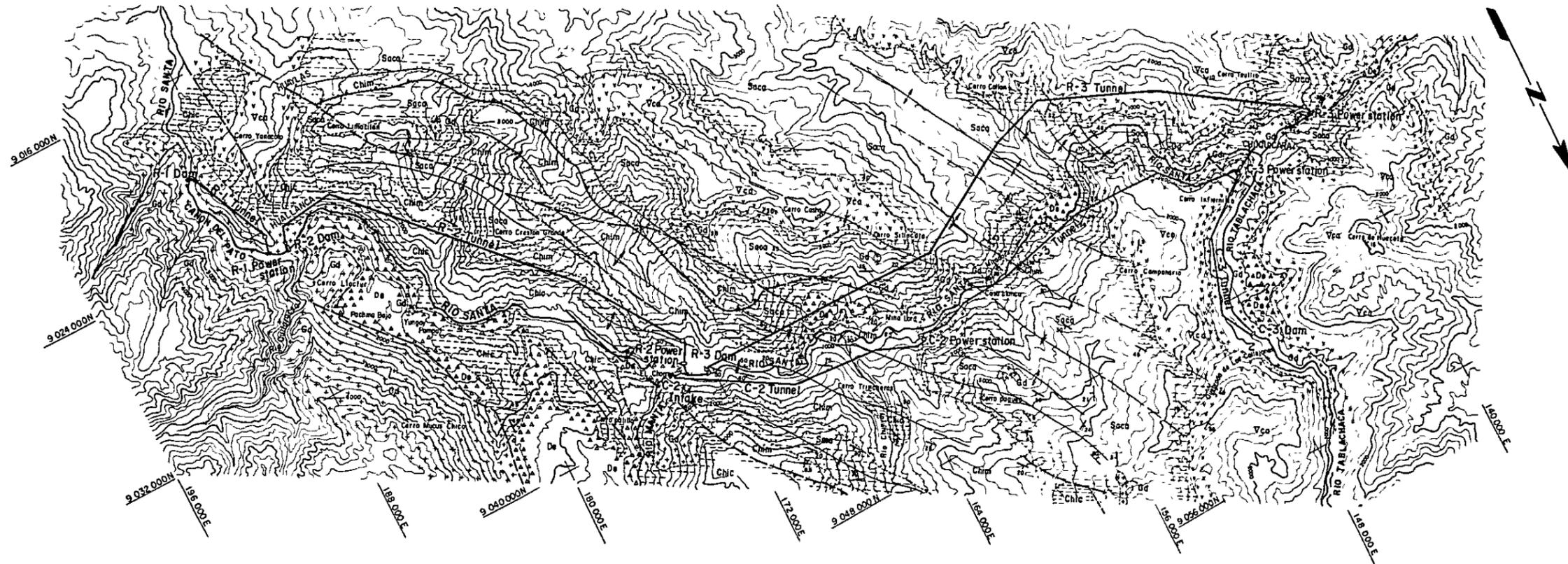
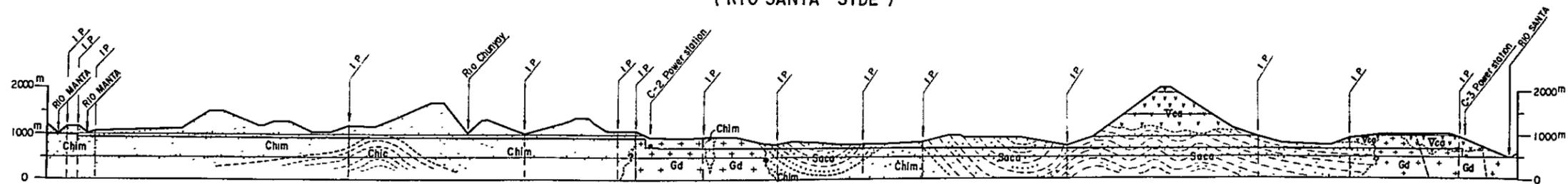


Fig.-III.3.1 Morphologic province of Peru and project area.

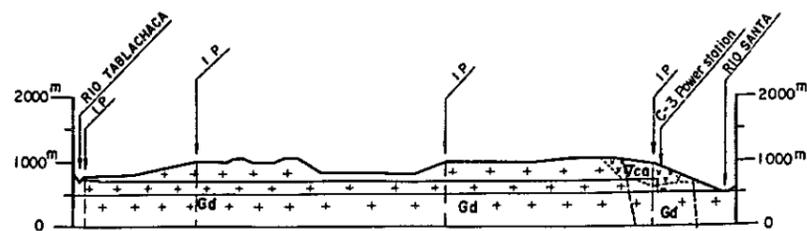
PLAN



PROFILE OF C-2 AND 3 TUNNEL ALIGNMENT
(RIO SANTA SIDE)



PROFILE OF C-3 TUNNEL ALIGNMENT
(RIO TABLACHACA SIDE)



LEGEND

Quaternary		Quaternary deposits ; gravel, sand and silty clay		Geologic boundary
Cretaceous ~ Tertiary		Calpuj volcanic rocks ; andesite, rhyolite lava		Strike and dip of strata, lava
		Granodiorite group ; granodiorite, diorite		Axis of anticline (/ : assumed)
Cretaceous		Santa-Carhuaz formation ; shale, sandstone, limestone		Axis of syncline (/ : assumed)
		Chimu formation ; quartzite, siliceous sandstone		Axis of overturned anticline
		Chicama formation ; shale, sandstone		Axis of overturned syncline
Jurassic				Normal fault
				Reverse fault

Note : This geological map was prepared making a partial modification of the geological map in scale 1:100,000 of "GEOLOGIA DE LOS CUADRANGULOS DE SANTIAGO DE CHUCO Y SANTA ROSA" and the geological map in scale 1:200,000 of "GEOLOGIA DE LOS CUADRANGULOS DE MOLLEBAMBA, TAYABAMBA, HUAYLAS, POMABAMBA, CARHUAZ Y HUARI".

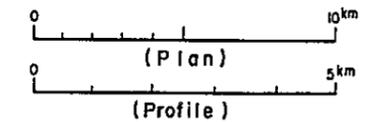
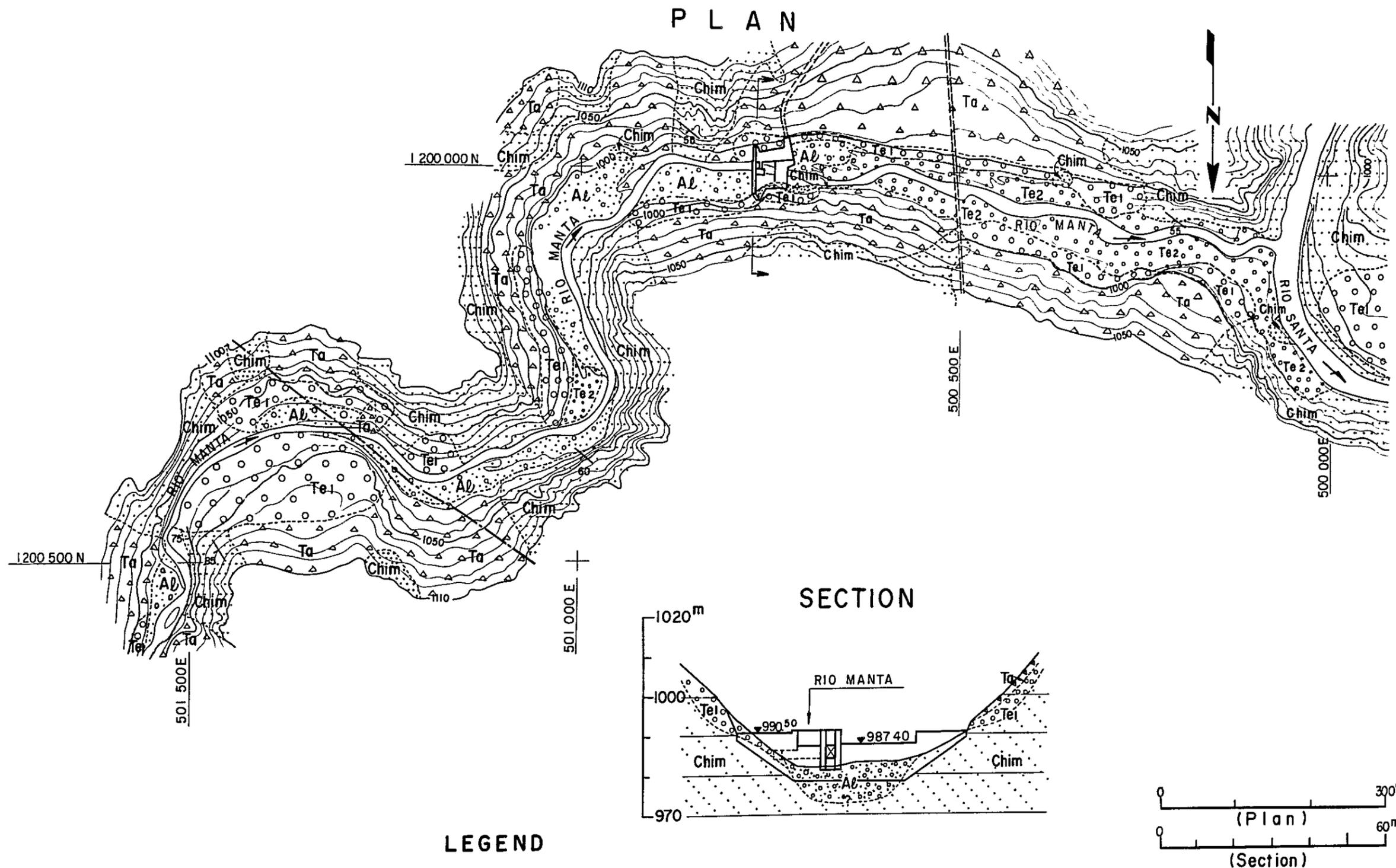


Fig.- III.3.2
Geological Plan of Project Area
and Profile of C-2 and C-3 Tunnel
Alignment

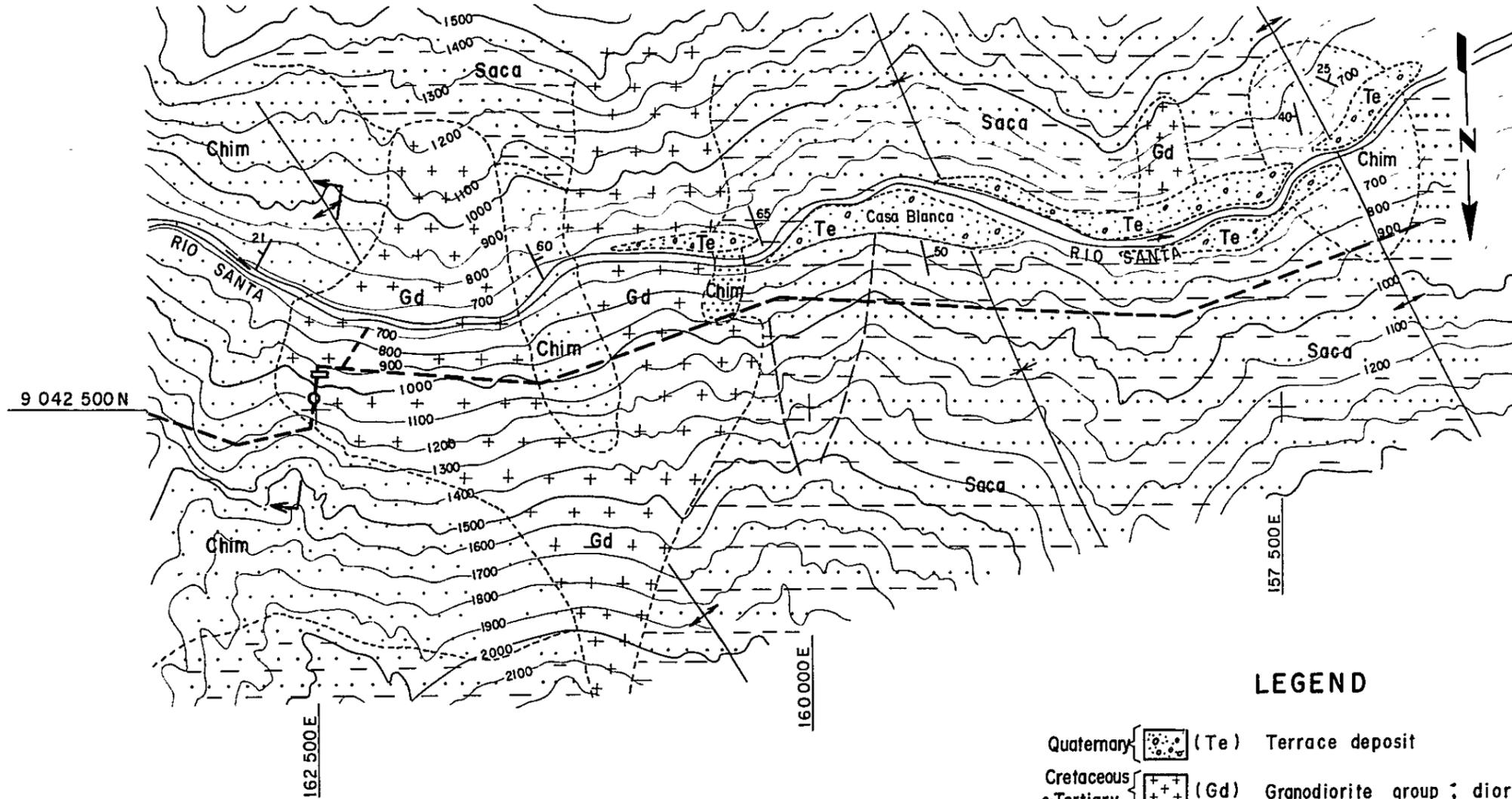


- ### LEGEND
- | | |
|---|--|
| <p>Quaternary</p> <ul style="list-style-type: none"> (Al) River and flood plain deposit (Ta) Talus deposit (Te2) Lower terrace (Te1) Upper terrace <p>Cretaceous</p> <ul style="list-style-type: none"> (Chim) Chimu formation ; shale, sandstone and quartzite | <ul style="list-style-type: none"> Geologic boundary 50 Strike and dip of strata Assumed fault |
|---|--|

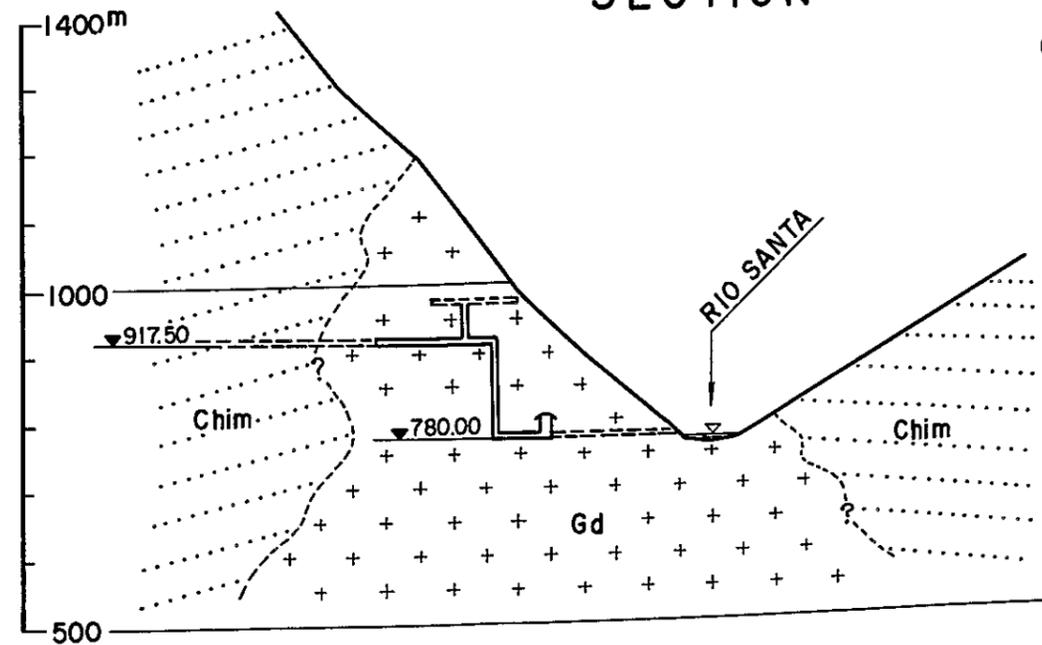
Note : The coordinate system of this map is independently used by INIE

Fig.-III.3.3
Geological Plan and Section of C-2 Intake Site

PLAN



SECTION



LEGEND

- Quaternary (Te) Terrace deposit
- Cretaceous ~ Tertiary (Gd) Granodiorite group; diorite
- Cretaceous (Saca) Santa - Carhuaz formation; shale, sandstone and limestone
- Cretaceous (Chim) Chimu formation; quartzite

- Geologic boundary
- 50 Strike and dip of strata
- Axis of anticline
- Axis of syncline
- Assumed fault

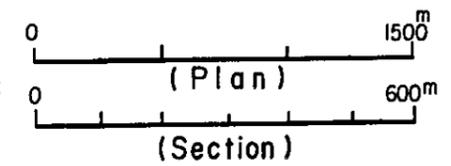
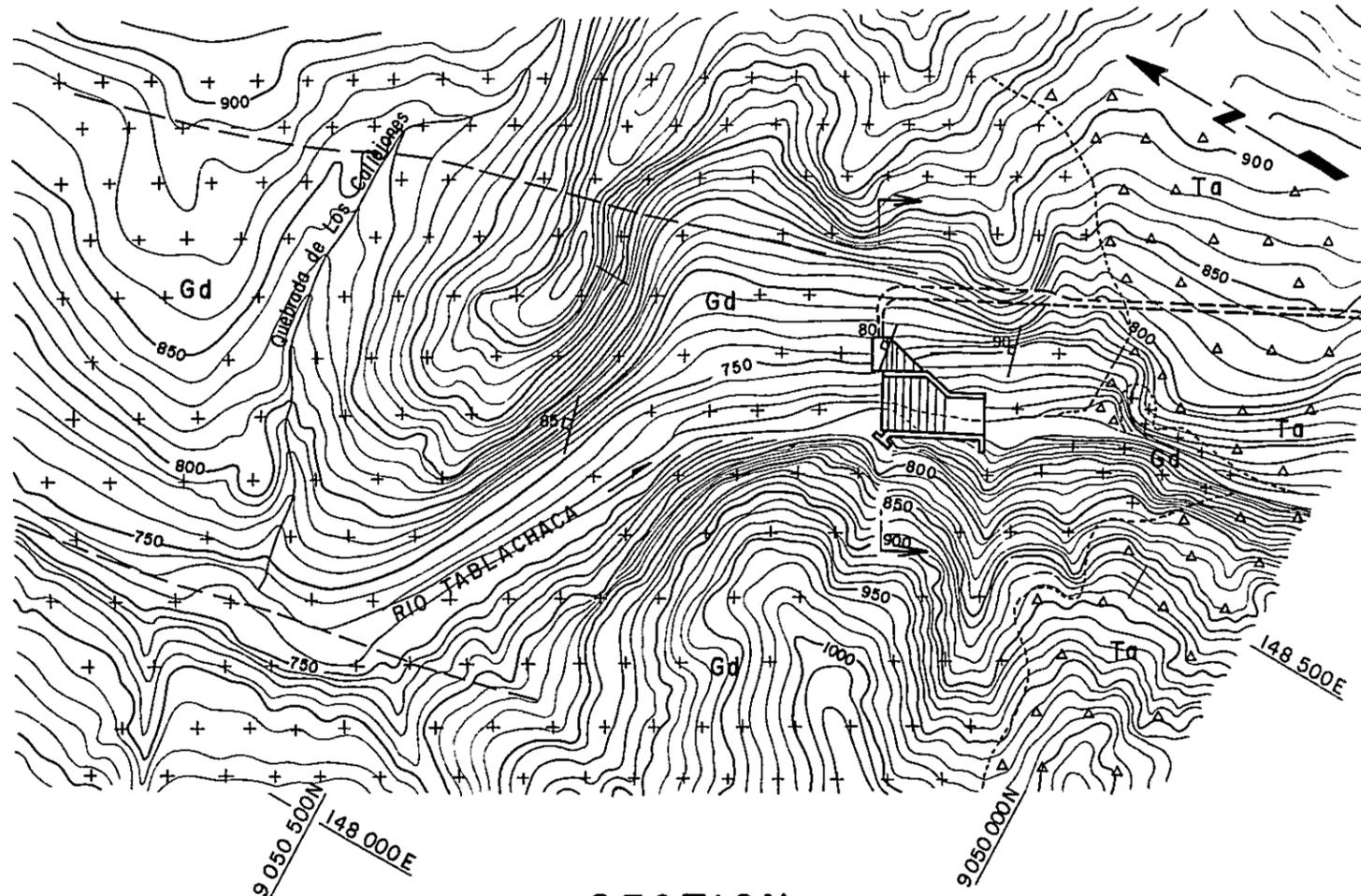
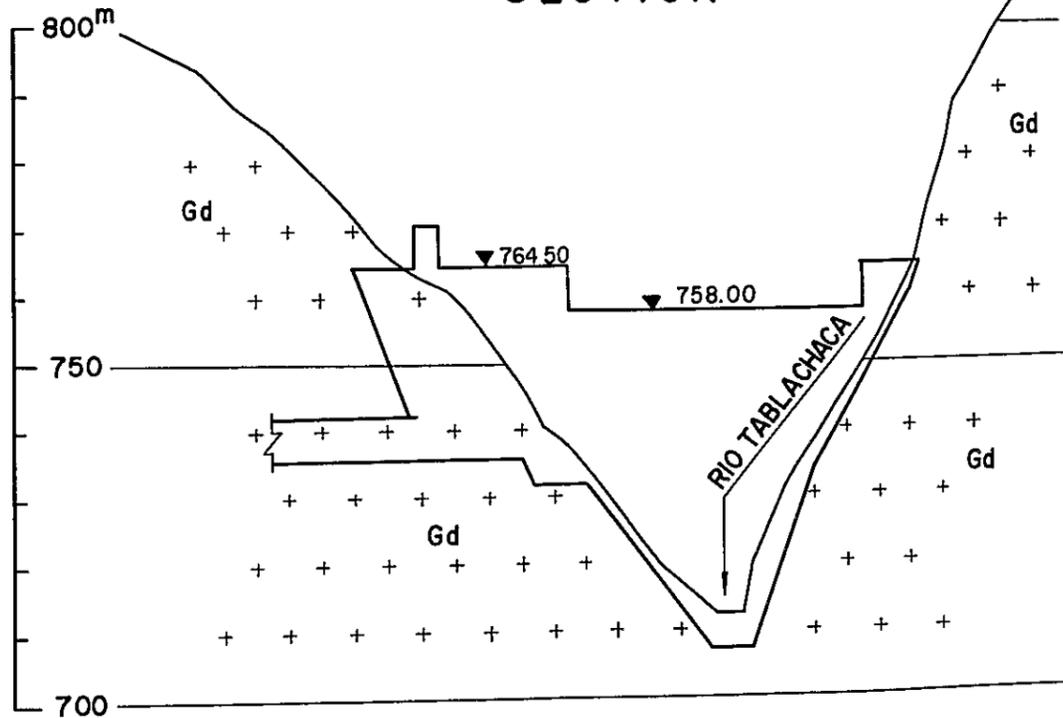


Fig.-III.3.4
Geological Plan and Section of C-2
Power Station Site

PLAN



SECTION



LEGEND

- Quaternary { △△ (Ta) Talus deposit
- Cretaceous ~Tertiary { +++ (Gd) Granodiorite group ; quartz diorite
- Geologic boundary
- 50°/N Strike and dip of joints
- - - Assumed fault

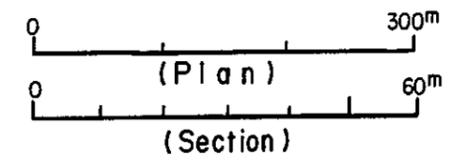
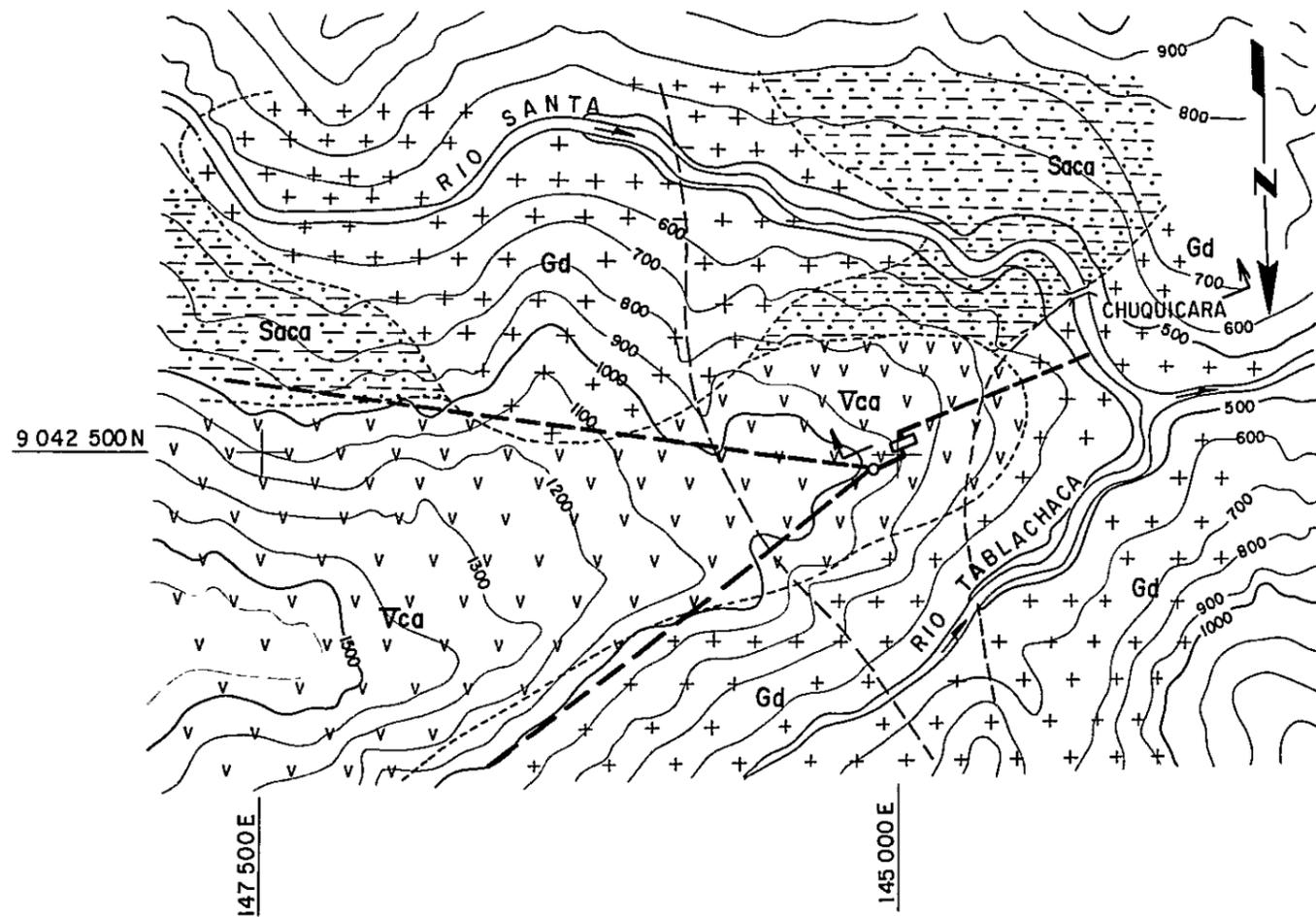


Fig.-III.3.5
Geological Plan and Section
of C-3 Dam Site

PLAN



LEGEND

- Cretaceous {  (Vca) Calipuy volcanic rocks ; andesite
- ~Tertiary {  (Gd) Granodiorite group ; granodiorite
- Cretaceous {  (Saca) Santa-Carhuaz formation ; shale sandstone and limestone
-  Geologic boundary
-  Assumed fault

SECTION

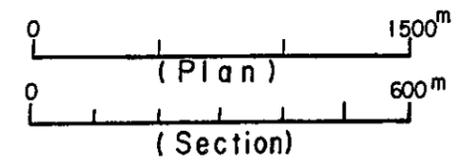
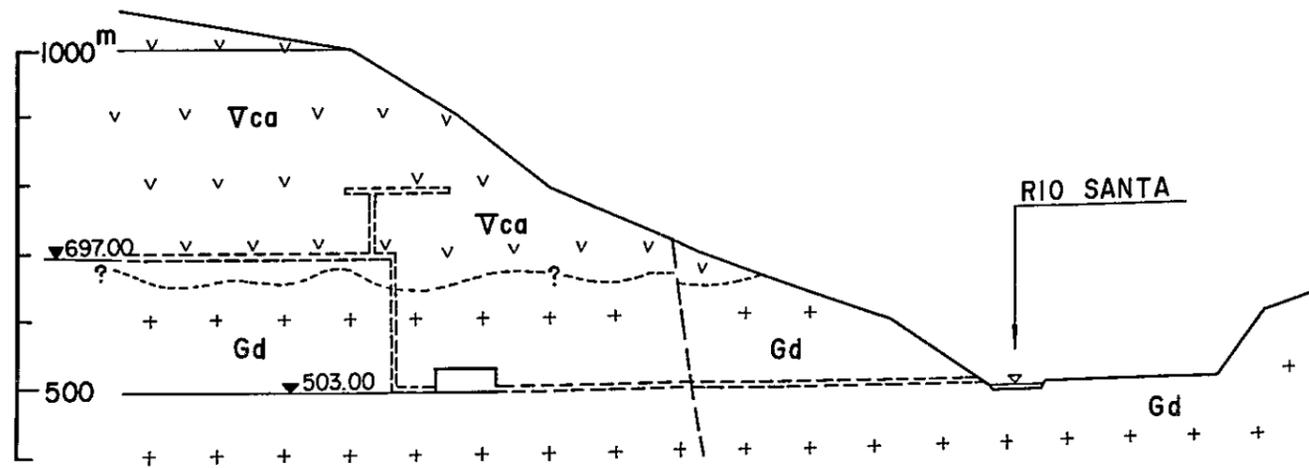


Fig.-III.3.6
Geological Plan and Section
of C-3 Power Station Site

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100

Table - III.3.1 Stratigraphic Sequence and Rock Type in Project Area

Age	Rock unit	Rock	Thickness	Site of civil engineering structure	Character
Quaternary		Talus slope - wash deposit, river deposit and glacial deposit	less than a few hundred meters		Gravel, sand and clay, unconsolidated
Palaeogene	U Plutonic association	Granodiorite (quartz diorite pyroxene diorite)			Uniting to Andes Batholith in deep part
	I Callipuy volcanic rock	Andesitic, rhyolitic, dacitic lava and pyroclastic rock, partially interbedded with shale	more than 200 m		Chopped by stocks and upheaval of Andes Batholith
Cretaceous	U Carhuaz formation	Fine grained sandstone and shale, interbedded with thin limestone Gypsum (about 10m thick) is in basal part.	1000 m		These two formations are difficult to distinguish each other by photogeological interpretation Thickness of Santa formation is very thin.
	P Santa formation	Mudstone, interbedded with thin limestone in upper part and with sandy shale in basal part.	150 m		
Early	C - P Chimu formation	Quartzite, silicious sandstone locally interbedded with shale, sandstone and coal	500 } 800 m		Hard and resistible to weathering Containing anthracite
	C - P Chicama formation	Shale, interbedded with sandstone	1000 m		Geologic structure is complicated by action of fold and fault

* U' unconformity I; intrusion P; parallel unconformity C; conformity

第 4 章 発 電 計 画

4.1 基礎的考察

C-2 および C-3 発電計画は、El Chorro 発電所（計画中）の放流水を直接的に取水すると同時に支流 Manta 川と Tablachaca 川の流量をも取水する。加えて、Santa 河の残存落差を利用し、この河川のもつ水力ポテンシャルを有効に開発しようとするものである。

本計画の検討に先立って、(i)発電方式、(ii)ダム位置、発電所位置およびトンネルルート、(iii)水車の選定の事項について基礎的な考察を行い、次のように判断し決定した。

4.1.1 発電方式

今後の Peru 共和国の発電設備の主体は、水力発電となることが予想されることから、発電供給力は流量の季節変動の影響を受け易くなる。

前記を勘案すれば、今後新設される水力発電所は、河川のもつ水力ポテンシャルを有効に利用するために、河川流量を季節または経年調整することが可能な貯水池を有する発電所とすることが望ましい。貯水池の建設が地形的、経済的に不可能な場合には調整池を有する発電所が望ましい。また、Santa 河並びに Tablachaca 川は、共に流下土砂が非常に多く、概算値ではあるが各々 50 年間に $300 \times 10^6 \text{ m}^3$ と $150 \times 10^6 \text{ m}^3$ 程度の堆砂が想定される。したがって、これらに対処するためには非常に大きなポケットをもった貯水池が必要であるし、またそうでなければ短期間のうちにその貯水池の機能を失なうことになるであろう。

前記 2 点を考慮すると、本計画区域である El Chorro 発電所から下流の Santa 河には、そのような貯水池を設ける適地はなく、Manta 川についても、その河川勾配が急であることや、その上堆積土砂の多いことから貯水池はおろか、調整池さえも設ける場所はない。ただ、Tablachaca 川についてのみ調整池を設ける適地がある。したがって、C-2 発電計画は、小さな調整水室をもつ水路式とし、C-3 発電計画は調整池をもつ水路式発電所を採用することにして検討は行われた。

4.1.2 ダムおよび発電所の位置並びにトンネルルート

調査団は、INIE 技師団と共に、C-2 および C-3 発電所の位置、ダムの位置およびトンネルルートにつき机上検討並びに現地調査を行った。その結果、C-2 発電計画については、Manta 川には適当なる調整池を造る地点はなしとの結論に達した。また、導水路は 6 km 程度のトンネルを 1 本の最長トンネルとなるよう、横坑位置を選びトンネルルートを選定した。C-2 発電所位置については、地上式発電所でも容易に建設しうるスペースの充分ある下流案と、Tablachaca 川に設ける C-3 調整池との水路の連系に重点を置いた地下式発電所の上流案を立案し、この 2 つの代案につき技術的、経済的比較を行った。

C-3 発電所のトンネルルートを選定にあたっては、トンネルのかぶりの厚さによって生じるトンネル内の温度上昇が、施工に支障をきたさないように配慮した。また1本の最長トンネルが6 km を越えないように選定された。なお、発電所の位置およびトンネルルートについては、6通りの代案を立案し、各代案の経済性、建設の難易性、発電所の運転の容易性を考慮し、最終案を選出した。

4.1.3 水車の選定について

Santa 河は、Peru 共和国の河川の中でも、最も多くの浮遊土砂を含む河川の一つであり、その浮遊土砂に含まれる珪質分も多いので水車の選定に当っては、水車磨耗に対する対策を十分に考慮せねばならない。以上のことから、Peru 共和国内における既設発電所の水車磨耗の実績を参考にして、これらと比較の上フランシス・タイプにすべきか、ベルトン・タイプにすべきかの検討を行った。

4.2 湯水使用流量と常時使用流量

既設 Cañón del Pato 発電所は調整池をもたない水路式発電所であり、この発電所の下流に続くC発電計画の発電所の使用水量は、Cañón del Pato の取水量によって大きく左右される。したがって、C-2 発電所については Santa 河の Cañón del Pato 地点の95%流量と Manta 川の95%流量を加えて湯水流量とした。また、各々の河川の100%流量を加えたものを常時使用流量とした。

C-3 発電所については、C-2 発電所の流量に Tablachaca 川の95%流量を加えて湯水使用流量とし、またそれぞれの河川の100%流量を加えて常時使用流量とした。因に、C-2 発電所の湯水使用流量は $49.6 \text{ m}^3/\text{sec}$ であり常時使用流量は $39.8 \text{ m}^3/\text{sec}$ である。またC-3 発電所の湯水使用流量は $57.1 \text{ m}^3/\text{sec}$ であり常時使用流量は $45.5 \text{ m}^3/\text{sec}$ である。

これらの算出根拠は Appendix-A. 1 に記載されている。

4.3 C-3 調整池満水位の検討

C-3 発電所の規模は、調整池の満水位および最大使用水量により定まる。C-3 発電所の最大使用水量については、4.5 項で述べるように $80 \text{ m}^3/\text{sec}$ に決定されている。また、C-3 調整池を建設予定の Tablachaca 川は、Santa 河以上の流下土砂があると推定されており、調整池の運用を考えた場合、この調整容量は必要最小量とすべきである。調整池の必要最小量は、次式によって求まる。

$$T = \frac{Q_T 95 \times 24 \text{ hours}}{Q_{Tp}} = 6 \text{ hours}$$

$$C_T = T (Q_{Tp} - Q_{T95}) = 486,000 \text{ m}^3$$

ここに、 T ; 渇水期におけるピーク時間

Q_{T95} ; Tablachaca 川の95%の渇水流量 (= $7.5 \text{ m}^3/\text{sec}$)

Q_{Tp} ; C-3調整池よりの最大取水量 (= $30 \text{ m}^3/\text{sec}$)

C_T ; C-3調整池の必要最小容量

したがって、渇水期に Tablachaca 川の水を6時間に集中して使用するためには、必要最小有効容量は $486,000 \text{ m}^3$ あれば充分である。しかし、この容量に加えて堆砂による調整容量の減少を考慮し、有効調整容量を $650,000 \text{ m}^3$ とした。この有効容量を得るためには C-3調整池の満水面は、Fig-Ⅱ. 4. 1 から判るように標高 758.0 m にしなければならない。

4.4 最大使用水量の検討

下記に示すように、C-2およびC-3発電所の最大使用水量の決定については、上流側の既設発電所である Cañón del Pato と計画中の発電所である El Chorro の最大使用水量により、また下流側は、第Ⅱ部1、2項で述べている Chao-Viru 灌漑計画の最大取水量によってある程度の制約を受けることになる。即ち、

(1) Cañón del Pato 発電所とその増設計画および El Chorro 発電所に対し、 $48 \text{ m}^3/\text{sec}$ の使用水量 (95% 渇水流量) を保証すべく、Santa 河上流に Recreta 貯水池、Quitaracsa 川に調整池を築造する計画が進められている。

これらのことから、El Chorro 発電所の放水路から取水する C-2 発電所の使用水量は、自動的に、El Chorro 発電所からの取水量に Manta 川からの取水量を加えたものになる。

(2) Peru の電力需給計画から見て、将来特殊電力量が有効に利用される可能性は少ないので、常時電力量を優先して考えねばならない。従って、Manta 川の取水量は、自動的に渇水量が対象になる。また C-2 発電所は出来るならば、負荷率を67% (需要の平均負荷率) 以下のピークとなるよう、調整池で使用水量を調整できるようにすべきであるが、取水地点である Manta 川には、調整池を設ける適地がなく、またトンネル式の水室による調整池では、C-2 発電計画のように落差の低い発電所では経済的に成立たない。上記から、C-2 発電所については、El Chorro 発電所の負荷変動によって生ずる流量変化を調整し得る程度の調整能力をもつトンネル式水室を備えるものとする。なお、使用水量は、El Chorro 発電所の放流量 $48.0 \text{ m}^3/\text{sec}$ に Manta 川の渇水量である $2.0 \text{ m}^3/\text{sec}$ を合わせて取水するので $50 \text{ m}^3/\text{sec}$ になる。

(3) C-3 発電所の使用水量は、C-2 発電所の放水量と Tablachaca 川からの取水量とを加えたものになる。したがって、Tablachaca 川に設ける調整池によって、出来得る限り需要に合わせてピーク発電が出来るように使用水量を大きくとることが望ましい。しかし、C-3 発電所の直下流に予定されている Chao-Viru 灌漑計画の取水口があり、その最大取水量が $80 \text{ m}^3/\text{sec}$

であるため、もし C-3 発電所が $80\text{ m}^3/\text{sec}$ 以上の使用水量で発電を行った場合は、この灌漑計画のため取水口の上流で流量の再調整を行わねばならないが、そのための適当なる地点が見当たらない。

上記の理由から、C-3 発電所の最大使用水量は $80\text{ m}^3/\text{sec}$ とした。

4.5 開発方式および規模の検討

4.5.1 検討の基本的考え方

開発方式および規模の検討のための主要な条件を下記に示す。

- (1) 発電方式については、C-2 発電所は、El Chorro 発電所の負荷率と同一負荷率を取れるよう、小さな容量をもつトンネル式調整池を設けることとした。C-3 発電所は、C-2 発電所の放水量と Tablachaca 川の流量とを合せた水を濁水時に調整できるような調整池を Tablachaca 川に設けることとした。
- (2) 開発方式および規模の検討にあたっては、便益費用比 (B/C)、および超過便益 (B-C) を尺度とした経済比較によるものとした。なお、この便益は「第 III 部第 7 章 経済評価」に述べる代替火力発電所の年経費を尺度にして求める。
- (3) 便益計算の便益の算出に用いる出力および電力量は下記に示す条件で求め、それぞれ有効出力および有効電力量と定義する。
 - (i) 有効出力は、濁水量を日調整し 4 時間以上のピーク出力を取れる出力とし、便益計算には、この出力より事故および補修による損失率 2.5%、所内率 0.3%、送電損失 2.2%、計 5% を差引くものとする。
 - (ii) 有効電力量は、常時電力量 (濁水量による年間発生電力量) のみを考慮し、特殊電力量は電力需給バランスから見て、すぐには有効化しないので除くこととした。
- (4) 便益計算に用いる年経費は、工事費に年経費率を乗じて算出する。

4.5.2 C-2 発電所の開発方式および規模

C-2 発電所は、El Chorro 発電所の放水路末端より取水し、これに Manta 川の水を加え、導水路で落差を取り発電する。

上記に対し、考えられる問題点は下記の 2 点でありこれらについて検討を行う。

- (i) ピーク発電を行うのに必要な調整池を設ける事が可能か否か。
- (ii) C-2 発電所の位置については、2 通りの案があり、1 つは、C-3 発電所を考慮する場合で、C-2 発電所の放流水を標高の関係から C-3 調整池へ導水することができる位置 (上流案、地下式) とするか、若しくは C-2 発電所を単独に考慮する場合で、この発電所の最も有利となる地点 (下流案、地上式) とする。

以上の2点について検討を加えた結果、下記の結論を得た。

(1) 調整池の可能性について

(i) 現地調査の結果、Manta 川には、調整池を設けるに適当な地点が3ヶ所見出されたが、同川は、河川勾配が急で、川床には多くの堆積物が見られる。また、川の両岸は急峻で大体40°前後の勾配をなしており、その斜面の各所には、小岩片ないし細粒状岩片よりなる堆積物や崖錐が広く岩盤を覆っている。その上雨期には粒子の大きな砂礫が大量に流下し、調整池の機能を短期間に失わせる公算が大きく、これらの流下土砂を清掃することは容易ではない。

上記理由により、調整池をManta 川に設ける案は放棄された。

(ii) 導水トンネルの途中に、大規模な地下式調整水槽を設ける案も考えられたが、しかし、C-2発電所のピーク発電を1 kW 増加させるのに約10m³の水が必要であり、また、これに必要な水槽の建設費を概算するとkW 当り2000 US\$ 以上となる。

このため、トンネル内に調整池を設ける事は、経済的に考えて効果が薄いのでこの案も採用しない事にした。

(iii) (i)、(ii)の結果、C-2発電所に対しては大規模な調整池を設ける事はできないので、必要最少調整容量をもつ水室を設けることにした。何故ならば、El Chorro発電所放水路は約1,500 mあり、放流水はこの中を自由水面をもって流下するため、El Chorro発電所とC-2発電所は負荷の変動に対して同時に対応することが出来ず、ある程度の時間差が生じることになり、これは給電運用上好ましくない。したがって、この時間差を解消するため、圧力式導水トンネルの起点に約3,000 m³の容量を有する調整水室を設けることとした。

(Appendix - A. 2 参照)

(2) 発電所の位置について

(i) 上流案は、El Chorro 発電所の放水口より13 km 下流の溪谷に位置する。発電所を設けようとする右岸側の山は、花崗閃緑岩で構成されており、地下発電所の建設には地質的に重大な問題はないと推定される。

(ii) 下流案は、上流案の更に3.5 km 下流にある右岸側台地で、この付近はCasa Blanca と呼ばれている。

この台地は、凡そ長さ700 m、巾150 mよりなり、地上式発電所を建設するのに十分なスペースを有していると言える。また背後の山は頁岩より構成されており、良質な岩とは言えないものの、岩の大きな露頭が見られるため、地上式鉄管路を建設することは可能である。

(iii) (i)、(ii)で述べた特徴をふまえて比較検討した結果、Table - III. 4. 1 に示す通りである。上流案は、Appendix - A. 3 「Santa 計画における水車型式および台数の選定」に述べているように、フランス水車を採用することは水車の磨耗度並びに維持、管理の上からも、十分に考えられるが、下流案は磨耗並びに保守の面からフランス水車では、問題を生じる可能性がある。また、下流案でベルトン水車が採用されると、経済性の面から、上流案よりも

悪くなる。

以上の検討結果に加えて、C-3調整池の運用の容易性を考慮して上流案を採用することとした。

4.5.3 C-3発電所の開発方式および規模

C-3発電所の開発方式および規模の決定のため下記3通りの基本的代案を作り、これらを検討し、また、その基本的代案をベースとして、更にその他の代案を組み合わせるいくつかにつき検討を行った。(Fig-Ⅱ.4.2,Ⅱ.4.3参照)

前述の各種代案を下記に示す。

I案

C-3発電計画は、C-2発電所の放水路(標高740m)より取水して、これを14.5kmの圧力トンネルによってC-3発電所に導水し有効落差215mを得ると同時に、Tablachaca川のC-3調整池(満水位758m)にてTablachaca川の水を調整し、C-3発電所の水の需要に対して、C-2発電所からの取水量では不足する量をC-3調整池より補給するものである。

なお、補給の方法は調整池の取水口ゲートの操作によるものとするが、ゲート操作の作動の遅延による一時的なC-3発電所の水の不足を補うため、C-2発電所(下流案)付近に約10,000 m^3 程度の容量をもつ調整池を設ける。この調整池によりC-3発電所は、電力需要の変動に応じる最大148,000kWの発電が可能となり、C-2発電所を合わせたC発電計画全体では、最大235,300kWの発電が可能となる。しかしながら、C-2発電所放水路(C-3取水口)標高は、C-3調整池の水面標高より低いので、C-2発電所より取水した水は調整池へは補給できない。すなわち、C-2発電所で発電していたとしても、C-3発電所で発電していなければその放流水は、Santa河へ直接放流することになり経済的な運用はできない。なお、I案は落差が215mであるが、Santa河の水質を考慮すると、フランス水車の採用は磨耗という点から限界と考えられるが、一応、I-A案はフランス、I-B案はベルトン水車を採用するものとして比較検討を行った。

II案

I案では、C-2発電所の放流水はC-3調整池へ流入することは出来ないが、II案は、C-2発電所の位置をC-3調整池の水面より高い標高をもつ上流側に移し、前述の放流水をC-3調整池に流入することを可能ならしめ、C-3発電所の水の運用効率を高めた。これにより、C-3発電所は158,000kW、またC-2発電所(上流案)72,000kWとなり合計230,000kWとなる。なおこのII案について更に下記2通りの比較案を検討した。

II-B案 全トンネルを圧力トンネルとし、C-2発電所の負荷の変動に対し、直ちにC-3発電所もC-2と同様に応じられるようにしたもの。

II-A案 C-2発電所より、C-3発電所までの導水路については無圧トンネルとし、そ

の他はⅡ-Bと同様とする。

Ⅰ案

C-2発電所よりChao Viru灌漑計画取水口までの利用可能落差を最大限に利用する計画で、これには下記2案につき検討が行われた。

Ⅰ-A案 C-2発電所で発電した水を16kmのトンネルで直接C-3調整池に導き、ここでTablachaca川の水と合わせ、さらに14kmのトンネルでChao-Viru取水口附近に設けられるC-3発電所に導き199,000kWの発電を行うもので、C-2発電所(上流案)と合わせると合計271,000kWとなる。

Ⅰ-B案 C-2発電所の放流水をSanta河とTablachaca川の合流点附近へ導き、Tablachaca川をサイホンにて横断させChao-Viru取水口附近に設けられるC-3発電所へ導くと同時に、その導水路の途中にC-3調整池の導水路を連系させる案である。

前記6通りの代案の検討の結果は、Table-Ⅰ.4.2, Ⅰ.4.3に示す通りである。Ⅰ-AおよびⅠ-Bを除き何れの代案も、 $\frac{B}{C}$ 、B-Cは大きな差を示しておらず、経済性からは特に優劣をつける事はできない。

しかしながら、現時点では、下記理由によりⅠ-B案が一番望ましいとの結論に達した。Ⅰ案とⅡ案とを比較すると、Ⅰ-B案は $\frac{B}{C}$ 、B-CおよびkW当り、建設費は何れもⅡ案に比べ若干悪い。さらに、Ⅱ案は、C-2発電所の水をC-3調整池へ導きTablachaca川の水を合わせて調整することが可能なので、これらの水をC-3発電所の電力の需要に応じて使用できるので運転上もC-3調整池の運用が比較にならないほど有利である。また、Ⅰ-A案はⅡ案に比し $\frac{B}{C}$ 、B-C共に有利であるが、この案はフランス水車を採用しているため、維持、管理の面から、水車の磨耗の問題が指摘される。その他、前記Ⅰ-B案との比較にも述べているように、このⅠ-A案もC-3調整池の運用面でⅡ案に比し大きく不利である。

以上のことから、Ⅰ-A、Ⅰ-B案共に比較の対象から除くこととした。次にⅡ案とⅢ案とを比較すると、Ⅲ-B案では、導水路が高い山の下を通ることになるので、トンネル内の温度が50°~70°C近くになる可能性がある。したがって、その冷却、換気が容易ではないことと、作業横坑が1本もはいらぬ16kmのトンネルの施工は、非常に困難であるので、この案も除くこととした。次にⅢ-A案では、30kmにおよぶ長大トンネル並びにTablachaca川の横断サイホンの工事費が大きく、Ⅱ案に比べ $\frac{B}{C}$ 、B-C共に特に有利ではない。また、C発電計画をⅡ案で開発した後、Chao-Viru計画の沈砂地までの落差を、C-4発電所を設けることにより有効に利用できるという点も考慮に入れると、さらにⅢ-Aより有利になると考えられる。

以上のことから、Ⅲ-A、Ⅲ-B案共に比較の対象から除くこととした。したがって、残ったⅡ案について、Ⅱ-A、Ⅱ-B案を比較すると $\frac{B}{C}$ 、B-Cはほぼ同じであるが、Ⅱ-A案の無圧トンネルによって、C-2発電所の水をC-3発電所およびC-3調整池に導く事は、トンネル工事費は安く出来るがその他の構造物の工事費増をきたすと共に、C-2発電所の落差の減少を

きたすなど、結果において、 $\frac{B}{C}$ 、B-C共どくわずかではあるがII-B案が良くなり、また、発電所の運用面でもII-B案が有利であるのでII-B案を採用することとした。

4.5.4 検討の結果

4.5.2および4.5.3で検討した結果以下に示すような計画となる。C-2発電計画は、El Chorro 発電所の放流水 $48.0 \text{ m}^3/\text{sec}$ と Manta 川の湧水量 $2.0 \text{ m}^3/\text{sec}$ を合わせた $50 \text{ m}^3/\text{sec}$ の水を使用し、延長 12.7 km の圧力トンネルで地下発電所へ導水し、有効落差 167 m を得て $72,000 \text{ kW}$ の発電を行う。

C-3発電計画は、C-2発電所の放流水 $50 \text{ m}^3/\text{sec}$ と Tablachaca 川に設けられる調整池にて調整された $30 \text{ m}^3/\text{sec}$ の水を、夫々延長 18.3 km と 9.1 km の圧力トンネルで地下発電所へ導水し有効落差 235 m を得て $158,000 \text{ kW}$ の発電を行うものである。

4.6 出力および発生電力量

4.6.1 設備出力

C-2発電所の最大使用水量 $50 \text{ m}^3/\text{sec}$ また最大使用水量時の有効落差は 167 m 、設備出力は $72,000 \text{ kW}$ とする。また、C-3発電所の設備出力は、基準最大使用水量 $80 \text{ m}^3/\text{sec}$ 基準有効落差 235 m で $158,000 \text{ kW}$ とする。

4.6.2 常時尖頭出力

C-2発電所およびC-3発電所の常時尖頭出力 (Peak Capacity) は、設備出力と同じで各々 $72,000 \text{ kW}$ および $158,000 \text{ kW}$ である。

4.6.3 可能発生電力量

可能発生電力量を常時電力量と特殊電力量に分けると下記の通りである。

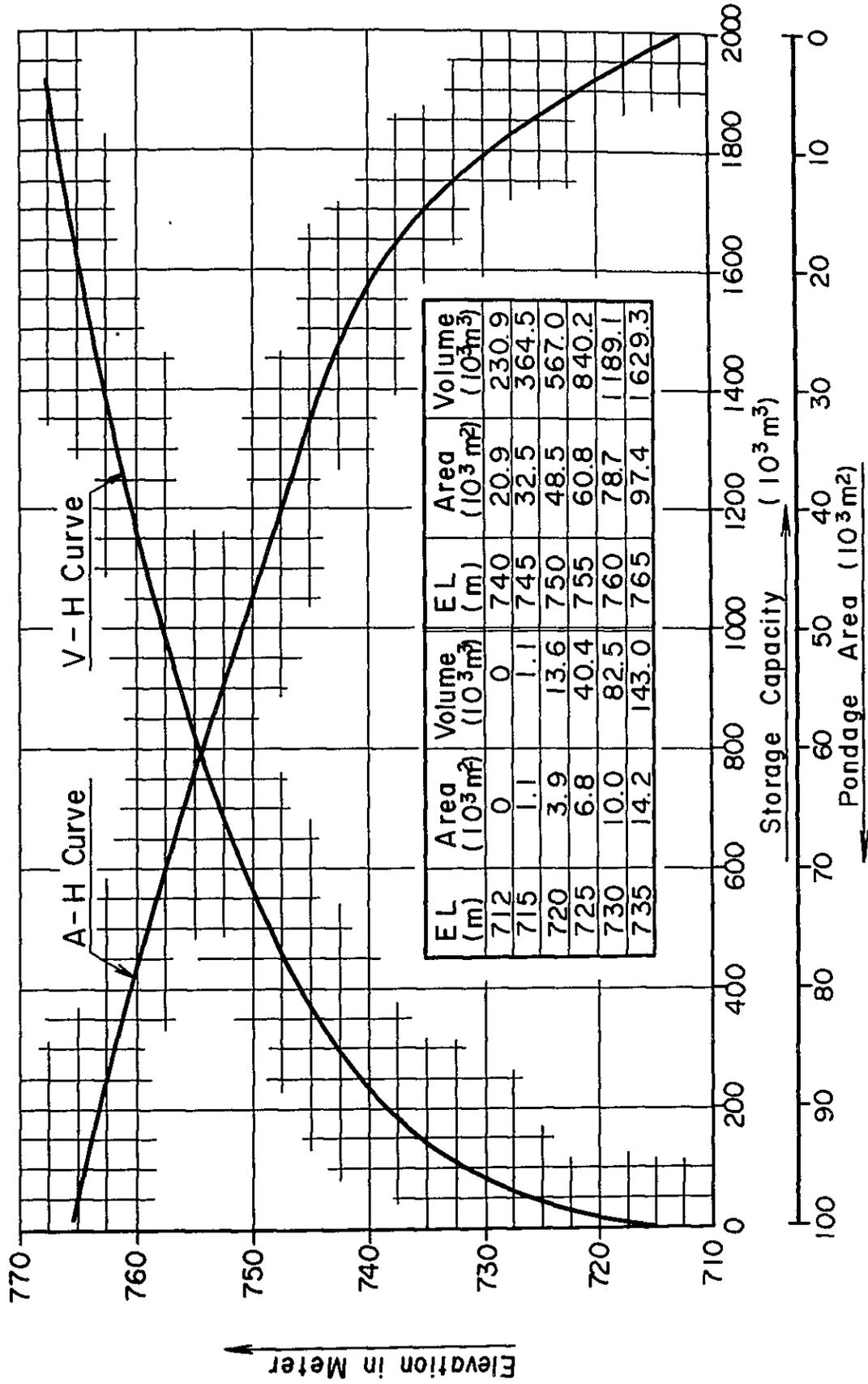
	常時電力量 10^6 kWh	特殊電力量 10^6 kWh
C-2 発電所	624	6.0
C-3 発電所	988	204.0
計	1,612	210.0

4.7 水車形式および台数

Santa 河は流水中に多量の浮遊土砂を含み、その成分は珪質が多くしかも硬度が高く、これによる水車の磨耗が激しい。したがって水車形式および台数の選定には水車の保守、修理を考慮して経済比較を行いC-2発電所はフランス水車、C-3発電所はベルトン水車を採用した。

また、台数については、これらの出力から2台または3台が妥当であり、今回は Santa 河の水質による水車の保守および系統運用を考慮していずれも3台案を採用した。なお、水車形式および台数の選定についてAppendix-A. 3に詳細説明されている。

Fig.- III.4.1 Pondage Surface Area and Storage Capacity Curves of C-3 Pondage



10

10

10

10

Fig.-III.4.3 Sketch of Alternative Plan of C-3 Power Station

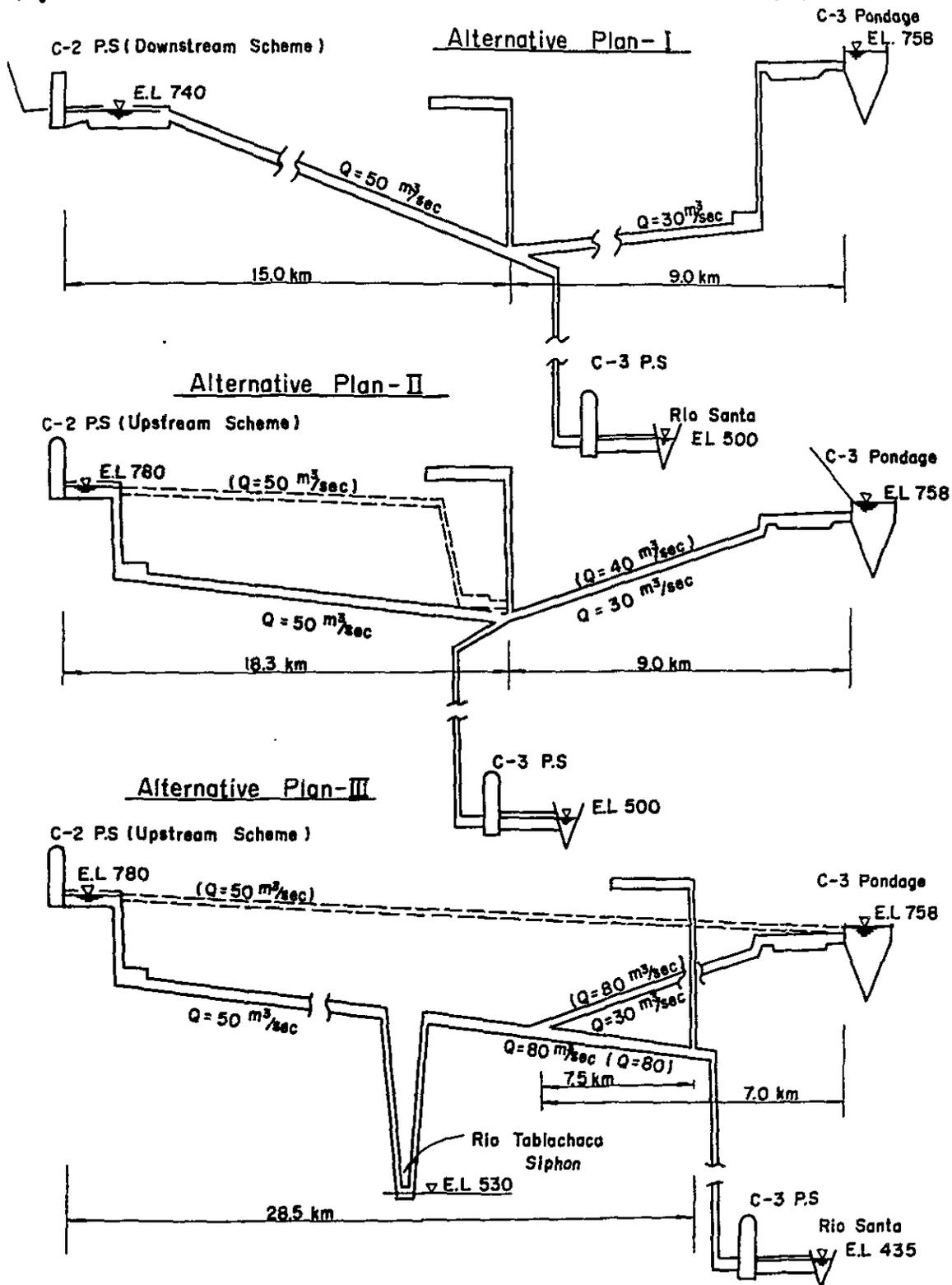


Table-III.4.1 Summary of Estimated Construction Cost of Alternative Plan of C-2 Power Station

Item	Unit	Downstream Scheme		Upstream Scheme
		Francis Turbine	Pelton Turbine	Francis Turbine
Max. Power Discharge	m ³ /sec	50	50	50
Effective Head	m	206	203	167
Installed Capacity	KW	88,600	85,300	72,000
Construction Cost	10 ⁶ US\$			
Connecting Structure	10 ⁶ US\$	1.50	1.50	1.50
Headrace Tunnel	10 ⁶ US\$	71.68	71.68	54.19
Intake Structure (Rio Manta)	10 ⁶ US\$	1.08	1.08	1.08
Surge Tank	10 ⁶ US\$	1.48	1.48	1.48
Penstock	10 ⁶ US\$	4.05	4.05	2.63
Powerhouse	10 ⁶ US\$	4.00	4.40	6.57
Tailrace	10 ⁶ US\$	2.60	2.60	2.41
Switchyard	10 ⁶ US\$	0.60	0.60	1.20
Miscellaneous Works	10 ⁶ US\$	8.70	8.74	7.10
Sub-Total	10 ⁶ US\$	95.69	96.13	78.16
Over Head	10 ⁶ US\$	33.49	33.65	27.35
Electrical Equipment	10 ⁶ US\$	18.27	29.12	17.25
Transmission Line	10 ⁶ US\$	10.40	10.40	10.40
Total	10⁶US\$	153.85	169.30	133.16

Table-III.4.2 Summary of Estimated Construction Cost of Alternative Plan of C-3 Power Station

Item	Unit	Alternative Plan-I		Alternative Plan-II		Alternative Plan-III	
		I - A	I - B	II - A	II - B	III - A	III - B
		Francis Turbine	Felton Turbine	Non-Pressure Tunnel	Pressure Tunnel	C-2 → C-3	C-2+Pondage→C-3
Max. Power Discharge	m ³ /sec	80	80	80	80	80	80
Effective Head	m	215	212	236	236	299	299
Installed Capacity	KW	148,000	142,000	158,000	158,000	199,000	199,000
Construction Cost	10 ⁶ US\$						
Dam, Intake & Sedimentation Basin	10 ⁶ US\$	13.15	13.15	14.31	12.63	12.63	18.33
Headrace Tunnel	10 ⁶ US\$	92.29	92.29	104.46	105.24	160.89	194.01
Surge Tank	10 ⁶ US\$	2.00	2.00	2.10	2.10	2.46	2.46
Penstock	10 ⁶ US\$	3.89	3.78	4.54	4.54	5.51	5.51
Powerhouse	10 ⁶ US\$	13.05	17.75	18.78	18.78	22.72	22.72
Switchyard	10 ⁶ US\$	0.90	0.90	1.00	1.00	1.20	1.20
Connecting Tank	10 ⁶ US\$	2.07	2.07	2.83	2.83	2.83	1.00
Tailrace	10 ⁶ US\$	5.33	5.33	5.33	5.33	3.00	3.00
Miscellaneous Works	10 ⁶ US\$	13.27	13.73	15.36	15.26	21.12	24.82
Sub-Total		145.95	151.00	168.71	167.71	232.36	273.05
Over Head	10 ⁶ US\$	51.08	52.85	59.05	58.69	81.33	95.57
Electrical Equipment	10 ⁶ US\$	31.51	43.24	44.28	44.28	53.57	53.57
Transmission Line	10 ⁶ US\$	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60
Total	10 ⁶ US\$	231.14	249.69	274.64	273.28	369.86	424.79

Table-III.4.3 Comparison of Alternative Plan of C-2 and C-3 Hydropower Projects

Item	Unit	C-3 Power Station						C-2 Power Station			Upstream Scheme
		Alternative Plan-I		Alternative Plan-II		Alternative Plan-III		Downstream Scheme		Francis Turbine	
		I - A	I - B	II - A	II - B	III - A	III - B	Francis Turbine	Pelton Turbine		
Maximum Power Discharge	m ³ /sec	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	50.00	50.00	50.00	50.00
Average Power Discharge	m ³ /sec	68.9	68.9	68.9	68.90	68.90	68.90	49.80	49.80	49.80	49.80
Firm Discharge(with Recreta)	m ³ /sec	57.10	57.10	57.10	57.10	57.10	57.10	49.60	49.60	49.60	49.60
" (without Recreta)	m ³ /sec	44.50	44.50	44.50	44.50	44.50	44.50	37.00	37.00	37.00	37.00
Gross Head	m	240	240	254	254	319	319	225	225	225	185
High Water Level	m	740	740	754	754	754	754	965	965	965	965
Tailrace Water Level	m	500	500	500	500	435	435	740	740	740	780
Effective Head	m	215	212	235	235	296	296	203	200	200	167
Load Factor (Average)	%	86.1	86.1	86.1	86.1	86.1	86.1	86.1	100	100	100
" (Firm)	%	71.4	71.4	71.4	71.4	71.4	71.4	99.0	99.0	99.0	99.0
Installed Capacity	KW	148,000	142,000	158,000	158,000	199,000	199,000	87,300	84,000	84,000	72,000
Available Capacity	KW	148,000	142,000	158,000	158,000	199,000	199,000	87,300	84,000	84,000	72,000
Sealable Energy Production	10 ⁶ KWh	879	843	939	939	1,182	1,182	719	692	692	593
Construction Cost	10 ⁶ US\$	231.14	249.69	274.64	273.28	369.86	424.79	153.85	169.30	169.30	133.16
Construction Cost per KWh	US\$/KWh	1,562	1,758	1,738	1,730	1,859	2,135	1,762	2,015	2,015	1,849
Construction Cost(C-2+C-3)	10 ⁶ US\$	385.00	419.00	407.80	406.44	503.02	557.95				
Annual Cost C (C-2+C-3)	10 ⁶ US\$	39.34	42.82	41.68	41.65	51.41	57.22				
Benefit B (C-2+C-3)	10 ⁶ US\$	54.08	51.80	51.92	52.06	60.45	60.45				
Benefit Cost Ratio (B/C)		1.375	1.210	1.246	1.253	1.176	1.056				
Annual Surplus Benefit (B-C)	10 ⁶ US\$	14.74	8.98	10.24	10.41	9.04	3.23				

第 5 章 予 備 設 計

5.1 土木構造物の予備設計

5.1.1 C-2 発電計画

C 発電計画は「第 4 章 発電計画」の検討結果から、以下に述べるように計画、設計された。C-2 発電所は、既にフィジビリティ・スタディが実施されている計画中の El Chorro 発電所の放水路末端近くの標高 965 m 地点より取水すると同時に、Santa 河の支流 Manta 川にも取水ダムを設け取水する。そして、延長 12.7 km の導水路トンネルで旧 Limeña 駅より下流 2.0 km の地点に設けられる地下発電所へ導水され、有効落差 167 m、最大使用水量 $50 \text{ m}^3/\text{sec}$ で、3 台の水車と発電機により最大 72,000 kW の発電を行う。Fig-Ⅱ. 5. 1 に計画一般平面図、および水路縦断面図を示す。

(1) Manta 川取水設備

Fig-Ⅱ. 5. 2 , Ⅱ. 5. 4 に示されるように Manta 川取水設備は、Manta 川の標高 982 m 付近に高さ 12.5 m、堤頂長 62 m のコンクリート取水堰を設ける。堰本体の左岸側に取水口を設け、最大 $2.4 \text{ m}^3/\text{sec}$ を取水し、取水口に直結して設ける幅 5.0 m、長さ 40.0 m、深さ 4.0 m の沈砂池へ導水する。また、取水口に隣合わせて排砂ゲートを設ける。取水ダムの越流部はゲートを設けない坊主型とする。

沈砂池には $1.0 \times 1.0 \text{ m}$ の土砂吐ゲートおよび幅 5.0 m の余水吐を設ける。

沈砂池より高さ 2.5 m、幅 2.0 m、延長 87.5 m の水路を経て、調整水室を兼ねている直径 5.0 m、延長 250.0 m の導水トンネルへと連絡され、El Chorro 発電所放水口より設けられる本導水路と結ばれている。

(2) 連絡水槽

連絡水槽は El Chorro 発電所放水路トンネルの末端近くに設けられ、同発電所の発電放流水を取水調整すると同時に Manta 川より取水した水の合流設備となるものである。

El Chorro 発電所の放水路トンネルと C-2 発電所用の導水路トンネルとの連絡部は Fig-Ⅱ. 5. 2 , Ⅱ. 5. 3 に示す通り長さ 50.0 m の越流部と $5.0 \times 5.0 \text{ m}$ のゲートにより構成されている。また、越流部より C-2 発電所側よりの 120 m 地点に、Manta 川取水ダムからの導水路トンネルが合流している。

(3) 導水路トンネル

導水路トンネルは最大通水量 $50 \text{ m}^3/\text{sec}$ の圧力トンネルとし、トンネルの形状は円形とする。その経済的断面寸法は、トンネル工事費による年間経費と、損失水頭による年間便益との和が最小となるものを選定し内径 4.8 m とした。

導水路トンネルの経過地の地質は、3. 2. 2 項で述べているように珪岩を主とする Chimu

累層が大部分を占めているが、C-2 発電所地点に花崗閃緑岩また Estación Limeña 付近に石炭層の挟在している所もある。導水路トンネルのルートは、前述の地質状況そして必要かつ十分なトンネル土被りの厚さ、作業横坑の長さとお口数、作業工程などを考慮して選定した。

導水路トンネルの延長は 12.7 km であり、全長にわたって鉄筋コンクリートの巻立を行うと共に、モルタル注入および高圧グラウトを全長にわたって行う。(Fig- Ⅲ. 5. 1 参照)

(4) 調圧水槽

導水路トンネル(圧力式)の始点から発電所地点までの距離は 12.7 km である。このため、鉄管路始点に調圧水槽を設ける必要がある。調圧水槽の形式は、この地点の地形および地質状況を考慮して水室型調圧水槽とする。Fig- Ⅲ. 5. 6 にも示すようにその構造は高さ 67.0 m、内径 8.2 m の円形とし上部に長さ 110.0 m の水平のトンネル式水室を設けるものとする。

水槽付近の地質は、花崗閃緑岩なので構造物は鉄筋コンクリート造としモルタル注入および高圧グラウトを全長にわたって行う。

(5) 水圧管路

水圧管路の形式は設置場所の地形および地質を考慮して地下式とする。Fig- Ⅲ. 5. 6 からも判るように水圧管路は内径 4.8 ~ 3.0 m の 1 条とし、発電所の直前で分岐管にて 3 条に分岐される。なお、管胴材料は経済性を考慮して高張力鋼を採用するものとする。

(6) 発電所および屋外開閉所

Fig- Ⅲ. 5. 5 , Ⅲ. 5. 7 に示すように、発電所は地形および地質を考慮して地下式構造とし、幅 12.0 m、高さ 29.0 m、長さ 62.0 m の鉄筋コンクリート造とする。ドラフト管はエルボ型とし、その出口にはドラフトゲート 3 門を設ける。

開閉所は屋外式とし、放水口の直上流の右岸の山腹斜面を切取って設けられる。(Fig- Ⅲ. 5. 5 参照)

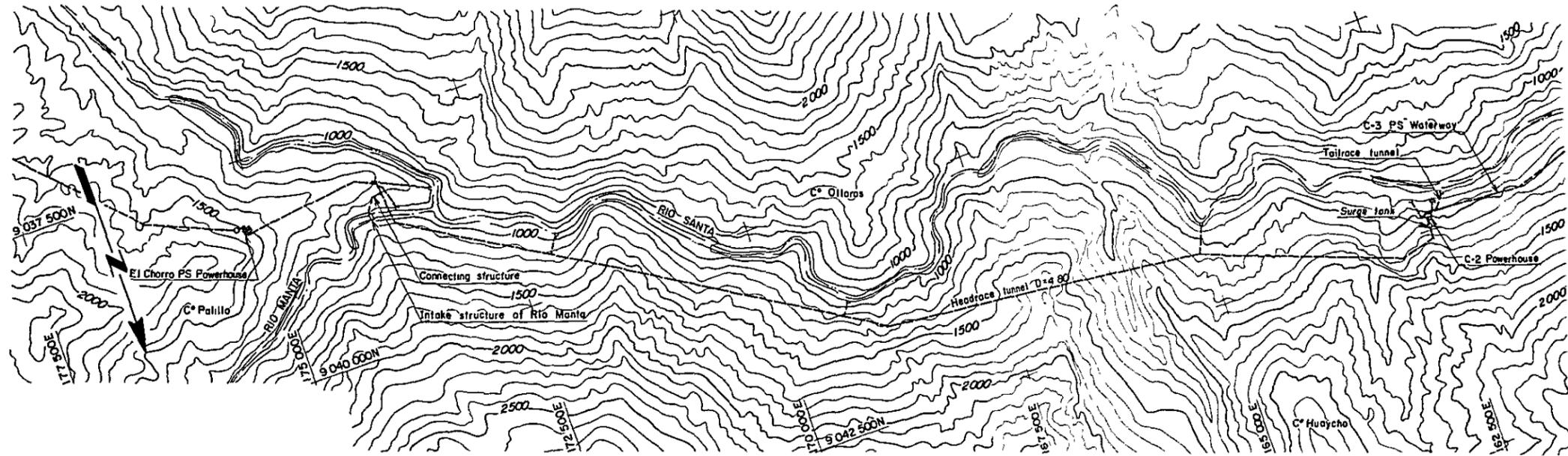
(7) 放水路トンネル

放水路トンネルは直径 5.0 m の馬蹄形とし、その延長は 240 m である。(Fig- Ⅲ. 5. 6 参照)

(8) 工事工程

C-2 発電所の工事期間は工事の規模、構造物の配置および地域条件を考慮して検討した結果、4 ヶ年程度必要となろう。大略工事工程を Fig- Ⅲ. 5. 8 に示す。

PLAN



PROFILE

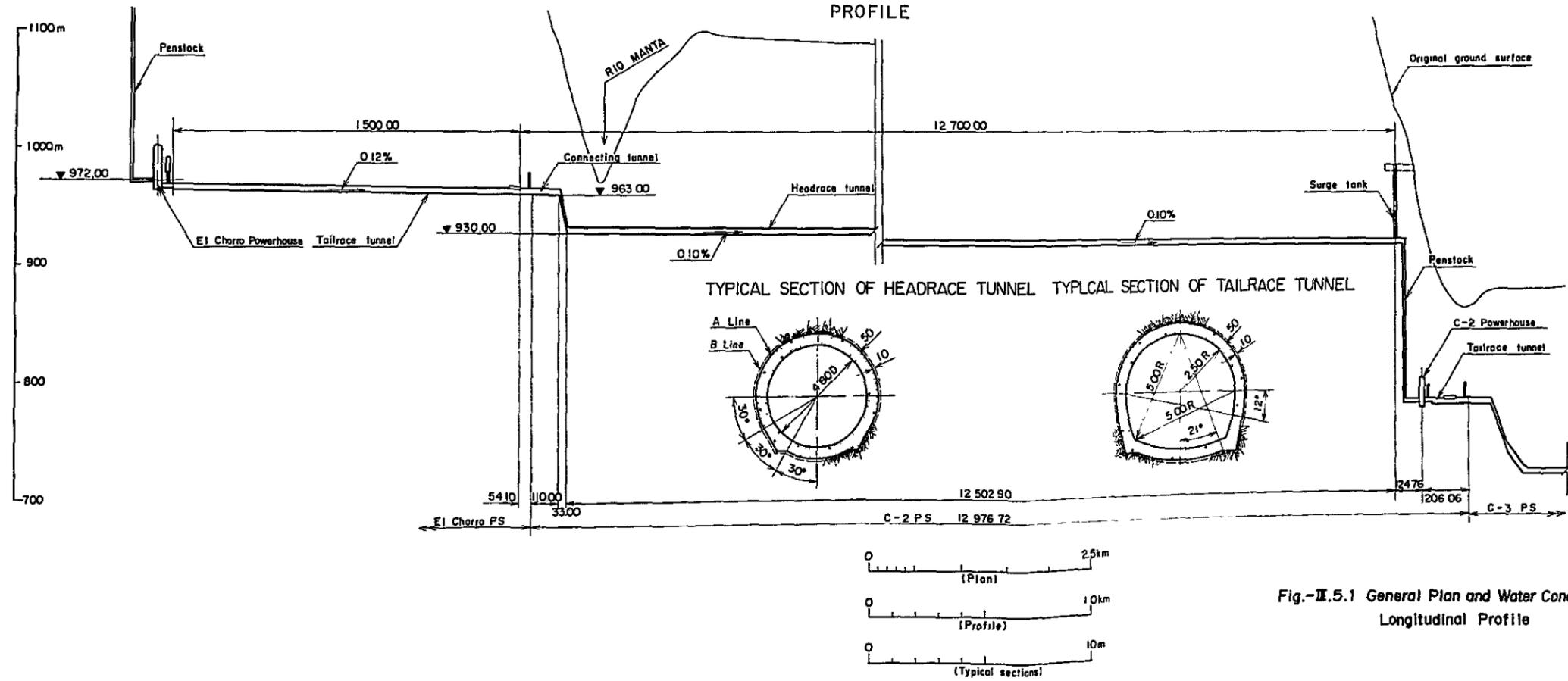


Fig.-II.5.1 General Plan and Water Conductor (C-2) Longitudinal Profile

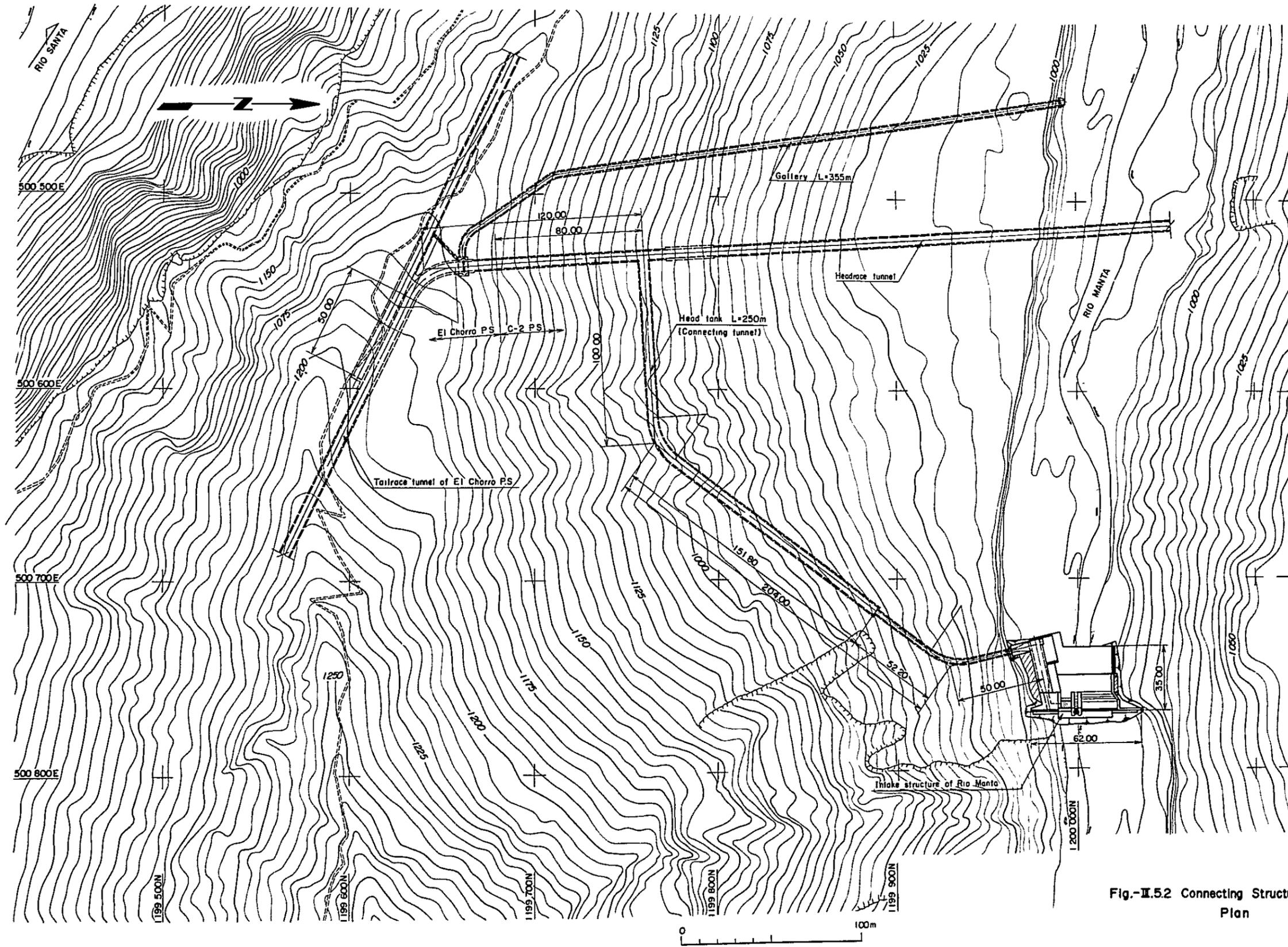


Fig.-II.52 Connecting Structure (C-2)
Plan

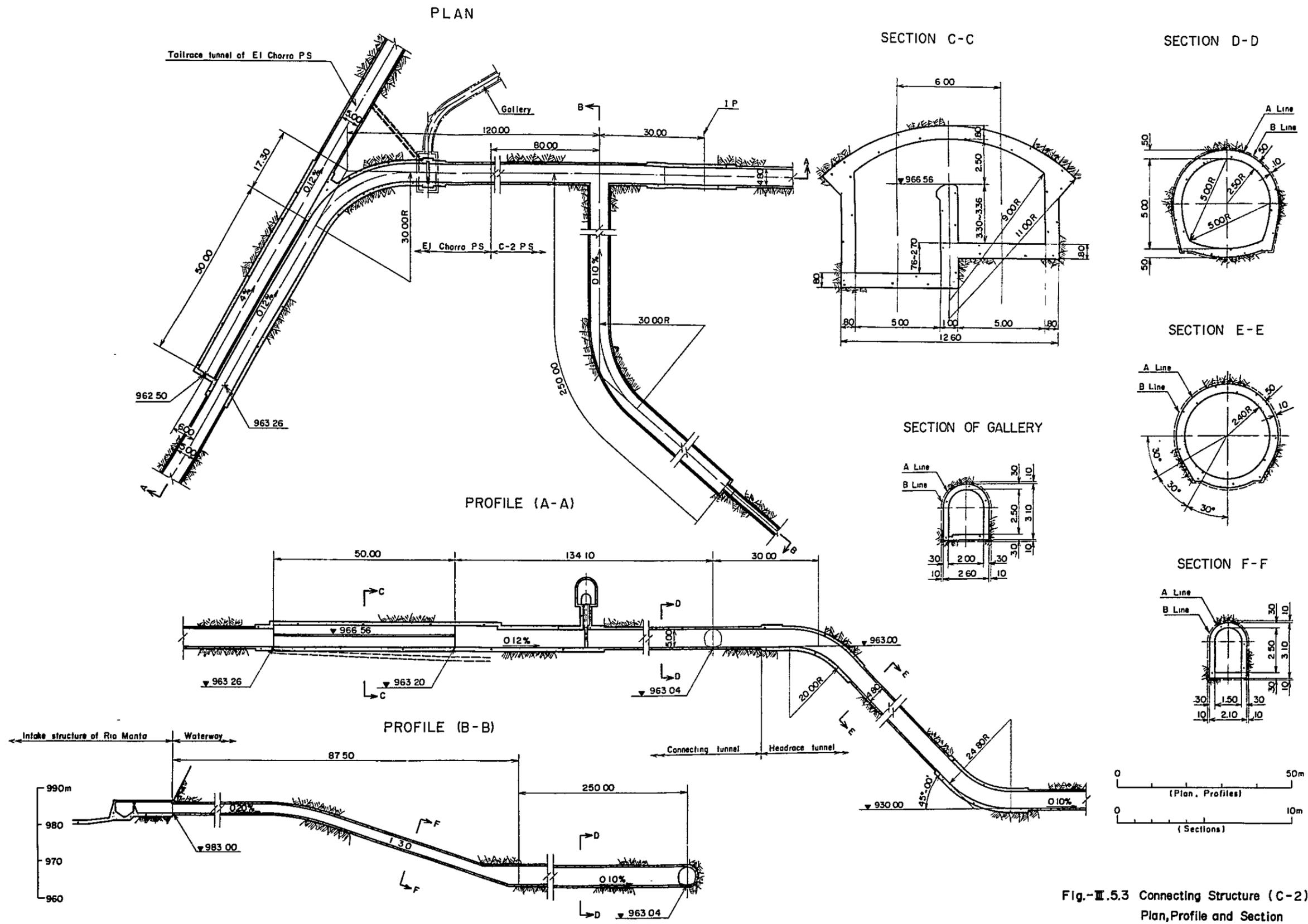


Fig.-III.5.3 Connecting Structure (C-2)
Plan, Profile and Section

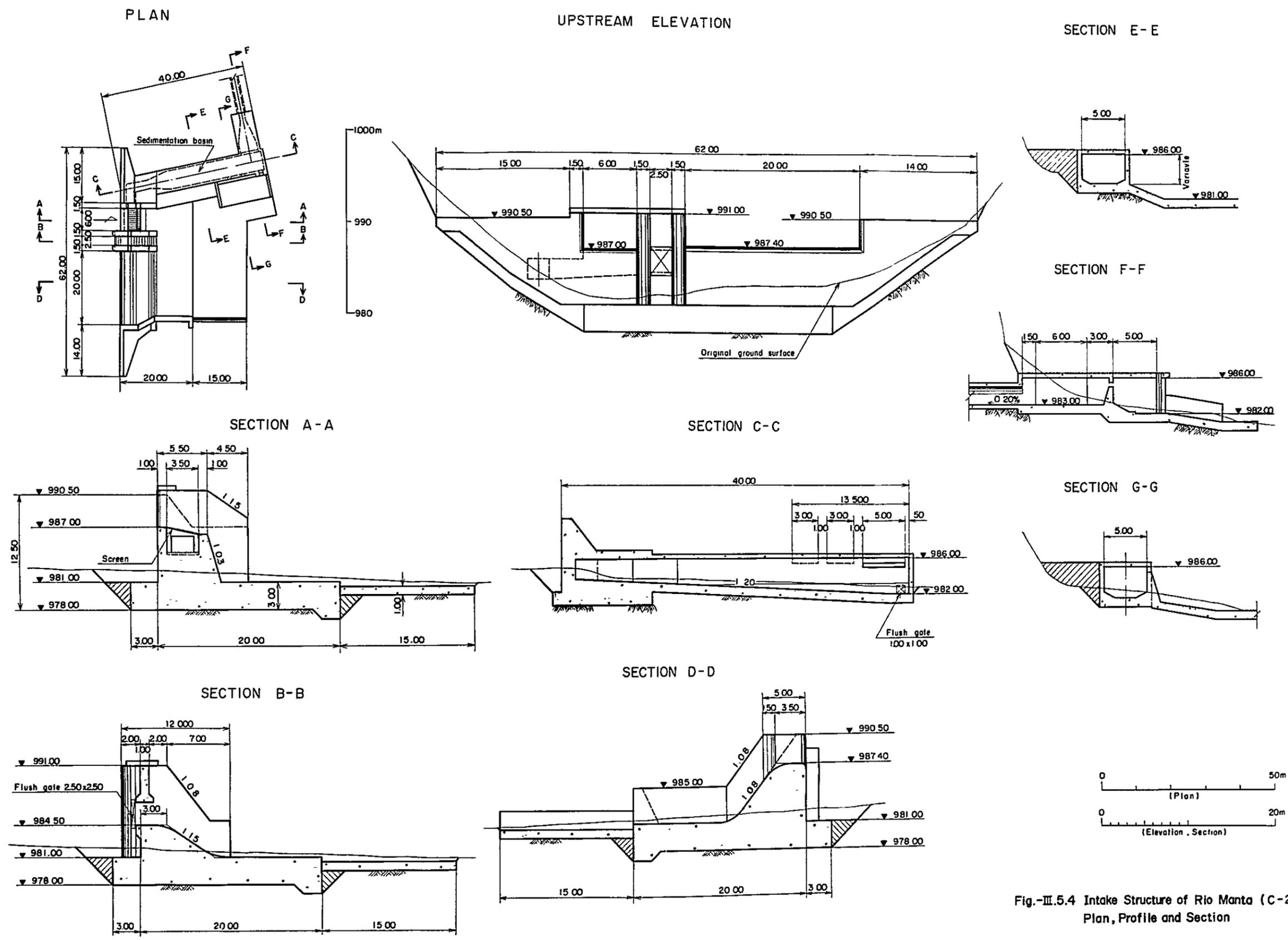
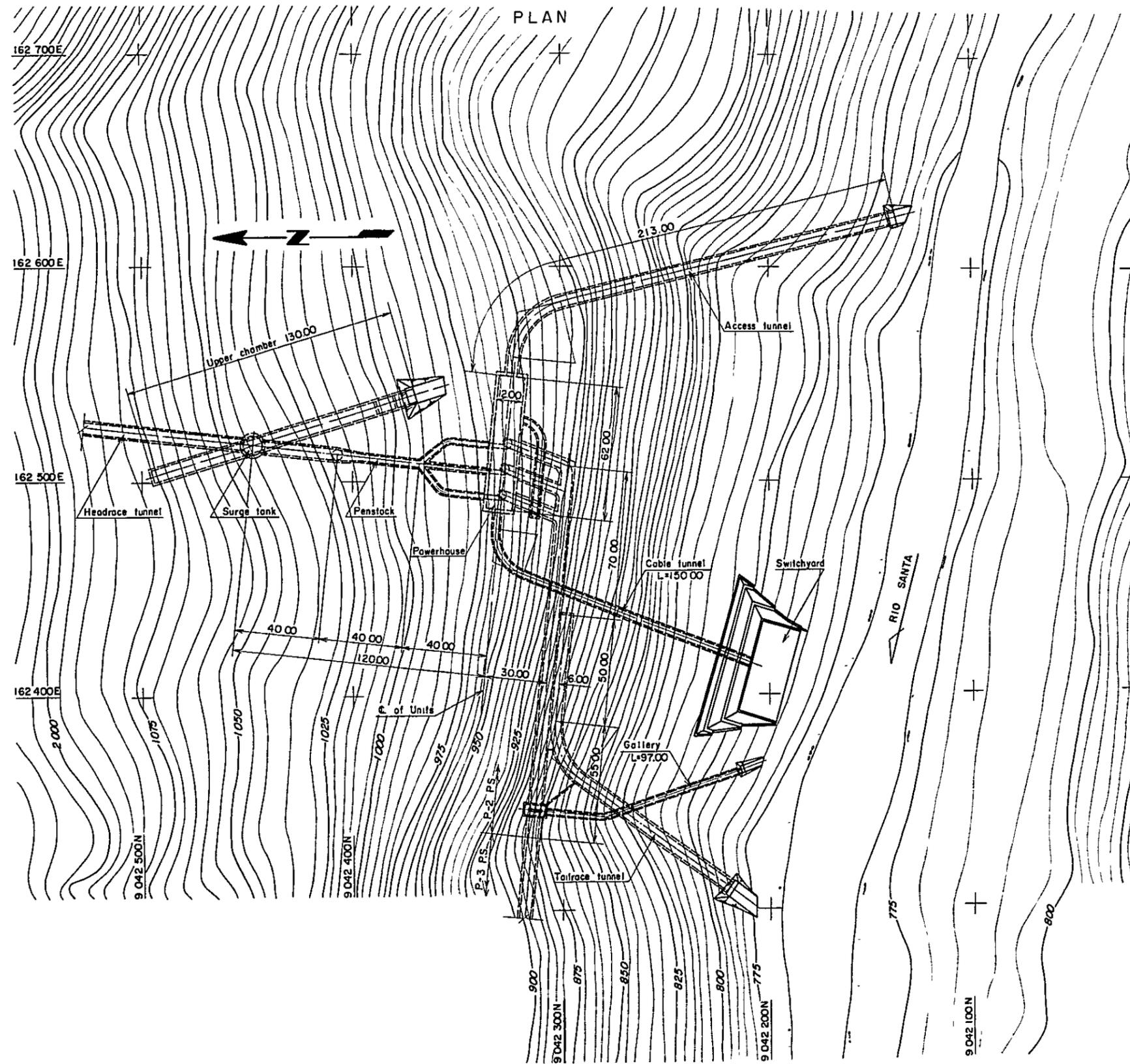
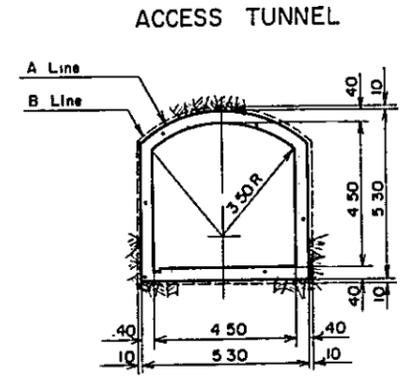


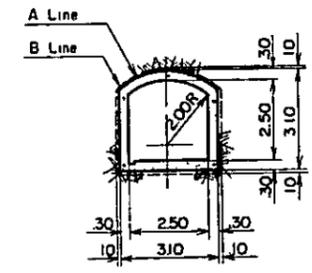
Fig.-III.5.4 Intake Structure of Rio Manta (C-2)
Plan, Profile and Section



TYPICAL SECTION



CABLE TUNNEL



GALLERY

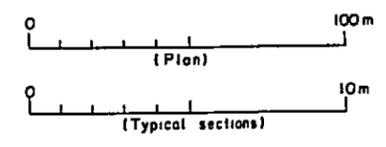
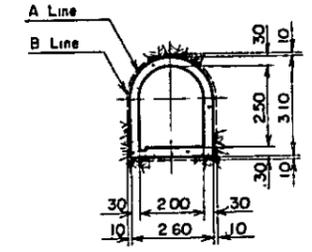


Fig-III55 Power Station Area (C-2)

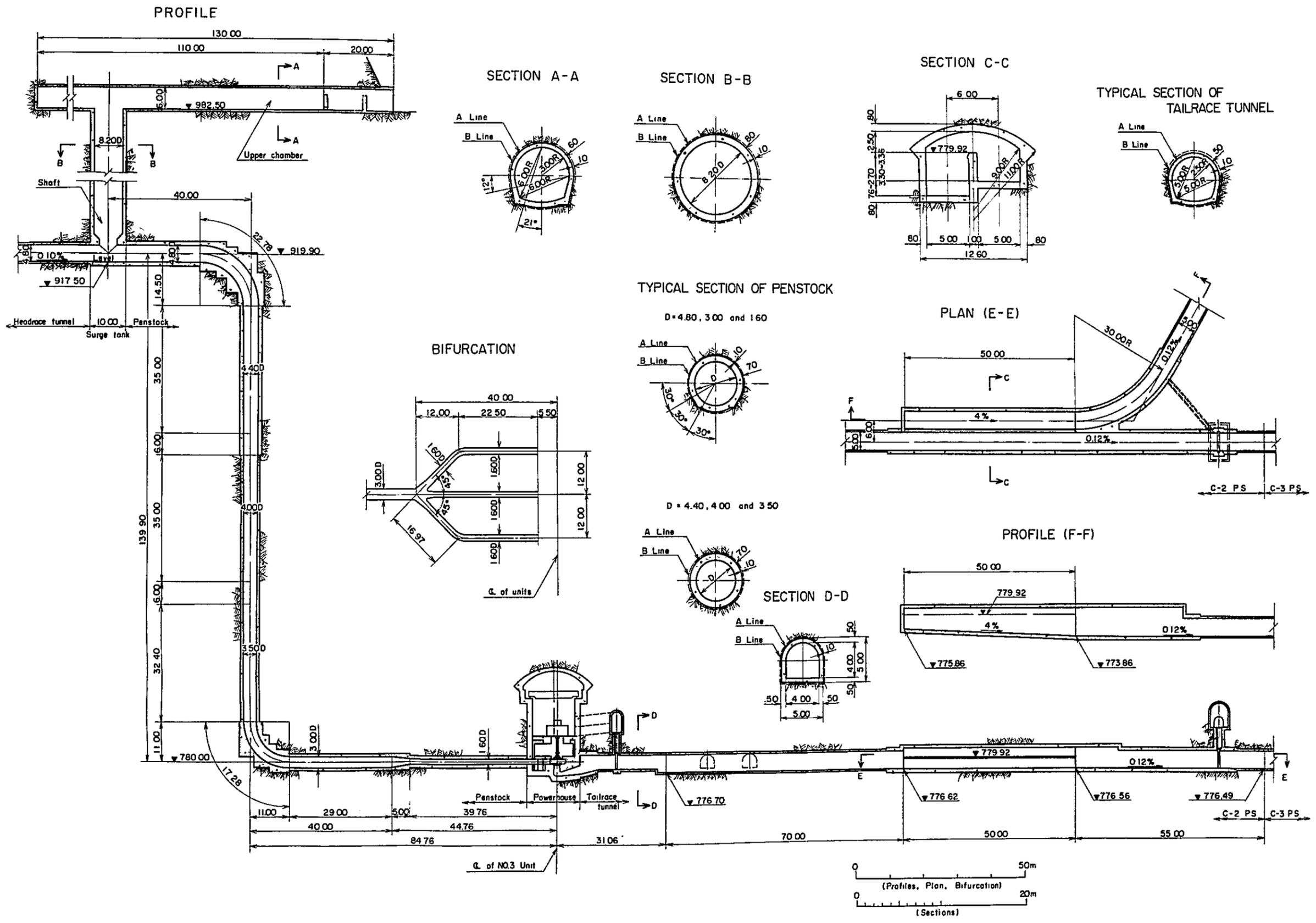
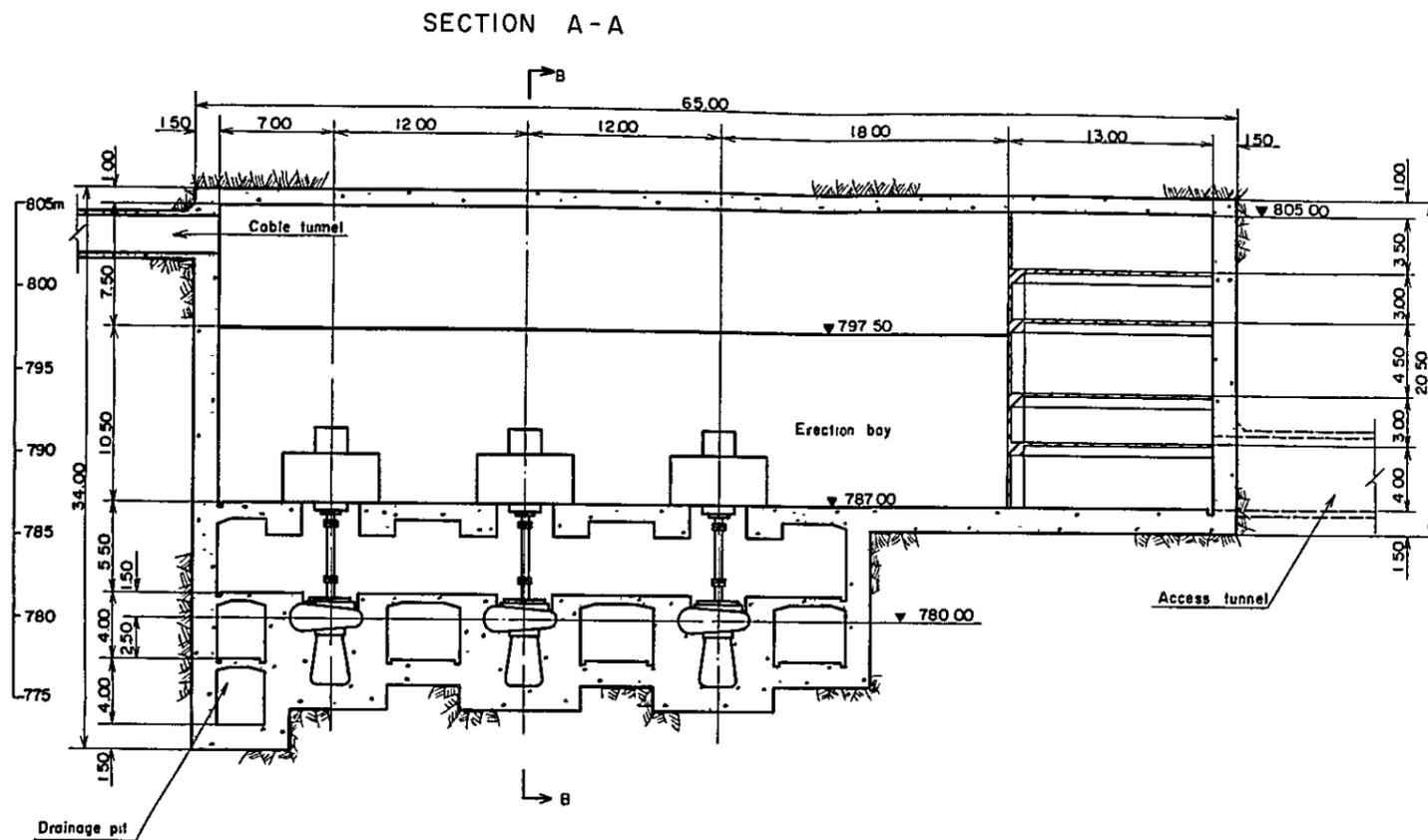
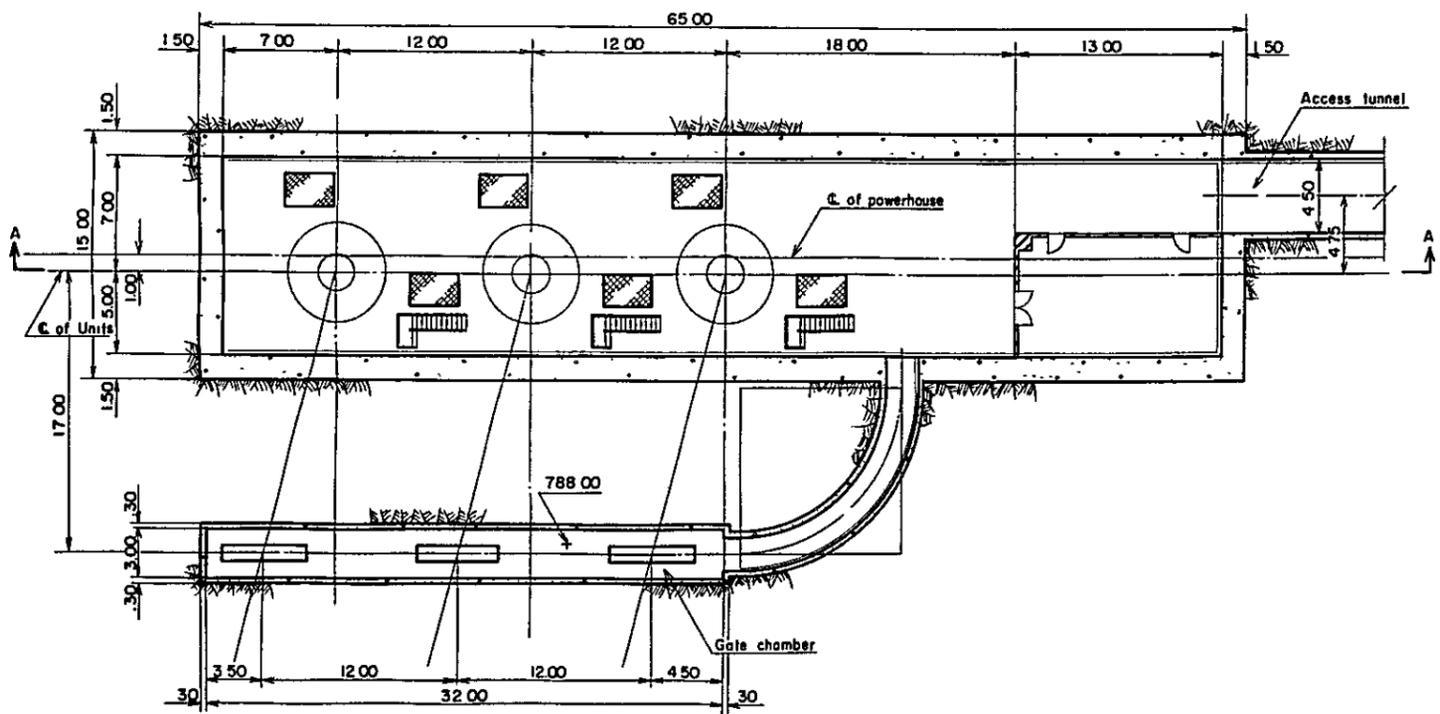


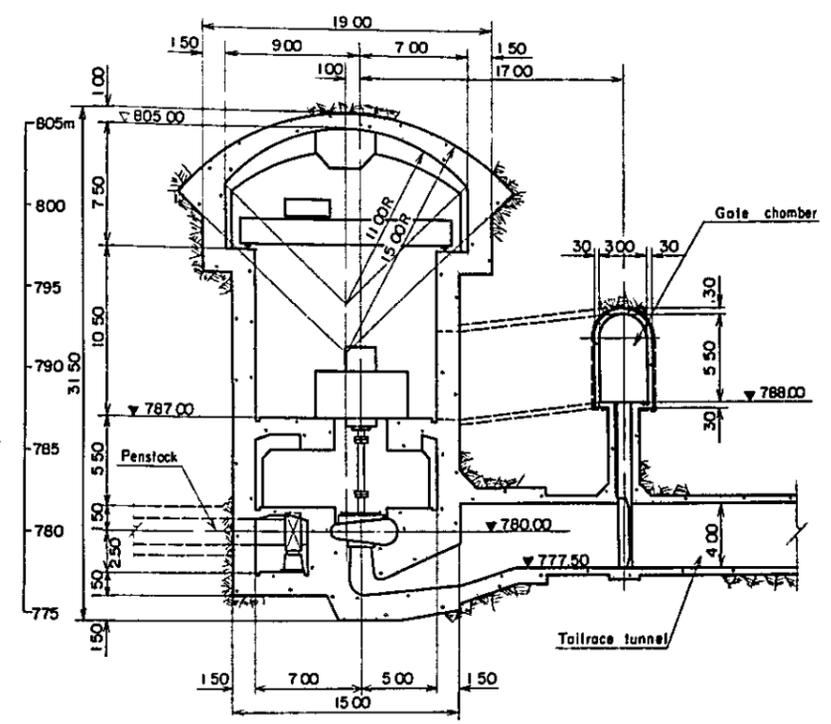
Fig. - III-5.6 Surge Tank, Penstock, Powerhouse and Tailrace Tunnel (C-2), Profile and Section



PLAN OF EL 787 00m



SECTION B-B



PLAN OF EL 780 00m

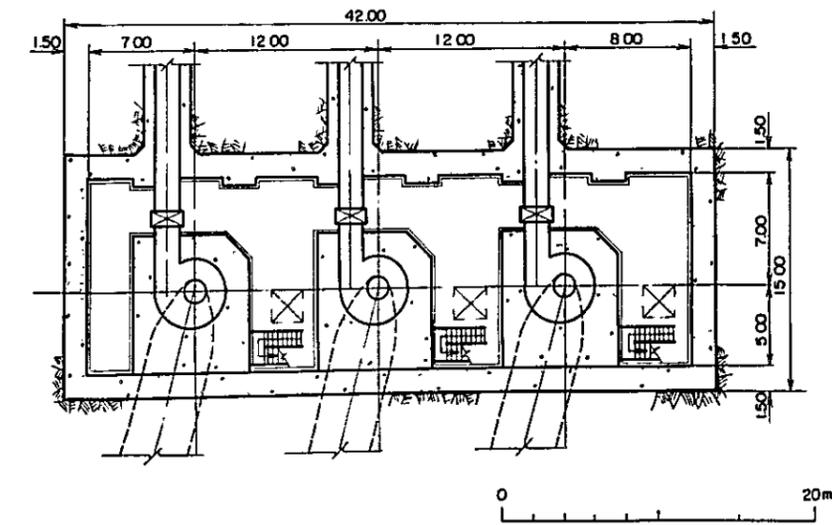


Fig.-III.5.7 Power House (C-2)
Plan, Profile and Section

1. The first part of the document is a list of names and titles.

2. The second part is a list of dates.

3. The third part is a list of locations.

4. The fourth part is a list of events.

5. The fifth part is a list of names.

6. The sixth part is a list of dates.

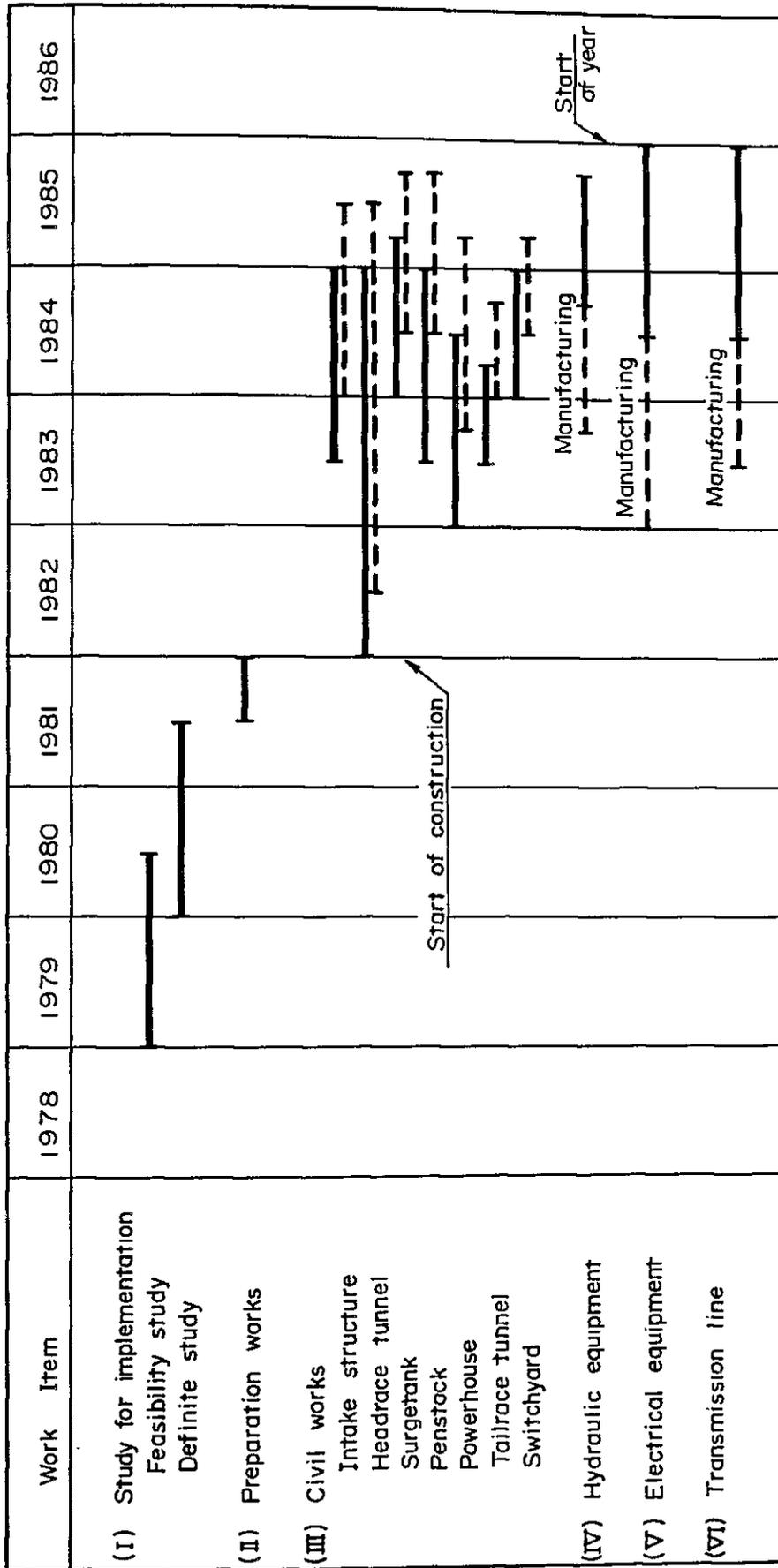
7. The seventh part is a list of names.

8. The eighth part is a list of dates.

9. The ninth part is a list of locations.

10. The tenth part is a list of events.

Fig.- III.5.8 Construction Schedule of C-2 Power Station



5.1.2 C-3 発電計画

C-3 発電所は、C-2 発電所の発電した水を取水し、延長 18.3km の導水路トンネルで、Santa 河と Tablachaca 川の合流点である Chuquicara 地点に導く。一方、Tablachaca 川の上流約 10km 地点の峡谷部に、有効貯水容量 650,000 m³を持つダムを築造し、このダムによって調整された水を延長 9.1 km の導水路トンネルで Chuquicara 地点へ導く。これらの水は合流し発電所へ導かれ、基準有効落差 235.0 m、最大使用水量 80.0 m³/sec で 3 台の水車と発電機により最大 158,000 kW の発電を行う。Fig-Ⅲ. 5. 9 に計画一般平面図、Fig-Ⅲ. 5. 10 に水路縦断面図を示す。

(1) C-3 調整池ダム

ダムサイトは良質な花崗閃緑岩で構成された V 字形をなす地形で、この地点に高さ 57.5 m 堤頂長 80.0 m のコンクリート重力式ダムを築造する。このダムにより有効貯水容量 650,000 m³を得る。

Fig-Ⅲ. 5. 11 に示すようにダム中央部に幅 45.0 m にわたりゲート装置をもたない溢流式洪水吐を設け、設計洪水量 1,100 m³/sec を流下させる。また、調整池内に流入する砂礫の排出のため、標高 725.0 m に 2.5 × 2.5 m の排砂用テントゲートを 2 門装備する。同時に標高 733 m の取水口前面にも 2.3 × 2.3 m の排砂用スルースゲートを 1 門設ける。

(2) 取水口

取水口は、左岸側のダム直上流に設ける。鉛直型取水構造で、前面に 1 : 0.3 の勾配を持つスクリーンを設け、最大 30 m³/sec を取水する。導水路トンネル入口にはトンネルの維持管理のためローラーゲート 1 門（幅 3.8 m、高さ 5.5 m）を設ける。（Fig-Ⅲ. 5. 11 参照）

(3) 沈砂池

沈砂池は取水口より約 40.0m の導水路トンネルで結ばれている。豊水期には、ダムに付属する排砂ゲートの操作により調整池水位を最低にして排砂を行いつつ取水することになるので、導水路トンネルに流入する水は多くの土砂を含むことになる。したがって、沈砂池はこれらの土砂を沈砂させ排砂する目的をもつ。

Fig-Ⅲ. 5. 12 に示すように沈砂池は幅 12.0m、高さ 11.2m、長さ 100.0 m の地下式構造物で 3 門の排砂ゲートを設けている。

(4) 連絡水槽

連絡水槽は C-2 発電所放水路トンネルに接続して設けられる。（Fig-Ⅲ. 5. 5 参照）その設備には、C-2 発電所よりの取水設備、余水吐ならびに混入気泡の除去のための設備が含まれている。この取水および余水吐の設備は、El Chorro 発電所と C-2 発電所の連絡水槽と全く同様で、長さ 50.0 m の越流部ならびに 5.0 × 5.0 m のゲートで構成されている。

C-3 発電所の負荷の変動または C-3 調整池の水位の変動により、C-2 発電所放水路と C-3 発電所導水路との連絡斜坑トンネル内の水位も上下し、C-2 発電所の放流水が流入す

る際に気泡が生ずるようになる。これらの気泡が圧力トンネル内へ連行されれば種々のトラブルの原因となるので、これらを除くため Fig- Ⅲ. 5. 13に示すように長さ 182.7 m, 径 5.0 ~ 10.5 m の鉄筋コンクリート構造の斜坑トンネル式気泡除去室を設ける。

(5) 導水路トンネル

C-3 発電所には 2つの導水路トンネルが設けられる。一つは C-3 調整池と発電所を結ぶもので、延長 9.1 km, 内径 3.8 m で最大通水量は 30.0 m³/sec である。もう一つは、C-2 発電所と C-3 発電所を結ぶもので、延長 18.3 km, 内径 4.8 m で最大通水量は 50.0 m³/sec である。

前者の経過地の地質は、全区間にわたり花崗閃緑岩か若しくは珪質閃緑岩により構成されており、後者は砂岩と頁岩の互層が殆どであり、一部花崗閃緑岩類と安山岩により構成されており、両者ともに大きな支障は考えられない。したがって、トンネルルートを選定にあたっては、既に 5. 1. 1 「C-2 発電計画」で述べている事項に留意して決定した。同様にモルタル注入や高圧グラウトも行う。(Fig- Ⅲ. 5. 10 参照)

(6) 調圧水槽

「(5) 導水路トンネル」の項でも述べているように C-3 発電所に対し夫々 9.1 km, 18.1 km の 2本の圧力トンネルが設けられる。このため、鉄管路の始点に調圧水槽を設ける必要がある。

調圧水槽の形式は、この地点の地形および地質状況を考慮して水室型調圧水槽とする。その構造は Fig- Ⅲ. 5. 15からも判るように、高さ 96.2 m, 内径 6.6 m の円形とし、上部に内径 6.0 m, 長さ 200 m, 下部に内径 4.8 m, 長さ 40.0 m の水平のトンネル式水室を設けるものとする。

水槽付近の地質は上部が安山岩、下部が花崗閃緑岩なので、構造物は鉄筋コンクリート造としモルタル注入および高圧グラウトを十分に全長にわたって行う。

(7) 水圧管路

水圧管路の形式は、設置場所の地形、地質を考慮して地下式とする。水圧管路は内径 4.8 m ~ 3.9 m 1 条とし発電所の直前で分岐管で 3 条に分岐され水車と結ばれている。1 本当りの延長は 325.0 m である。なお、管胴材料は経済性を考慮して高張力鋼を採用するものとする。

(Fig- Ⅲ. 5. 14, Ⅲ. 5. 15 参照)

(8) 発電所および屋外開閉所

発電所は地形および地質を考慮して地下式構造とし、幅 22.0 m, 高さ 33.0 m, 長さ 96.0 m の鉄筋コンクリート造とする。発電所の放水路始点には 3 門のドラフト・ゲートを設ける。また、搬入トンネルやケーブル・トンネルは地形、地質に合わせて設ける。(Fig- Ⅲ. 5. 16 Ⅲ. 5. 17 参照)

開閉所は Santa 河と Tablachaca 川に挟まれた台地に設ける。

(9) 放水路トンネル

放水路トンネルは直径5.5 mの馬蹄形とし、その延長は900 mである。(Fig-Ⅲ. 5. 14, Ⅲ. 5. 15参照)

00 工事工程

C-3 発電所の工事期間は工事の規模、構造物の配置および地域条件を考慮して検討した結果4ヶ年半程度必要となろう。大略工事工程を Fig-Ⅲ. 5. 18に示す。

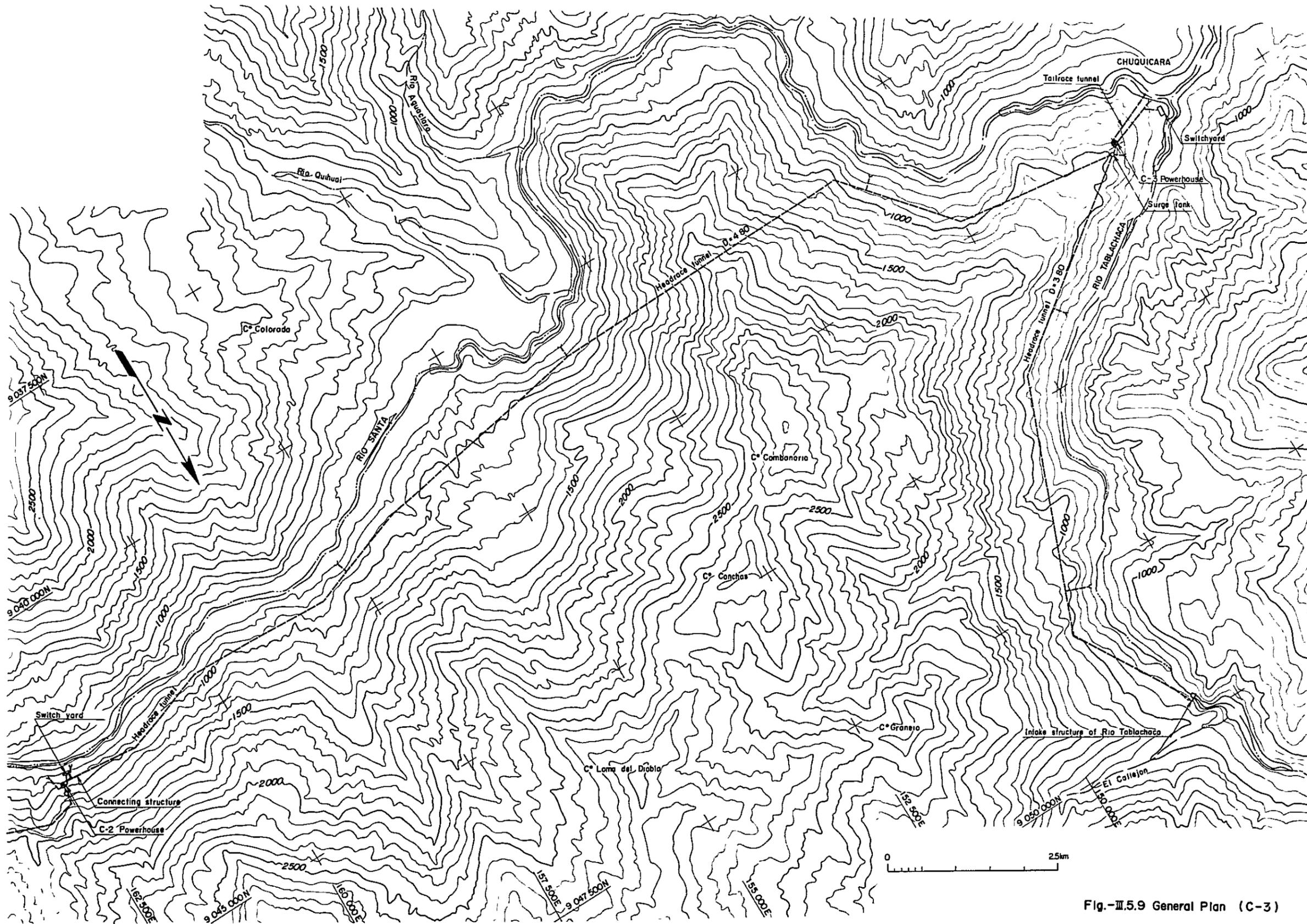


Fig.-III.5.9 General Plan (C-3)

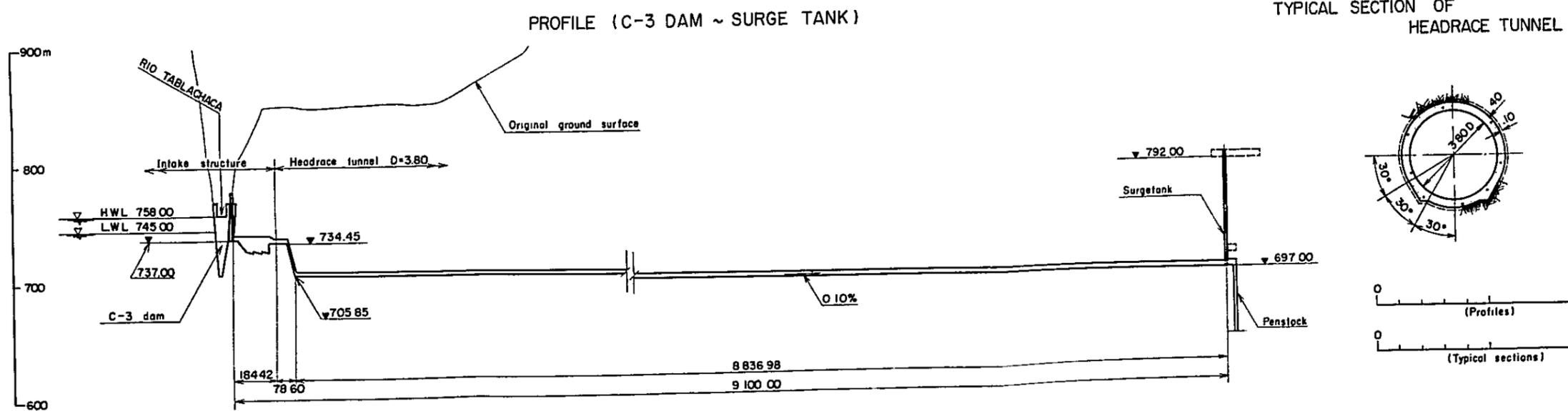
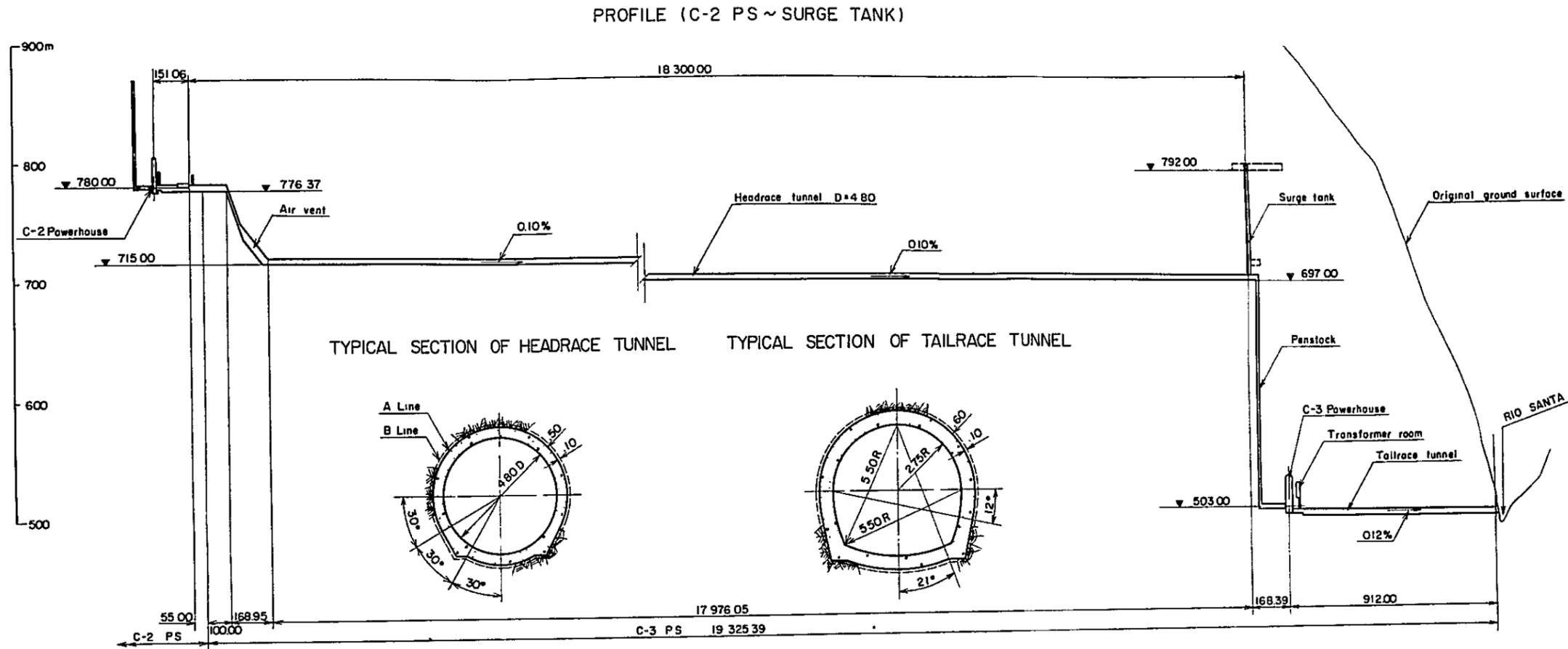


Fig.-II.5.10 Water Conductor (C-3) Longitudinal Profile

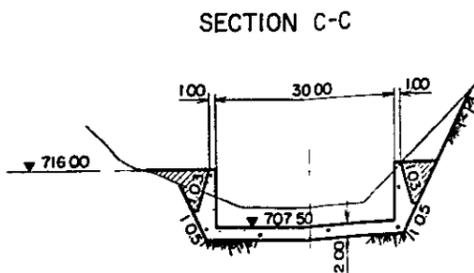
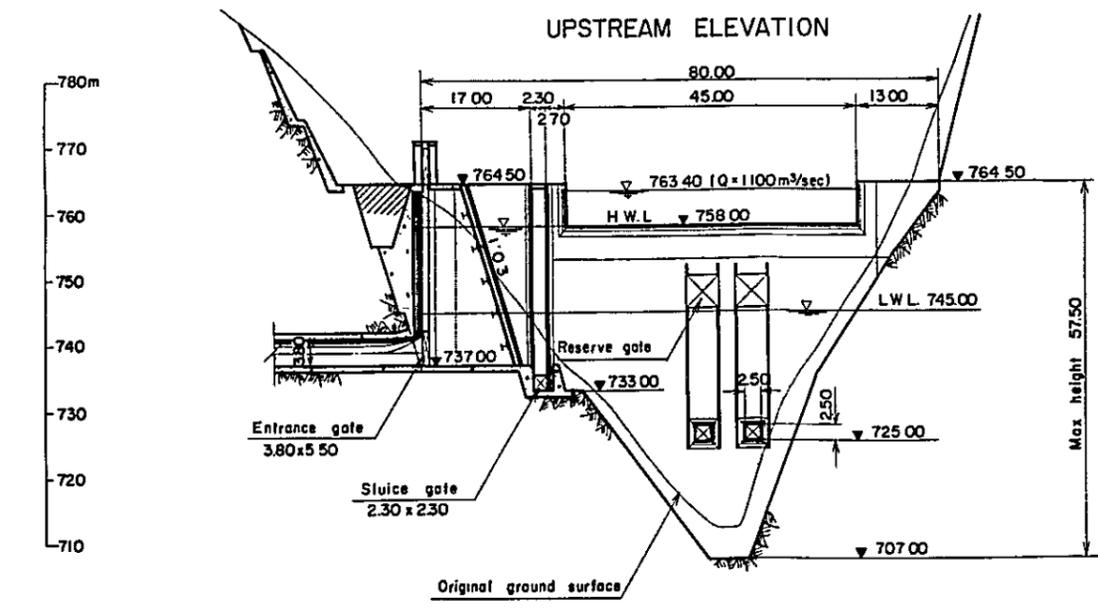
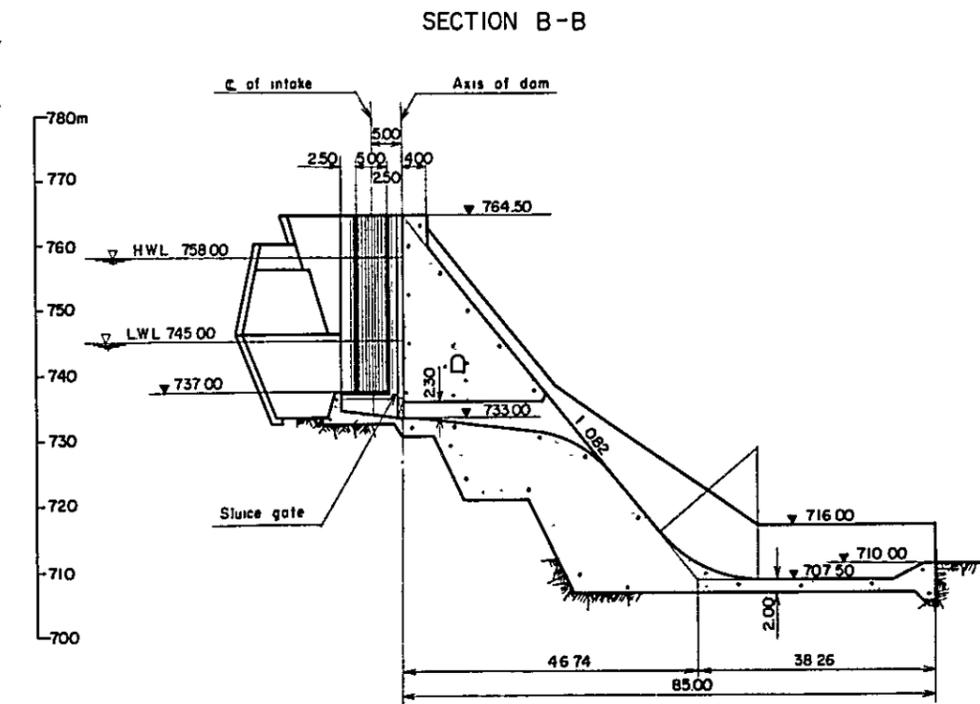
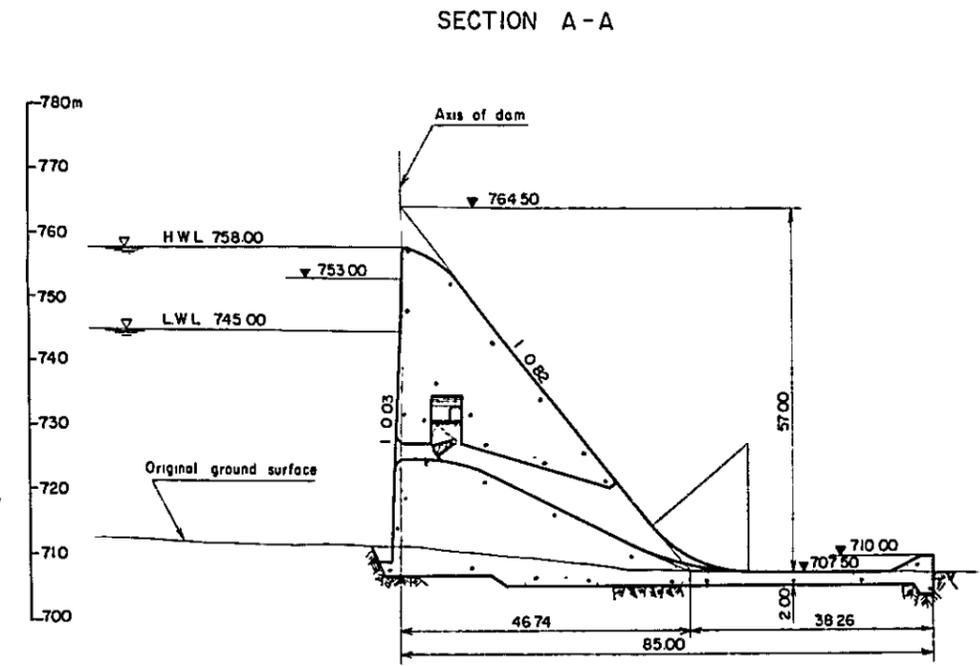
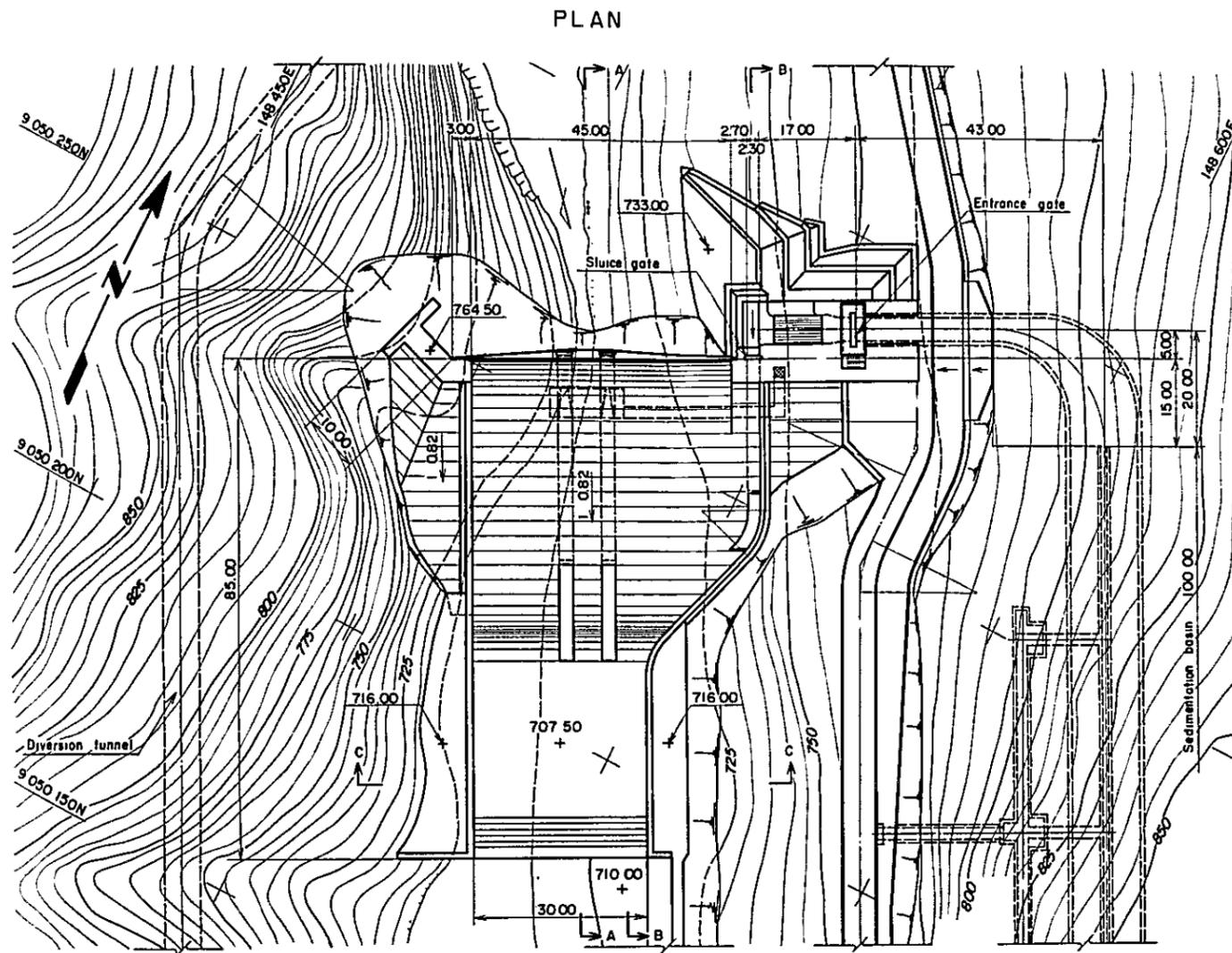


Fig.-II.5.11 Dam and Intake (C-3)
Plan, Profile and Section

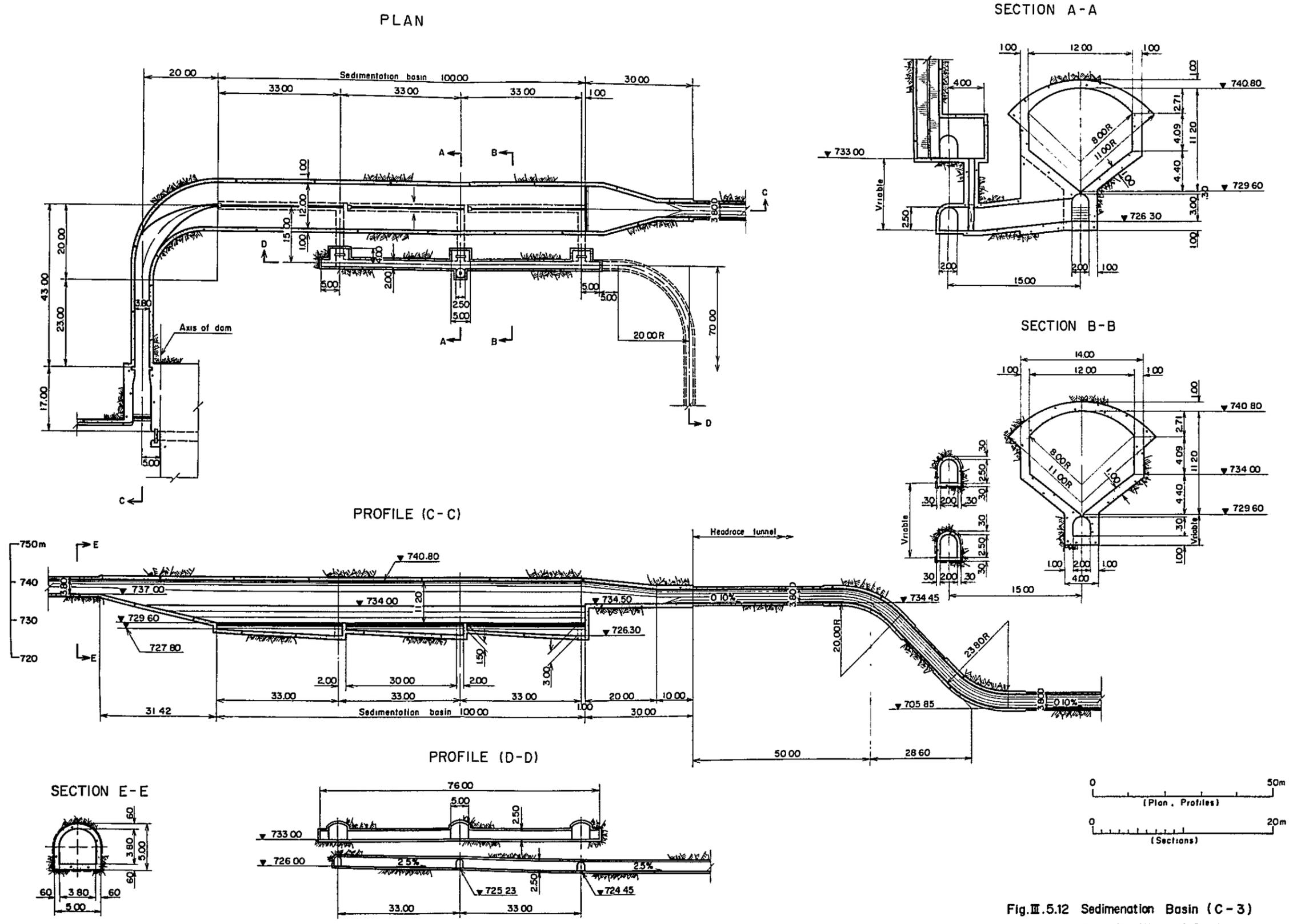
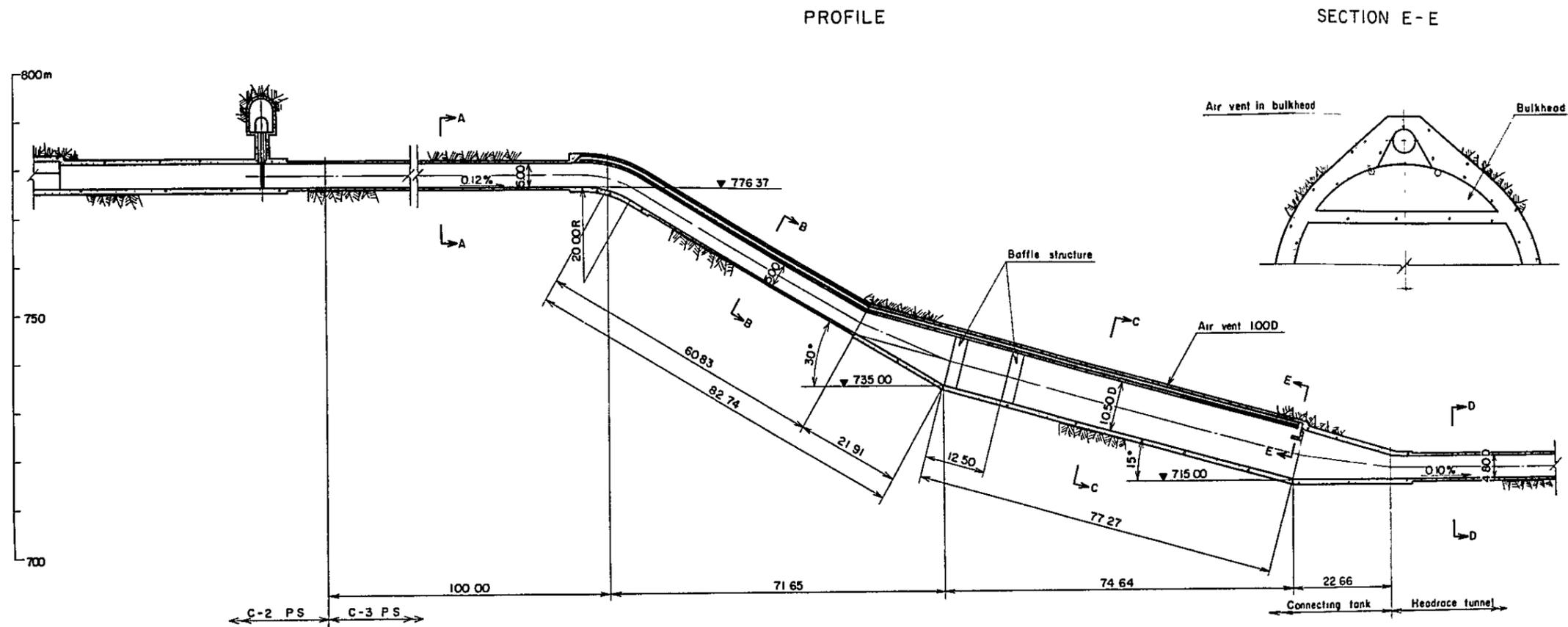


Fig. III.5.12 Sedimentation Basin (C-3)
Plan, Profile and Section



SECTION A-A

SECTION B-B

SECTION C-C

SECTION D-D

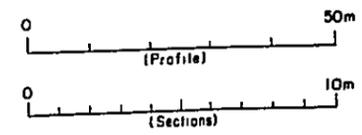
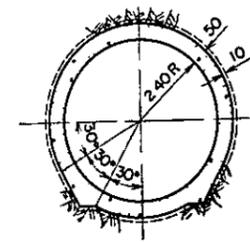
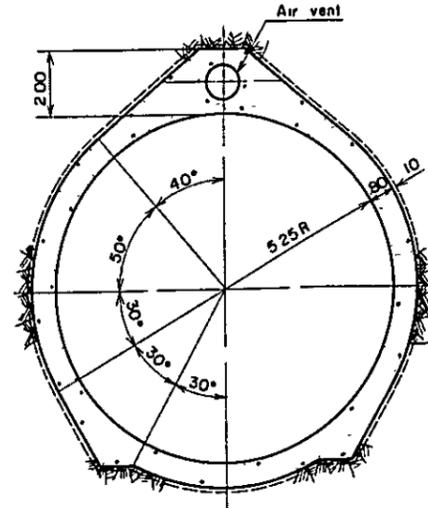
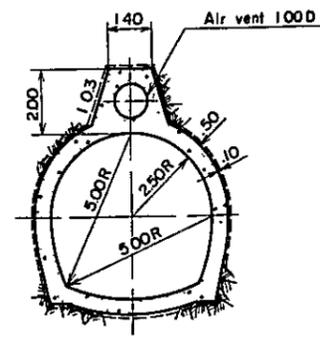
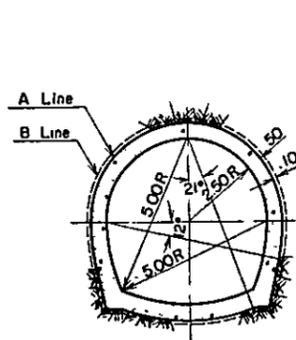


Fig.-III.5.13 Air Vent (C-3)
Profile and Section

PLAN - A

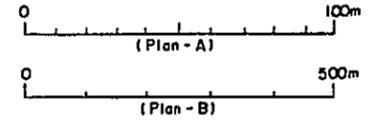
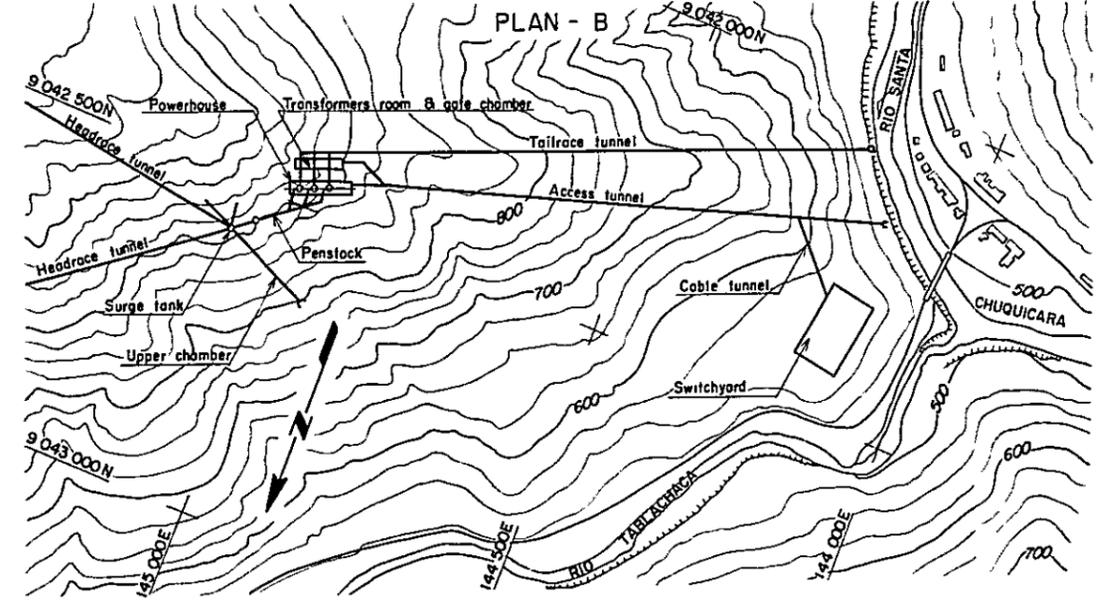
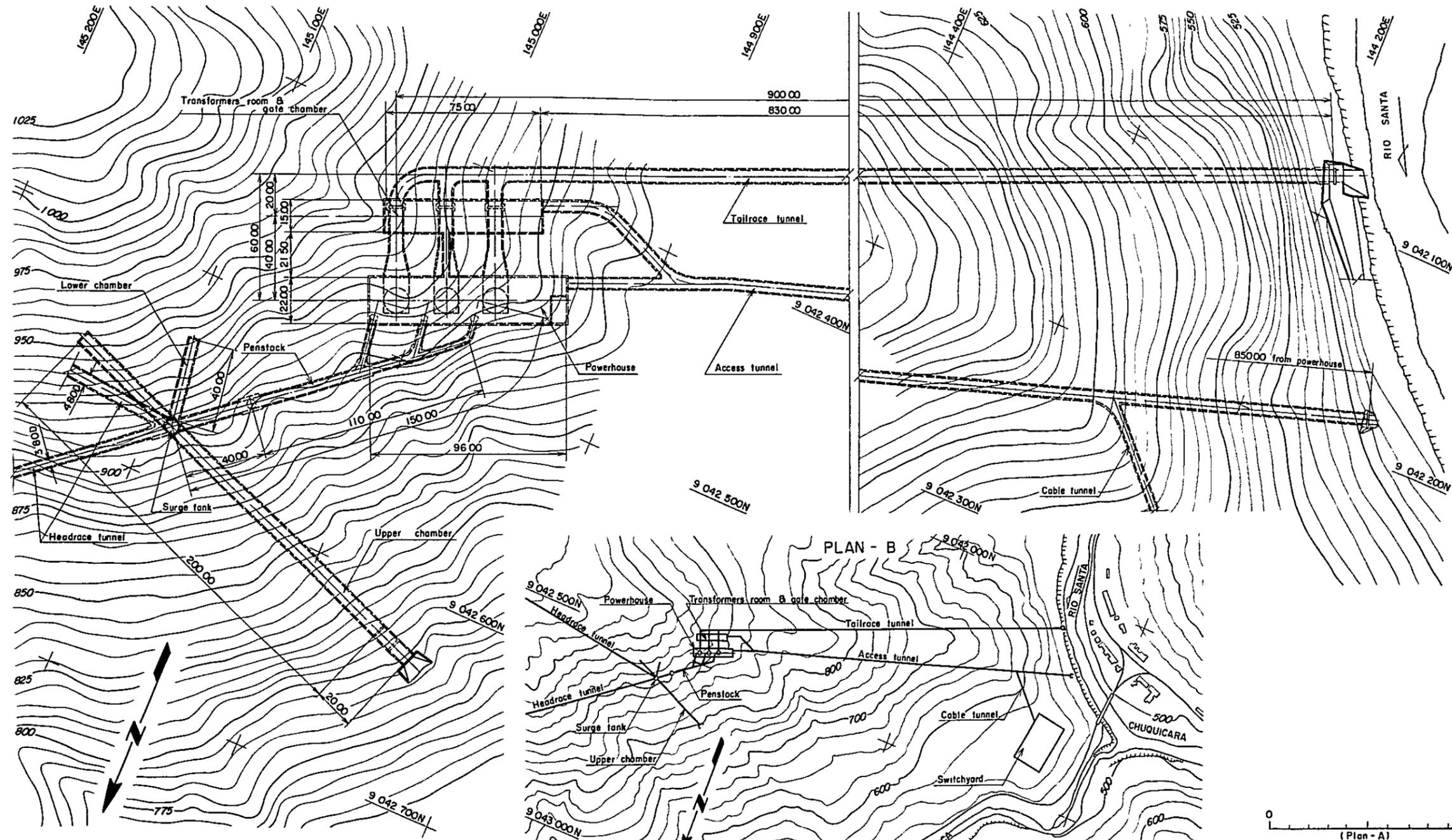


Fig.-III.5.14 Power Station Area (C-3)

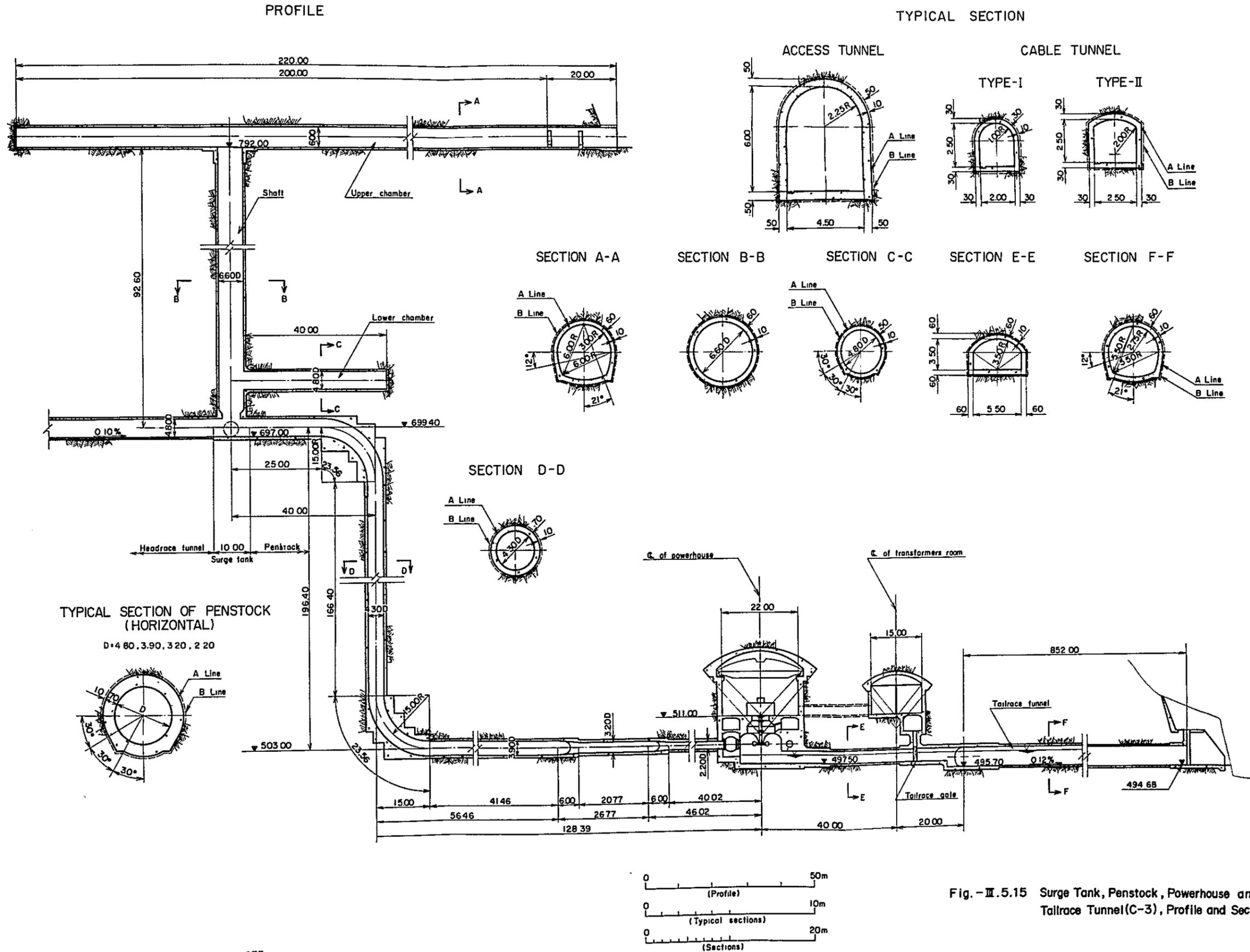
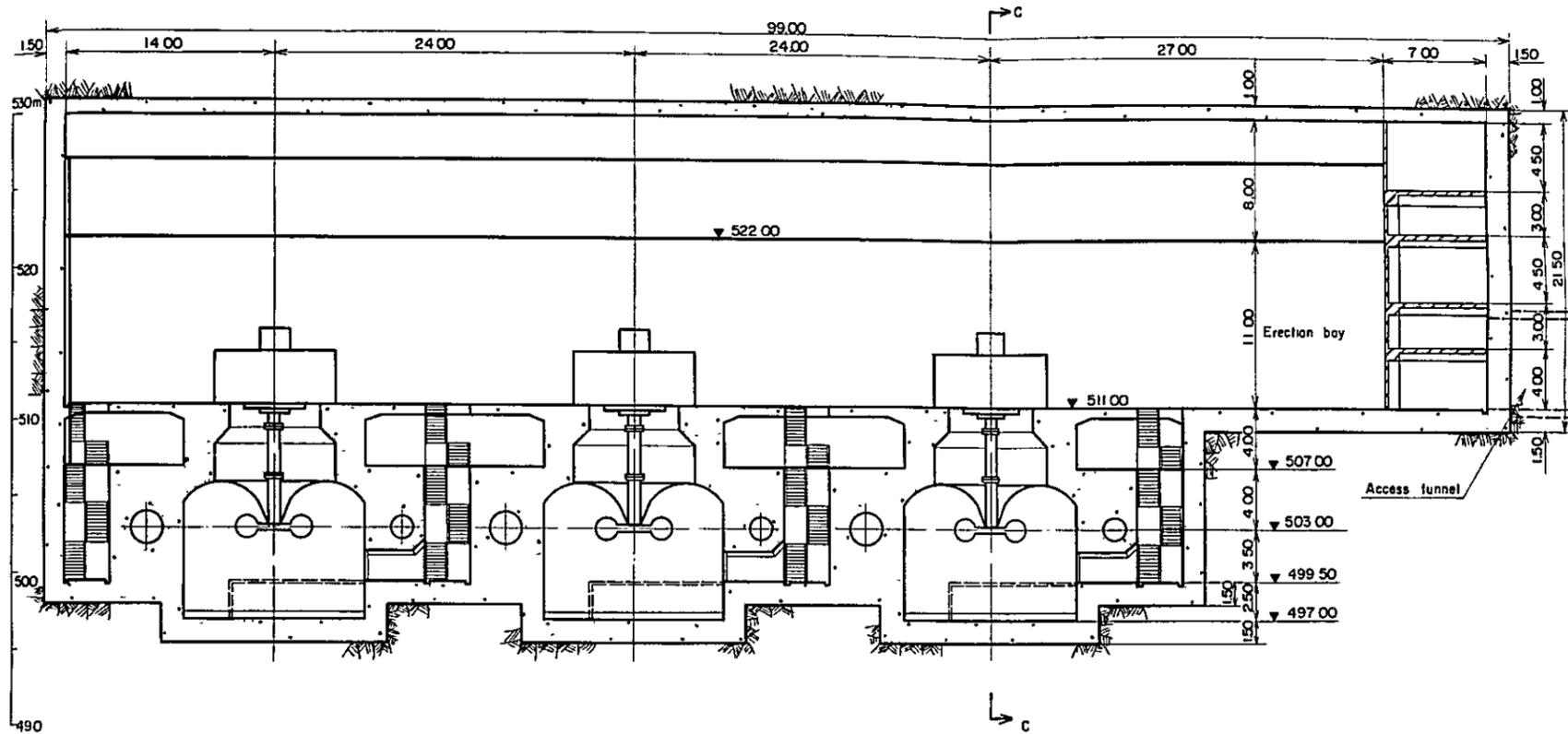
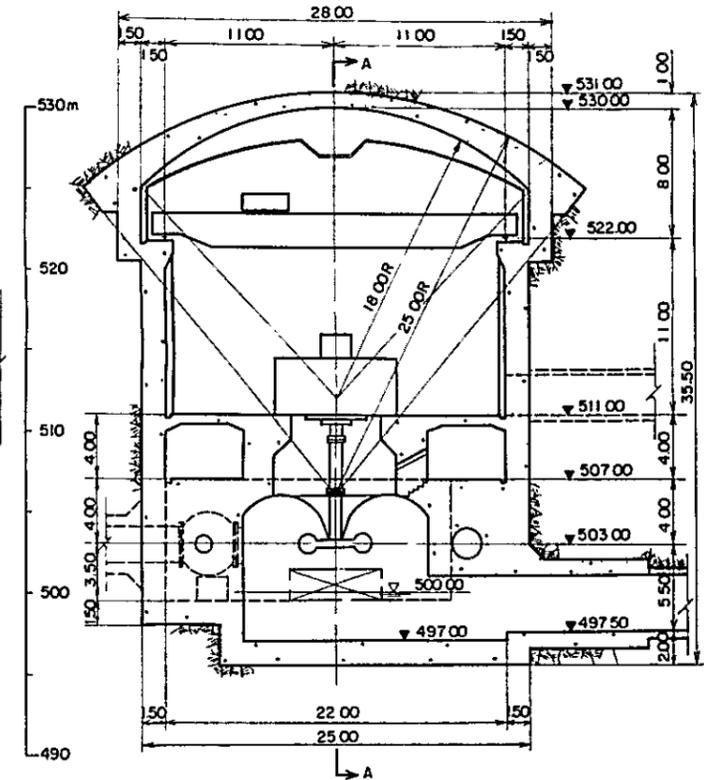


Fig. - III.5.15 Surge Tank, Penstock, Powerhouse and Tailrace Tunnel (C-3), Profile and Section

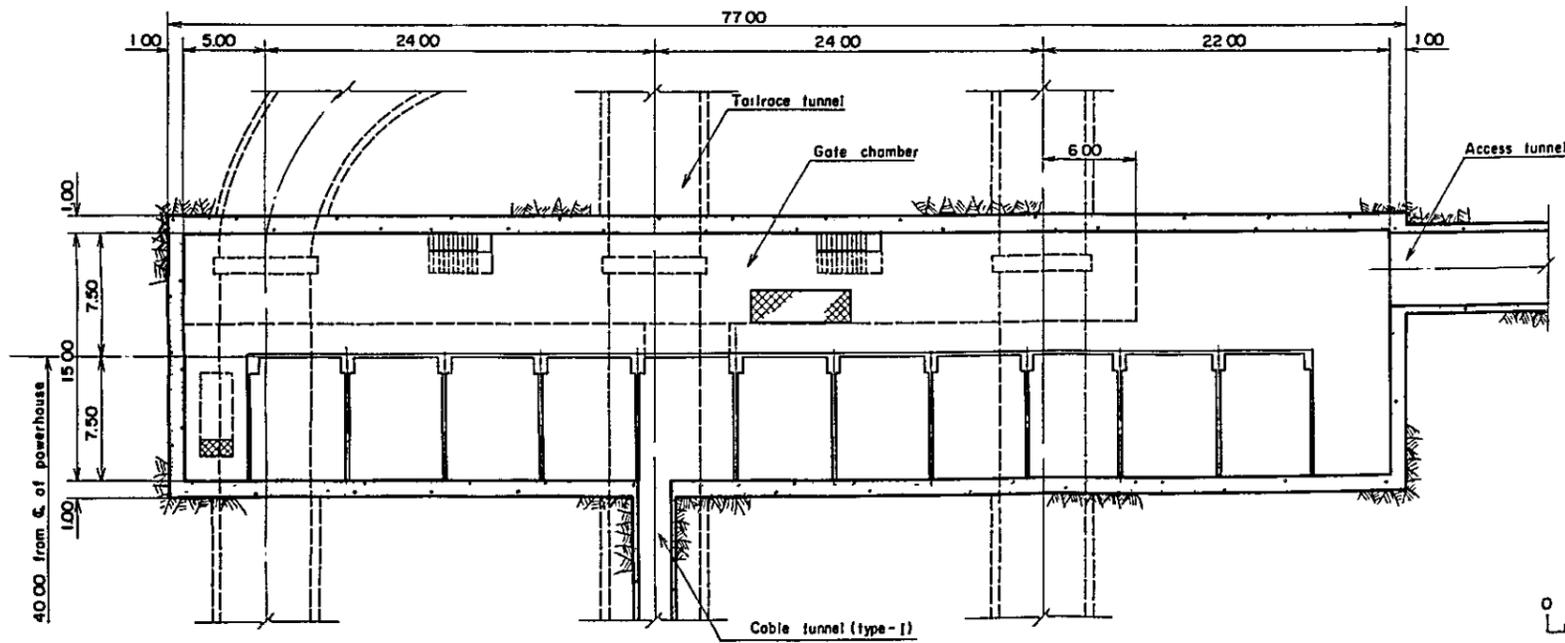
LONGITUDINAL SECTION (SECTION A-A)



SECTION C-C



PLAN OF TRANSFORMERS ROOM (SECTION B-B)



SECTION D-D

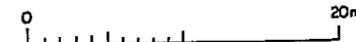
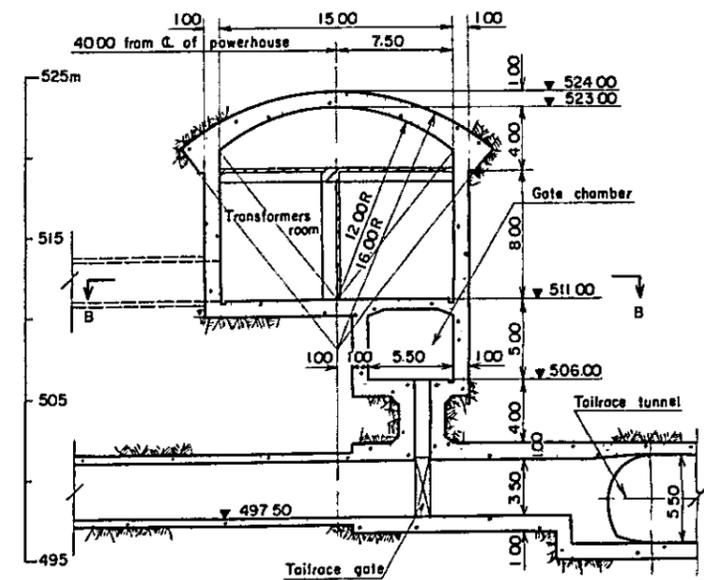


Fig.-III.5.16 Powerhouse (C-3)
Plan, Profile and Section

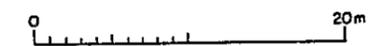
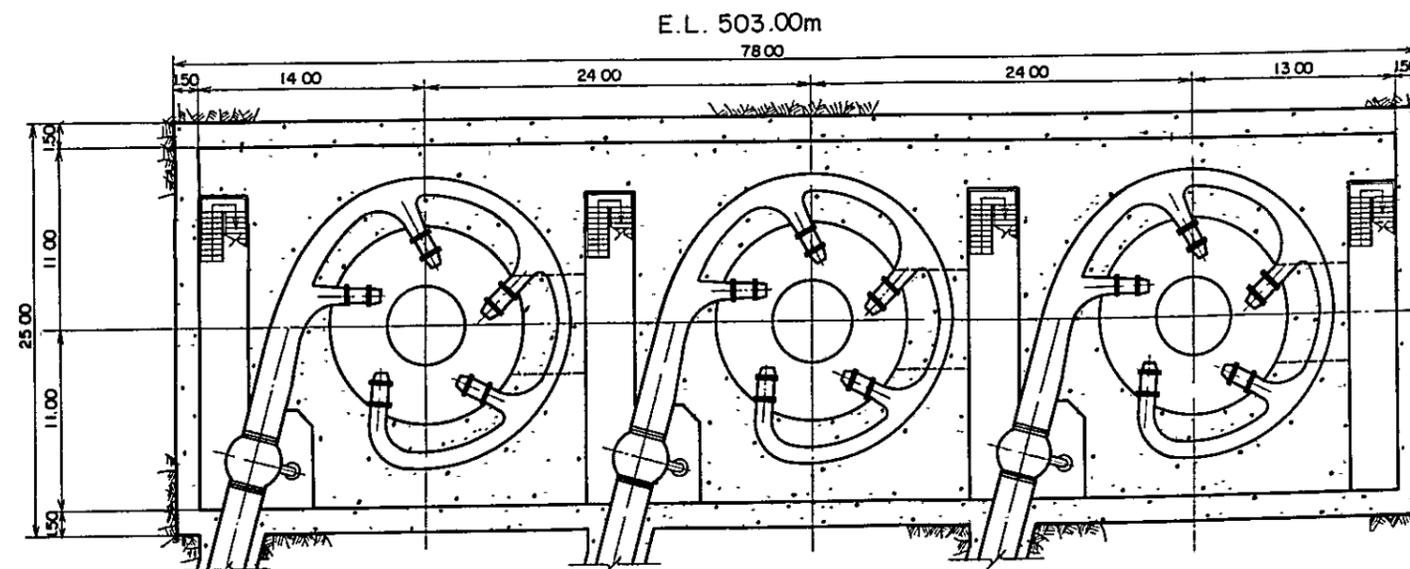
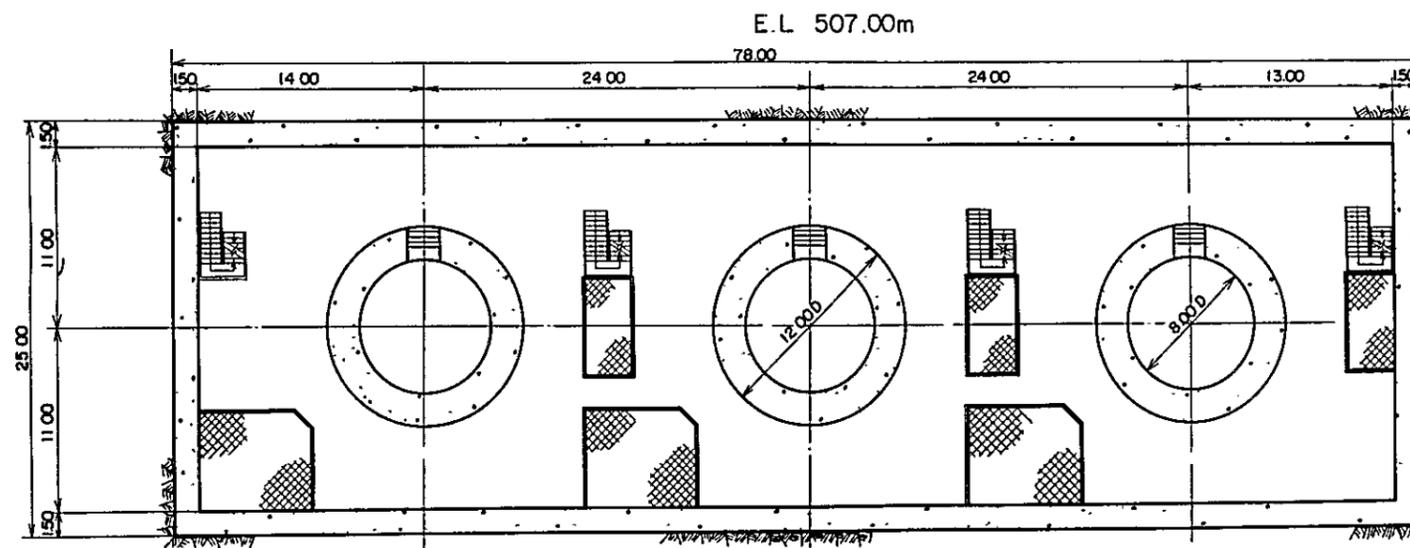
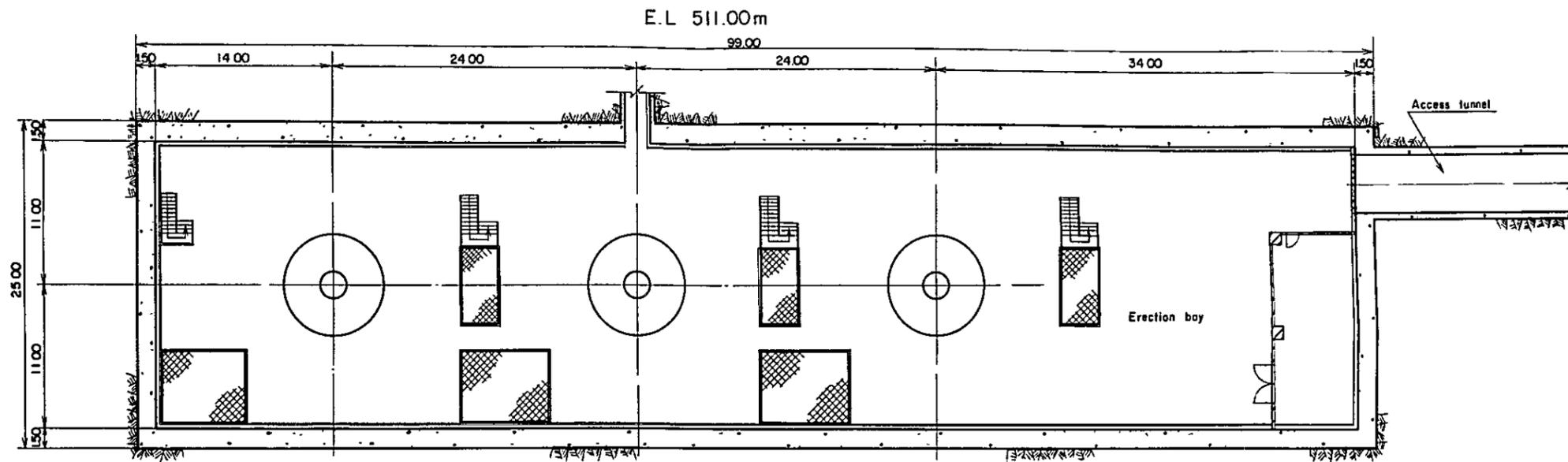
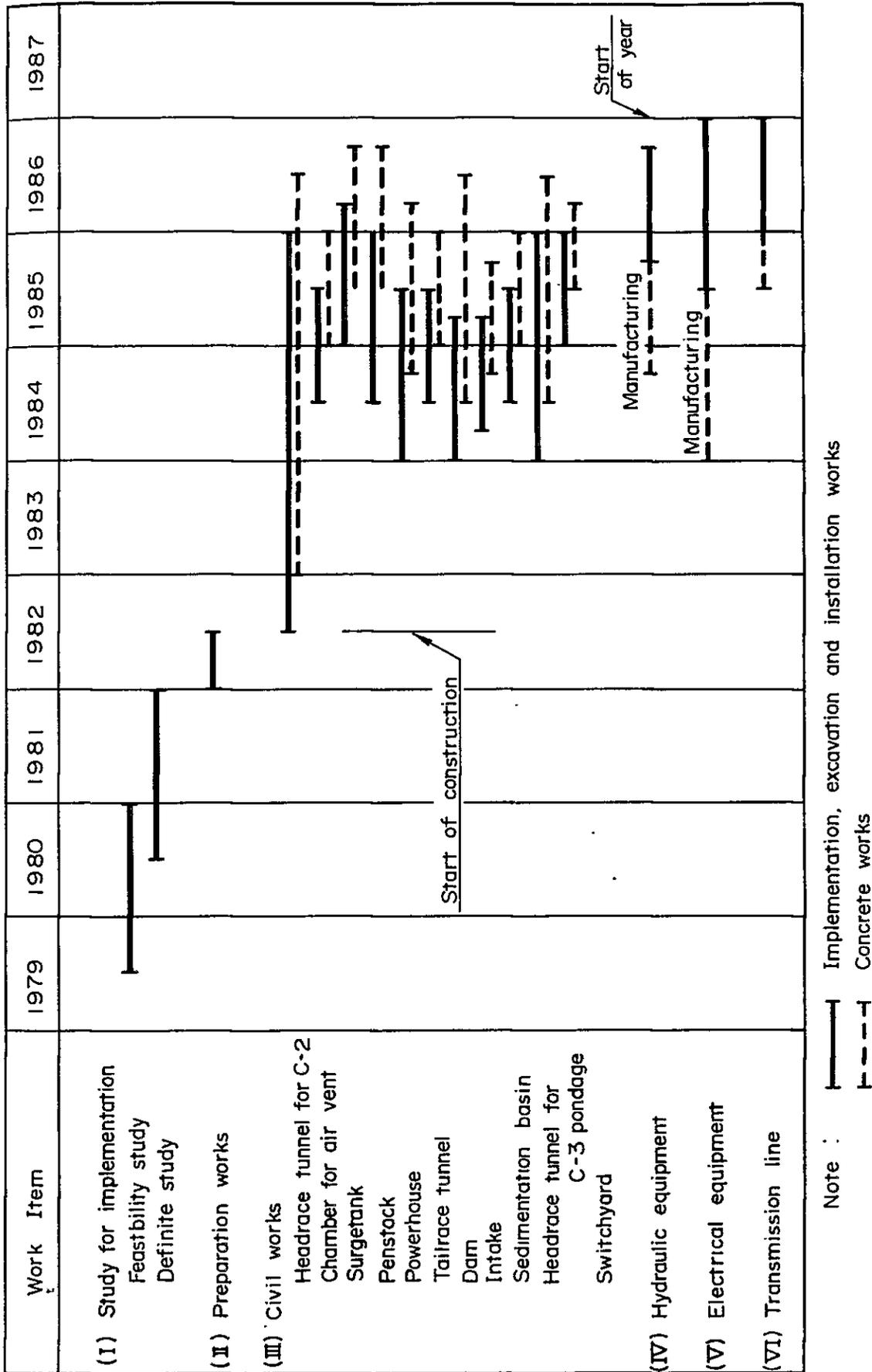


Fig.-II.5.17 Powerhouse (C-3)
Plan

Fig.-III.5.18 Construction Schedule of C-3 Power Station



5.2 電気設備の予備設計

5.2.1 C-2 発電所

(1) 水車および発電機

この発電所の有効落差は 167 m, 最大使用水量は $50\text{ m}^3/\text{sec}$ である。別途検討の結果立軸フランシス水車が適当である。(Appendix-A. 3 参照)

水車出力は $24,600\text{ kW}/\text{台}$ であり, 回転数は 450 r.p.m とする。

発電機の出力は $26,700\text{ kVA}/\text{台}$ であり, 発電機電圧 13.8 kV 定格力率は 0.9 (遅れ) である。発電所に隣接して設けられる屋外開閉所に $80,100\text{ kVA}$ 3相送油風冷式主要変圧器 1 台を設置する。

主要変圧器の 2 次電圧は後述のように 220 kV である(送電計画参照)

(2) 電気回路方式および開閉設備

電気回路方式は Fig-Ⅲ. 5. 19 に示すとおり選定した。発電機の同期方式は所内電源の確保が容易な低圧同期方式を採用した。

開閉所の開閉設備の母線方式は単母線とし, C-3 発電所向け 220 kV 引出し設備は 1 回線とする。引出口にはしゃ断器を設けるが C-3 発電所までの距離が約 20 km であり, 保護方式として転送遮断方式(Transfer Trip System)を採用する場合には, この遮断器は省略することが可能である。送電線の事故復旧の迅速化を計るため, 搬送保護継電装置を設置し, 送電線保護の万全を期するとともに, 保安用として搬送電話回線を構成する。

5.2.2 C-3 発電所

(1) 水車および発電機

この発電所の有効落差は 235 m , 最大使用水量は $80\text{ m}^3/\text{sec}$ である。別途検討の結果立軸ペルトン水車が適当である。(Appendix-A. 3 参照)

水車出力は $54,000\text{ kW}/\text{台}$ であり, 回転数は 180 r.p.m (5ノズルにおいて) とする。

発電機の出力は $58,500\text{ kVA}/\text{台}$ であり, 発電機・電圧 13.8 kV , 定格力率は 0.9 (遅れ) である。主要変圧器は発電所建屋に隣接して設けられる地下変圧器室に $19,500\text{ kVA}$ 単相送油水冷式変圧器 9 台と予備機として 1 台, 合計 10 台を設置する。主要変圧器の 2 次電圧は後述のように 220 kV である。(送電計画参照)

(2) 電気回路方式および開閉設備

電気回路方式は Fig-Ⅲ. 5. 20 に示すとおり選定した。

発電機の同期方式は C-2 発電所と同一方式を採用した。開閉所は屋外式とし, 開閉設備の母線は C-2 発電所 (72 MW) および C-3 発電所 (158 MW) の出力 (合計 230 MW) の供給信頼度と系統運用上の便宜を考慮し, 2重母線方式とした。Chimbote Ⅱ-1 変電所向引出

し設備は2回線とする。送電線の事故に対する保護方式、その他はC-2発電所と同一方式とする。

5.3 送電および変電計画

(1) 送電計画

C発電計画が運開される1986年までには、Lima～Piura間には220 kV送電線2回線が建設されており、C発電計画で発生された電力は最寄りのChimbote Ⅱ-1変電所を通じて既設の系統に接続される。(Fig-Ⅱ. 5. 21, Fig-Ⅱ. 5. 22 参照)

C発電計画～Chimbote Ⅱ-1変電所間の送電電圧は将来開発が予定されているQuitaracsa川の諸発電所の送電も考慮して余裕を持たせて220 kVとする。

この送電線のうち、C-2発電所～Chimboteの区間は塩塵害が予想され、送電の信頼性を保つため2回線とする。C-2とC-3発電所区間は山間部を通り塩塵害による停電の機会がないと予想されるので1回線とする。(Fig-Ⅱ. 5. 23参照)

使用電線サイズはコロナ障害を避け、塩塵害に対して耐久性の大きい330 mm²防食鋼心アルミより線(ACSR)を使用する。この場合の送電容量は250 MWである。絶縁設計は耐塩塵害汚損設計とし、250 mm耐霧碍子19～20ヶ連結とする。

この送電線の経過地には襲雷はないので架空地線は設置しない。(Fig-Ⅱ. 5. 24参照)

送電線の計画ルートは、C-2発電所からおおむねSanta河に沿って左岸の山腹を通ってChimbote Ⅱ-1変電所に至る。ルートの最大標高は約1,000 mであり、経過地は殆んど山岳地であるがChimboteに近づくにつれて緩かになる。(Fig-Ⅱ. 5. 25参照)

気象条件は太平洋岸気候で降雨はなく最高気温は40°Cを超えることはない。

(2) 変電計画

Chimbote Ⅱ-1変電所にC-2およびC-3発電所が連けいされることにより、220 kV系を經由した地域向電力融通および138 kV系による地方地域の電力需要に応ずることができ、Chimbote Ⅱ-1変電所では既設設備に合わせて220 kV 2回線引込み関連施設を増設する。母線方式は二重母線、1CB方式として開閉所機器には耐塩塵害設計を採用する。

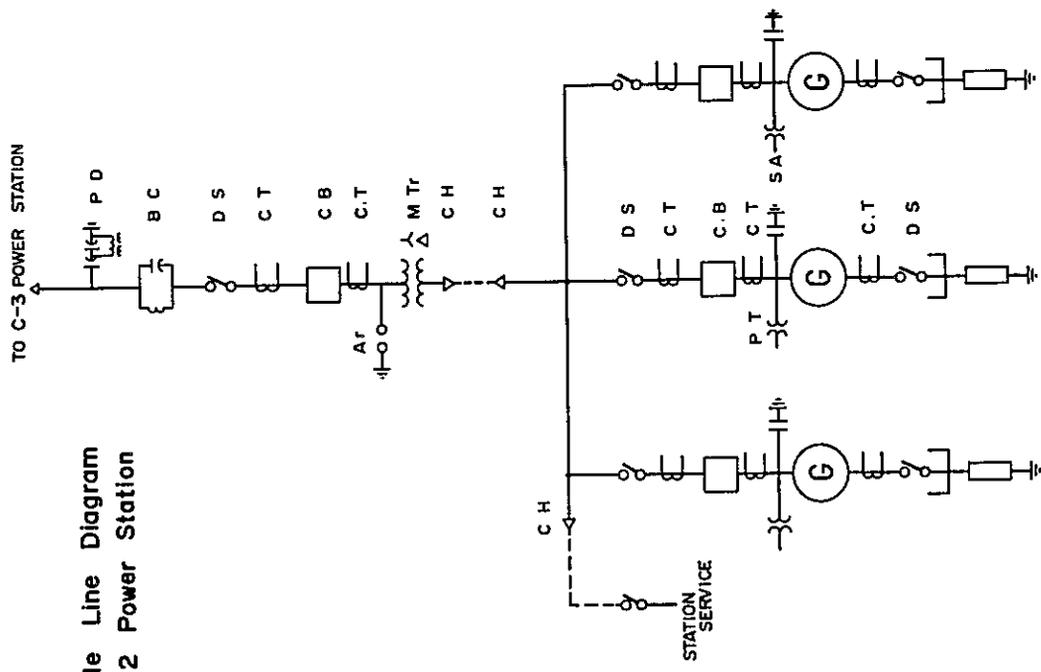


Fig-III.5.19 Schematic Single Line Diagram of C-2 Power Station

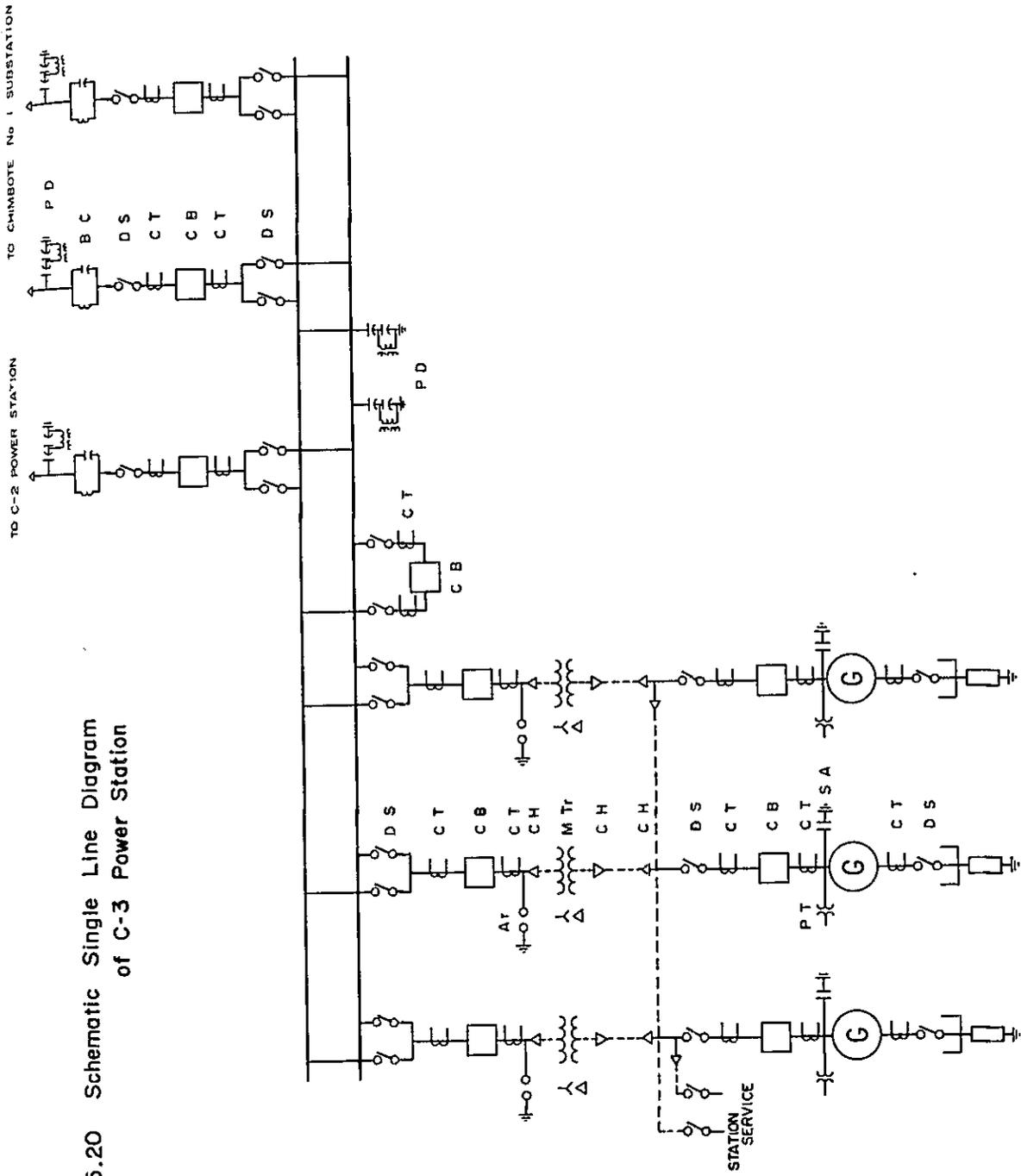


Fig.-III.5.20 Schematic Single Line Diagram of C-3 Power Station

Fig.- III .5.21 Forecast of Power Flow in 1987

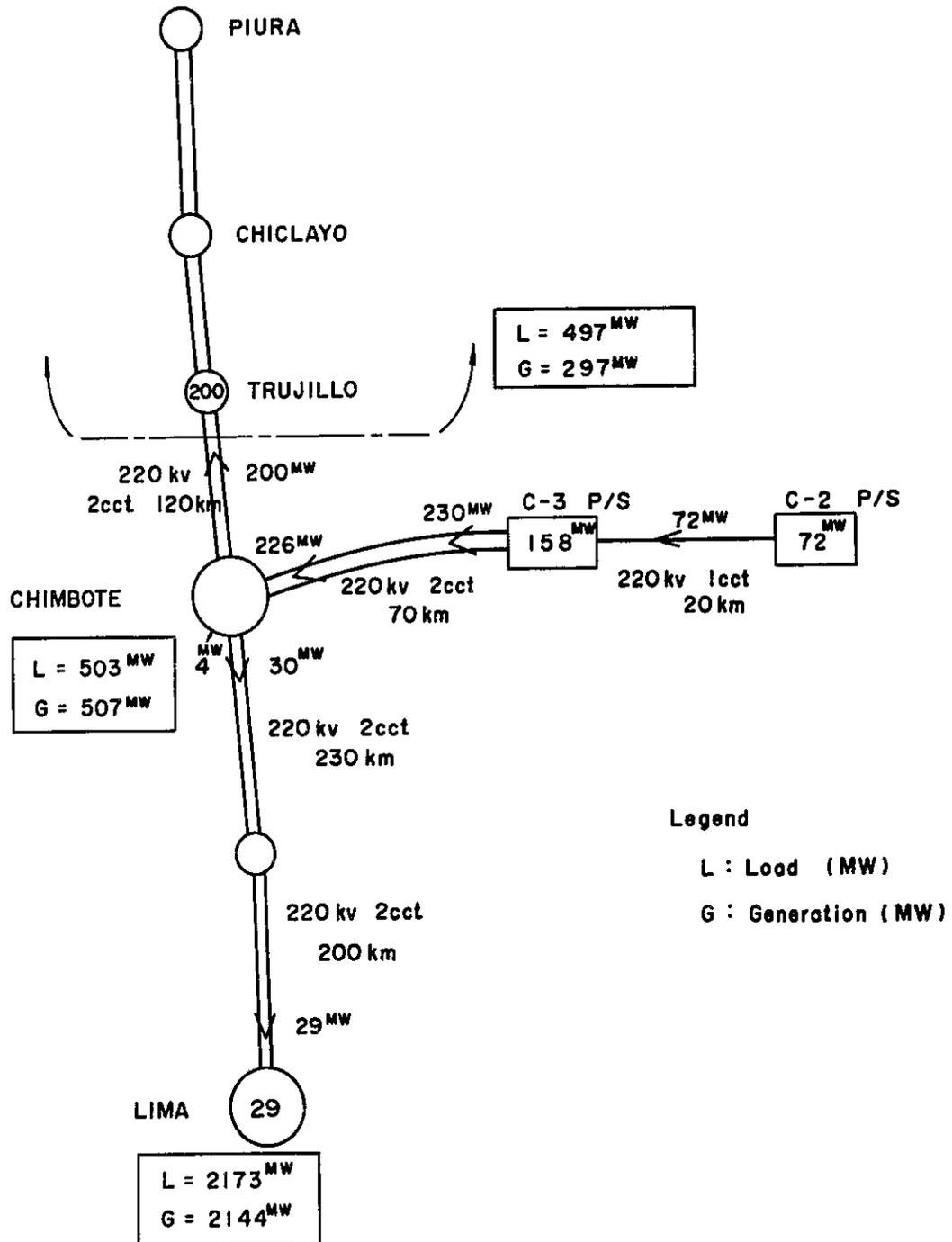


Fig.- III.5.22 Electric System of Central and North Region in 1990

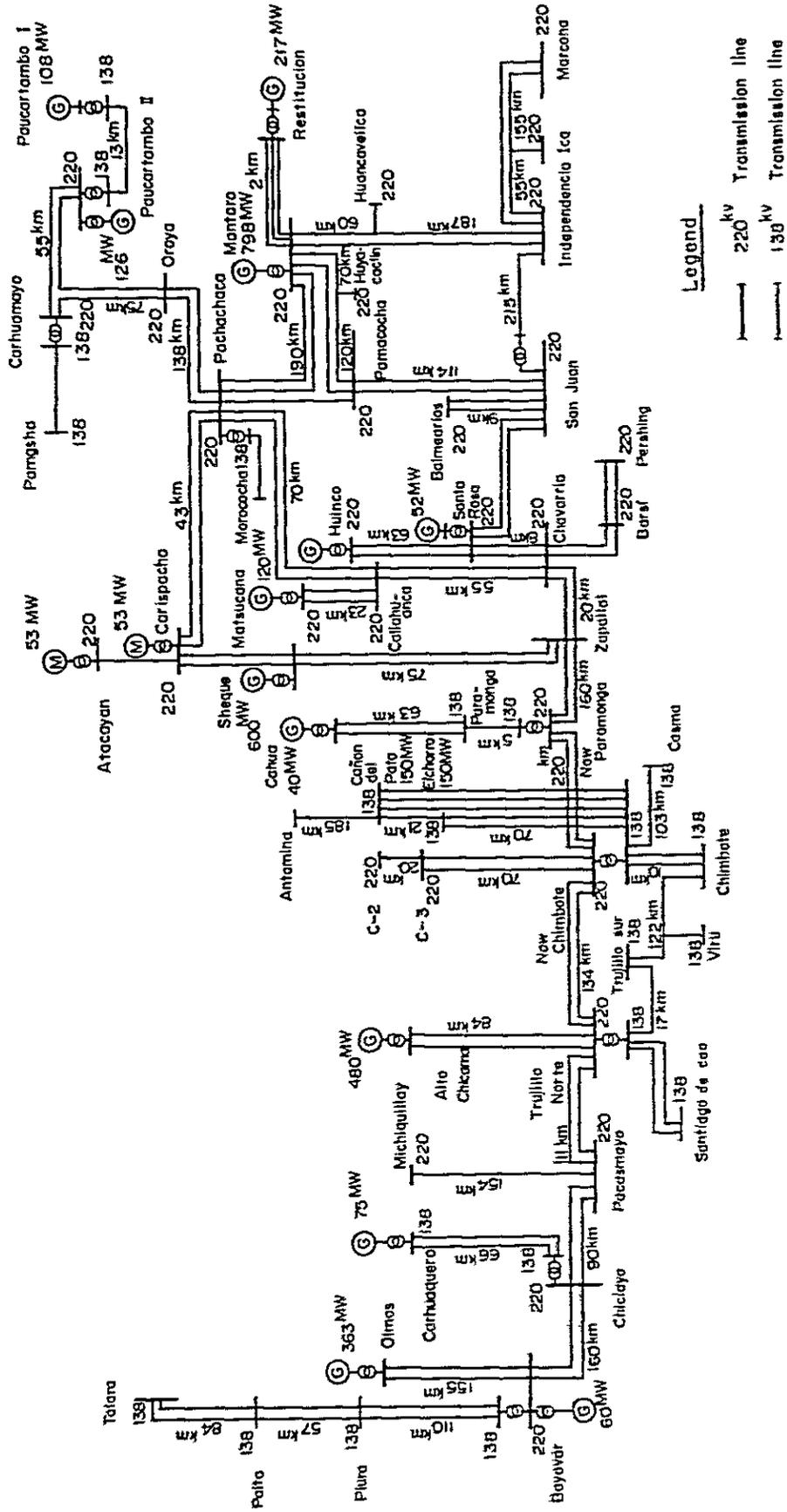


Fig.-III.5.23 Transmission Line System of C-2 & C-3 Power Stations

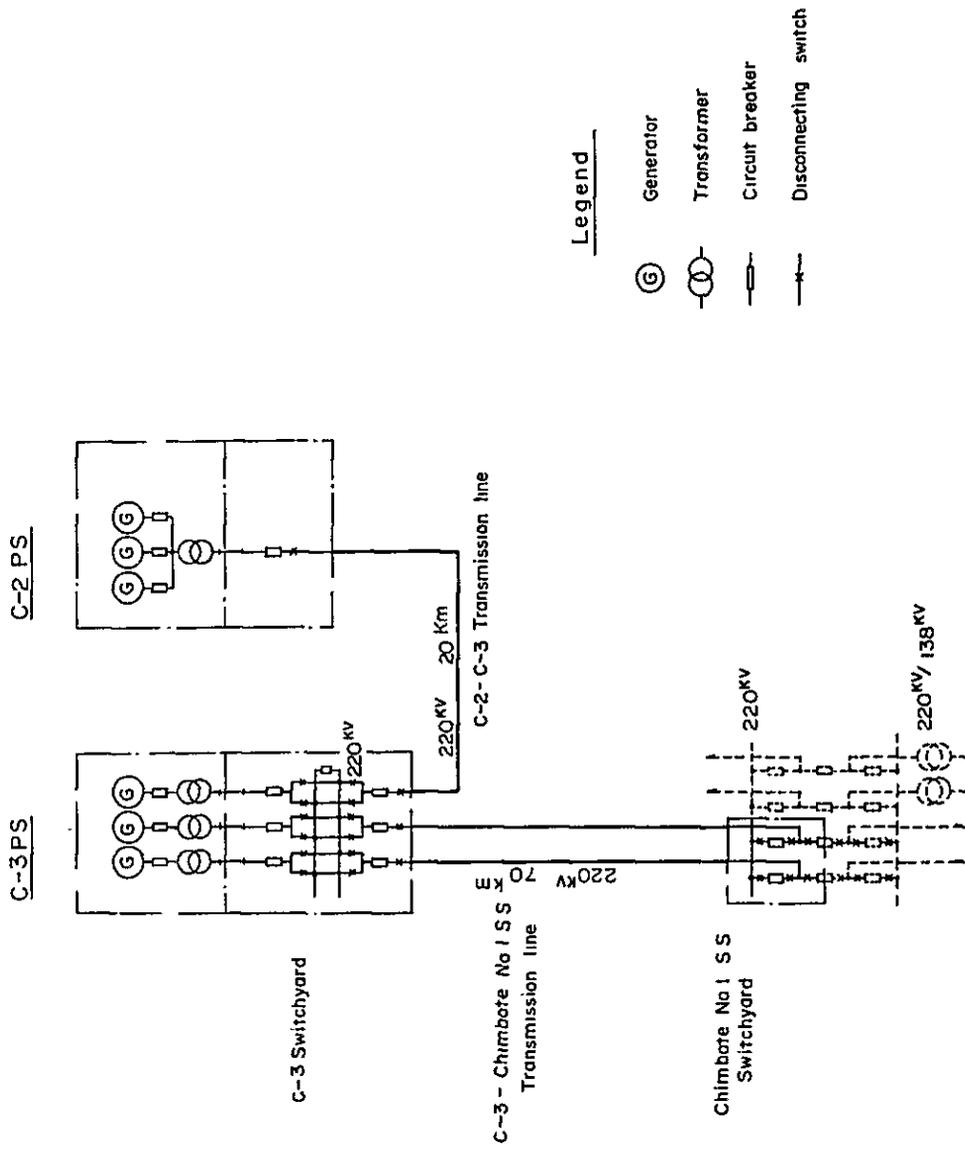
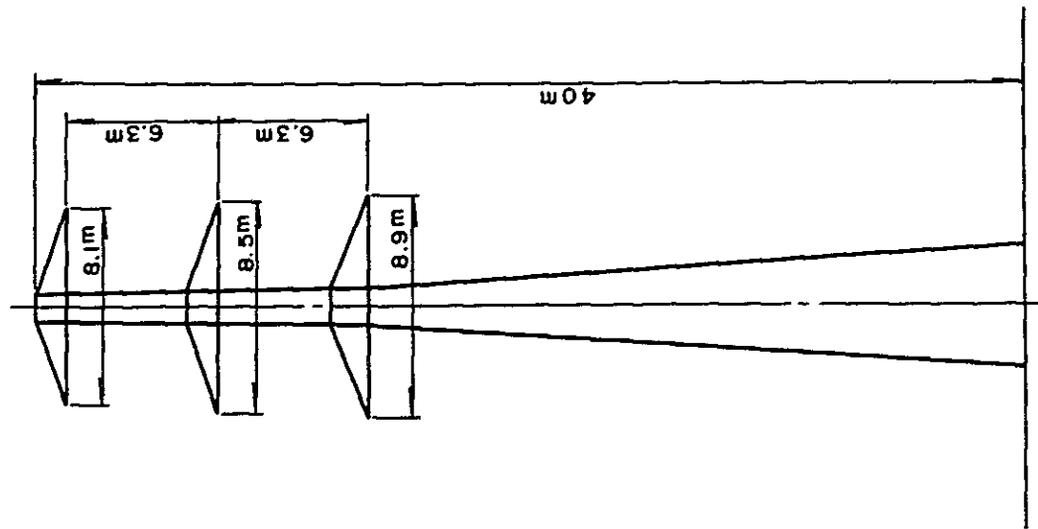


Fig.- III . 5 . 24 Transmission Line Tower Configuration

Suspension Tower



Tension Tower

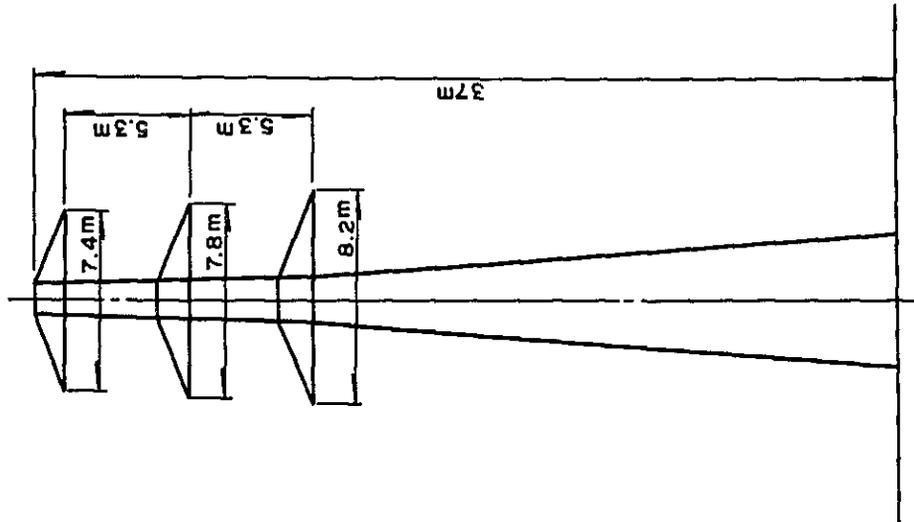
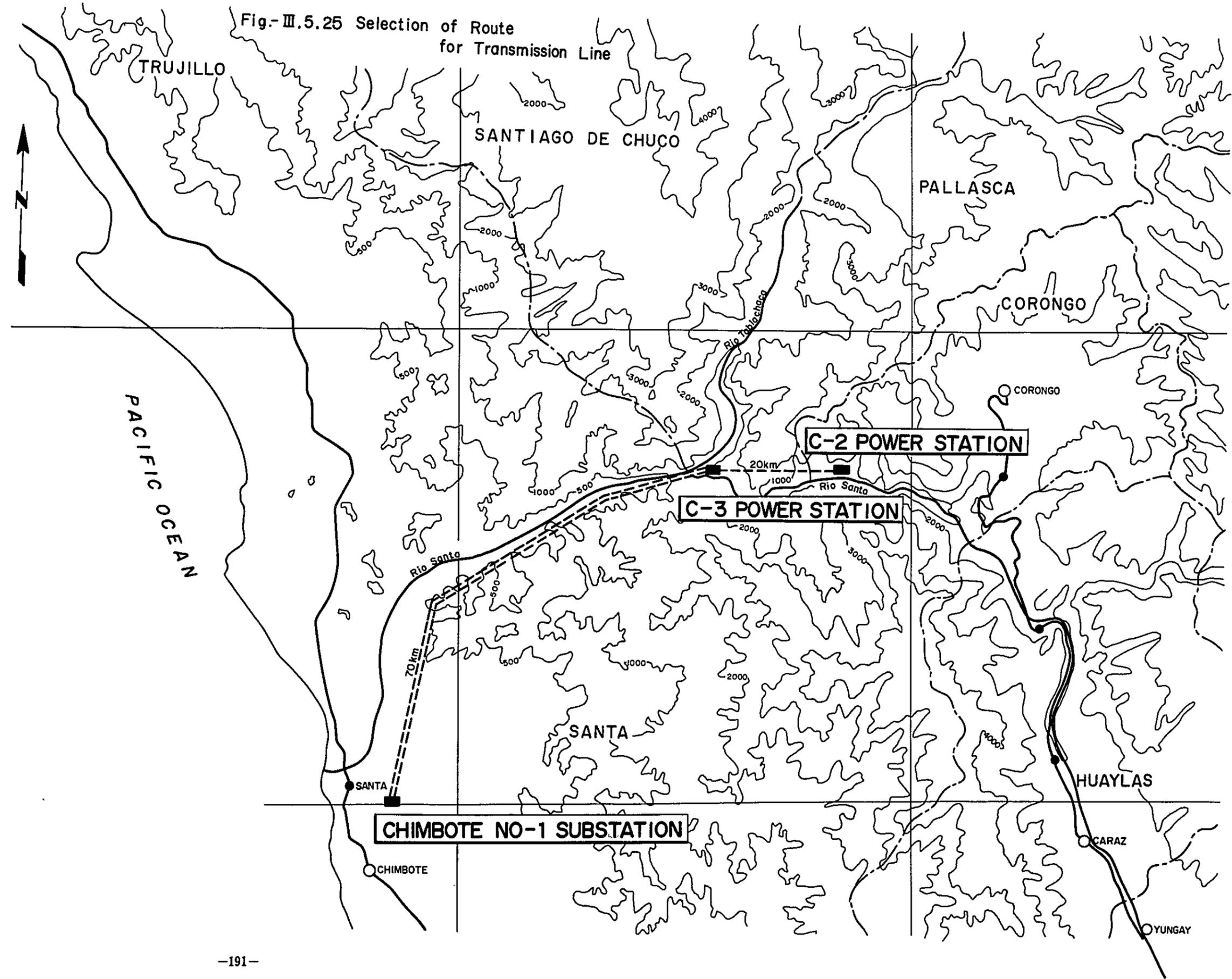


Fig.-III.5.25 Selection of Route for Transmission Line



1. Die folgenden Aussagen sind wahr oder falsch? Begründen Sie Ihre Antworten!

(a) Die Nullmatrix ist invertierbar.

(b) $A^T A = A A^T$.

(c) $(A+B)^T = A^T + B^T$.

(d) $(AB)^T = B^T A^T$.

(e) $(A^T)^T = A$.

2. Gegeben sei die Matrix $A = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ 7 & 8 & 9 \end{pmatrix}$. Berechnen Sie A^{-1} , falls diese existiert. Falls nicht, begründen Sie dies.

1

1.2.2017

1.2.2017

1.2.2017

1

1

第 6 章 工 事 費

6.1 基本条件

C-2 および C-3 発電計画の工事費の積算にあたっては、計画地点の自然条件、地域条件、工事規模、現時点で期待し得る技術水準等を考慮する。物価は、1978年3月の物価水準に基づくものとする。

(1) 工事費積算の範囲

工事費積算の範囲は、C-2 および C-3 発電計画のダム、水路、発電所および発電所から Chimbote No-1 変電所までの送変電設備とする。この工事費には、準備工事費、技術費、管理費、補償費、建設中利子等を含めるものとする。

(2) 土木工事費

(i) 工事数量は、「第5章 予備設計」に基き算出する。

(ii) 工事単価は、Peru 共和国内における水力発電計画の実績を考慮し、これに C-2、C-3 発電計画地点の地域条件を加味して算定する。

(3) 機器類の費用

水力機器、電気機器、送変電機器、通信機器等は、すべて外国において製作され供給されるものとする。これらの費用には、海上輸送費、保険料、荷卸し費、内陸輸送費、さらに現地における据付費用などが含まれる。

(4) 雑工事および予備費

雑工事および予備費として、土木工事に対しては約20%、その他は約10%程度考慮した。

(5) 技術費および管理費

技術費および管理費として、土木工事および送変電工事に対してはその工事費の約10%、また、電気機器工事に対しては、その工事費の約6%を計上した。

(6) 補償費

補償費として送電線に関しては、その工事費の中に、また、土木関係は雑工事中に含まれるものとする。

(7) 建設中利子

所要資金は全て外国よりの借入れとし、建設中利子は年率8%を採用した。

6.2 工事費の総括

C-2 および C-3 発電計画の実施に要する総工事費は、 406.44×10^6 US\$ と算定された。その内 C-2 発電所は 133.16×10^6 US\$ で、C-3 発電所は、 273.28×10^6 US\$ でありその工事数量、単価、工事費等の明細は Table-■. 6.1 と Table-■. 6.2 に示されている。

Table-III.6.1 Summary of Estimated Construction Cost of C-2 Power Station (A)

Work Item	Description	Cost US\$
(1) Connecting Structure	Civil Work	1,503,440
(2) Intake Structure of Rio Manta	"	1,070,800
(3) Headrace Tunnel	"	54,193,900
(4) Surge Tank	"	1,476,540
(5) Penstock	"	2,628,150
(6) Tailrace, Outlet	"	2,406,440
(7) Powerhouse	"	5,580,000
(8) Access Tunnel	"	744,800
(9) Cable Tunnel	"	246,580
(10) Switchyard	"	1,200,000
(11) Miscellaneous Work		7,150,070
(12) Sub-total (1) - (11)		<u>78,155,720</u>
(13) Over Head		27,354,280
(14) Total (12 + (13))		<u>105,510,000</u>
(15) Electrical Equipment		15,000,000
(16) Over Head		2,250,000
(17) Sub-total (15) + (16)		<u>17,250,000</u>
(18) Transmission Line		8,000,000
(19) Over Head and Contingencies		2,400,000
(20) Sub-total (18) + (19)		<u>10,400,000</u>
(21) Total Project Cost (14)+(17)+(20)		<u>133,160,000</u>

Item-A.1 Connecting Structure (C-2)

Works	Unit	Quantity	Unit Cost US\$	Cost 10 ³ US\$	Remarks
Direct Cost					
1. Tunnel excavation	m ³	11,040	52	574.08	D=5.0m
2. "	"	200	70	14.00	Horseshoe B= 2.0m, H=2.5m
3. Excavation	"	440	140	61.60	Inclined part
4. Concrete in shaft lining	"	3,910	176	688.16	D=5.0m
5. Concrete in lining	"	320	200	64.00	B=2.0m, H=2.5m
6. Reinforcement	t	127	800	101.60	
Total				1,503.44	

Item-A.2 Intake Structure of Rio Manta (C-2)

Works	Unit	Quantity	Unit Cost US\$	Cost 10 ³ US\$	Remarks
Direct Cost					
1. Open excavation, Common	m ³	6,800	4	27.20	
2. " ,Rock	"	600	10	6.00	
3. Concrete in dam	"	5,280	110	580.80	
4. Concrete in intake	"	1,400	200	280.00	
5. Reinforcement	t	176	800	140.80	
Total				1,034.80	
Appurtenant works					
1. Screen	t	2	3,000	6.00	Pipe screen
2. Flush gate	"	4	6,000	24.00	2.50 x 2.50
3. Sand flush gate	"	1	6,000	6.00	1.00 x 1.00
Total				36.00	
Grand Total				1,070.80	

Item-A.3 Headrace Tunnel (C-2)

Works	Unit	Quantity	Unit Cost US\$	Cost 10 ³ US\$	Remarks
Direct Cost					
1. Tunnel excavation	m ³	357,080	53	18,925.24	
2. Excavation	"	1,800	106	190.80	Incline
3. Concrete in lining	"	131,580	177	23,289.66	
4. Reinforcement	t	6,579	800	5,263.20	
5. Others	L.S	3	500,000	1,500.00	Adit, Access road
Total				49,168.90	
Appurtenant Works					
1. Grouting	m	50,250	100	5,025.00	
Total				5,025.00	
Grand Total				54,193.90	

Item-A. 4 Surge Tank (C-2)

Works	Unit	Quantity	Unit Cost US\$	Cost 10 ³ US\$	Remarks
Direct Cost					
1. Open excavation	m ³	1,400	10	14.00	
2. Tunnel excavation	"	5,860	46	269.56	Upper chamber D=6.0 ^m Horseshoe
3. "	"	330	53	17.49	Headrace Tunnel D=4.8 ^m
4. Shaft excavation	"	4,620	80	369.60	
5. Concrete in portal	"	90	200	18.00	
6. Concrete in lining	"	2,110	168	354.48	D=6.0 ^m Horseshoe
7. "	"	130	177	23.01	D=4.8 ^m
8. Concrete in shaft	"	1,580	160	252.80	D=8.2 ^m
9. Reinforcement	t	162	800	129.60	
Total				1,448.54	
Appurtenant Works					
1. Grouting	m	280	100	28.00	
Total				28.00	
Grand Total				1,476.54	

Item-A.5 Penstock (C-2)

Works	Unit	Quantity	Unit Cost US\$	Cost 10 ³ US\$	Remarks
Direct Cost					
1. Tunnel excavation	m ³	670	53	35.51	Upper part D=4.8 ^m
2. "	"	1,410	68	95.88	Lower part D=3.0 ~ 1.6 ^m
3. Shaft excavation	"	4,810	116	557.96	
4. Fill-up concrete	"	1,270	140	177.80	Horizontal
5. "	"	2,850	140	399.00	Shaft
6. Reinforcement	t	10	800	8.00	
Total				1,274.15	
Appurtenant Works					
1. Steel	t	130	2,800	364.00	SM50
2. "	"	300	3,300	990.00	SM58
Total				1,354.00	
Grand Total				2,628.15	

Item-A.6 Tailrace, Outlet (C-2)

Works	Unit	Quantity	Unit Cost US\$	Cost 10 ³ US\$	Remarks
Direct Cost					
1. Open excavation	m ³	1,300	10	13.00	
2. Tunnel excavation	"	1,620	58	93.96	B=4.0 ^m H=4.0 ^m
3. "	"	6,420	52	333.84	D=5.0 Horseshoe
4. "	"	6,400	40	256.00	B=11.0 Bifurcation
5. "	"	2,340	70	163.80	B=2.0 ^m H=2.5 ^m
6. Concrete in portal	"	200	200	40.00	
7. Concrete in lining	"	730	184	134.32	B=4.0 ^m H=4.0 ^m
8. "	"	2,270	176	399.52	D=5.0 ^m Horseshoe
9. "	"	2,480	160	396.80	B=11.0 Trifurcation
10. "	"	1,010	200	202.00	B=2.0 ^m H=2.5 ^m
11. Reinforcement	t	294	800	235.20	
Total				2,268.44	
Appurtenant Works					
1. Draft gate	t	15	6,000	90.00	4.0 ^m x4.0 ^m x3 ^{Nos}
2. Regulating gate	t	8	6,000	48.00	5.0 ^m x5.0 ^m x1 ^{No}
Total				138.00	
Grand Total				2,406.44	

Item-A.7 Powerhouse (C-2)

Works	Unit	Quantity	Unit Cost US\$	Cost 10 ³ US\$	Remarks
Direct Cost					
1. Excavation	m ³	28,210	35	987.35	
2. Concrete in arch	"	2,440	160	390.40	
3. Concrete in wall	"	5,080	160	812.80	
4. Concrete in slab	"	730	160	116.80	
5. Concrete in substructure	"	2,390	160	382.40	
6. Reinforcement	t	728	800	582.40	
7. Rock bolt	P.C	310	1,100	341.00	L=15 ^m , ø25
8. "	"	540	130	70.20	L=5 ^m , ø24
9. Architecture	m ³	17,540	70	1,229.90	
Total				4,913.25	
Appurtenant Works					
1. Grouting	m	1,950	100	195.00	
2. Bridge	LS	1		471.75	
Total				666.75	
Grand Total				5,580.00	

Item-A.8 Access Tunnel (C-2)

Works	Unit	Quantity	Unit Cost US\$	Cost 10 ³ US\$	Remarks
Direct Cost					
1. Open Excavation	m ³	320	10	3.20	
2. Tunnel excavation	"	5,960	55	327.80	
3. Concrete in portal	"	70	200	14.00	
4. Concrete in lining	"	1,950	180	351.00	
5. Reinforcement	t	61	800	48.80	
Total				744.80	

Item-A.9 Cable Tunnel (C-3)

Works	Unit	Quantity	Unit Cost US\$	Cost 10 ³ US\$	Remarks
Direct Cost					
1. Tunnel excavation	m ³	1,540	67	103.18	B=2.5m, H=2.5m
2. Concrete in lining	"	650	196	127.40	
3. Reinforcement	t	20	800	16.00	
Total				246.58	

Item-A.10 Electrical Equipment (C-2)

Works	Unit	Quantity	Unit Cost US\$	Cost 10 ³ US\$	Remarks
1. Turbine	Unit	3	1,500,000	4,500.00	
2. Generator	"	3	1,700,000	5,100.00	
3. Transformer and others	LS	1	5,400,000	5,400.00	
Total				15,000.00	

Table-III.6.2 Summary of Estimated Construction Cost of C-3 Power Station (B)

Work Item	Description	Cost US\$
(1) Intake Structure of Rio Tablachaca	Civil Work	12,633,790
(2) Connecting Structure	"	2,833,120
(3) Headrace Tunnel	"	105,238,220
(4) Surge Tank	"	2,099,400
(5) Penstock	"	4,544,250
(6) Tailrace, Outlet	"	5,331,620
(7) Powerhouse	"	15,000,000
(8) Access Tunnel	"	3,782,200
(9) Cable Tunnel	"	302,350
(10) Switchyard	"	700,000
(11) Miscellaneous Work		15,246,500
(12) Sub-total (1) - (11)		<u>167,711,450</u>
(13) Over Head		58,688,550
(14) Total (12) + (13)		<u>226,400,000</u>
(15) Electrical Equipment		38,500,000
(16) Over Head		5,780,000
(17) Sub-total (15) + (16)		<u>44,280,000</u>
(18) Transmission Line		2,000,000
(19) Over Head		600,000
(20) Sub-total (18) + (19)		<u>2,600,000</u>
(21) Total Project Cost (14)+(17)+(20)		273,280,000

Item-B.1 Intake Structure of Rio Tablachaca (C-3)

Works	Unit	Quantity	Unit Cost US\$	Cost 10 ³ US\$	Remarks
Direct Cost					
(I) Care of river					
1. Open excavation	m ³	1,000	10	10.00	
2. Tunnel excavation	"	9,170	52	476.84	
3. Enclosed concrete	"	1,710	55	94.05	
4. Concrete in portal	"	200	110	22.00	
5. Concrete in invert	"	490	110	53.90	
6. Plug concrete	"	1,020	110	112.20	
Sub-total				768.99	
(II) Intake structure					
1. Open excavation	m ³	69,500	10	695.00	
2. Back-filling	"	2,900	4	11.60	
3. Concrete in dam	"	85,730	50	4,286.50	
4. Concrete in wall	"	3,920	110	431.20	
5. Concrete in intake	"	4,820	200	964.00	
6. Reinforcement	t	636	800	508.80	
Sub-total				6,897.10	
(III) Sedimentation basin					
1. Tunnel excavation	m ³	8,380	60	502.80	Arch part
2. Tunnel excavation	"	12,290	40	491.60	Enlarged part
3. Tunnel excavation	"	3,800	59	224.20	

Works	Unit	Quantity	Unit Cost US\$	Cost 10 ³ US\$	Remarks
4. Shaft excavation	m ³	270	130	35.10	
5. Arch concrete	"	3,420	200	684.00	
6. Concrete	"	3,900	200	780.00	Enlarged part
7. Concrete in lining	"	1,680	185	310.80	
8. Concrete in shaft lining	"	120	390	46.80	
9. Reinforcement	"	623	800	498.40	
Sub-total				3,573.70	
Total				11,239.79	
Appurtenant Works					
(I) Care of river					
1. Closure gate	t	28	6,000	168.00	
Sub-total				168.00	
(II) Intake structure					
1. Screen	t	44	3,000	132.00	
2. Flush gate	"	28	6,000	168.00	2.50x2.50mx2 Nos
3. Flush gate	"	10	6,000	60.00	2.30x2.30mx1 Nos
4. Emergency gate	"	24	6,000	144.00	2.50x2.50mx2 Nos
5. Intake gate	"	26	6,000	156.00	
6. Grouting	m	3,000	100	300.00	
Sub-total				960.00	
(III) Sedimentation basin					
1. Sand flush gate	t	21	6,000	126.00	3 Nos

Works	Unit	Quantity	Unit Cost US\$	Cost 10 ³ US\$	Remarks
2. Grouting	m	1,400	100	140.00	
Sub-total				266.00	
Total				1,394.00	
Grand Total				12,633.79	

Item-B. 2 Connecting Structure (C-3)

Works	Unit	Quantity	Unit Cost US\$	Cost 10 ³ US\$	Remarks
Direct Cost					
1. Tunnel excavation	m ³	2,940	52	152.88	
2. Excavation	"	13,060	80	1,044.80	Inclined part D=10.5 ^m
3. "	"	2,420	104	251.68	Inclined part D=5.0 ^m Horseshoe
4. Concrete in lining	"	1,040	176	183.04	D=5.0 ^m Horseshoe
5. "	"	4,000	160	640.00	D=10.5 ^m Incline
6. "	"	970	176	170.72	D=5.0 ^m Incline
7. Reinforcement	t	280	800	224.00	
Total				2,667.12	
Appurtenant Works					
1. Air vent	m	170	400	68.00	ø1.0 ^m pipe
2. Grouting	"	980	100	98.00	
Total				166.00	
Grand Total				2,833.12	

Item-B.3 Headrace Tunnel (C-3)

Works	Unit	Quantity	Unit Cost US\$	Cost 10 ³ US\$	Remarks
Direct Cost					
(I) Rio Santa Side					D=4.80m
1. Tunnel excavation	m ³	513,460	53	27,213.38	
2. Concrete in lining	"	188,250	177	33,320.25	
3. Reinforcement	t	9,413	800	7,530.40	
4. Others	LS	1		1,400.00	Adit and access road
Sub-total				69,464.03	
(II) Rio Tablachaca Side					D=3.80m
1. Tunnel excavation	m ³	162,430	59	9,583.37	
2. Excavation	"	740	118	87.32	Inclined part
3. Concrete in lining	"	61,980	185	11,466.30	
4. Reinforcement	t	3,099	800	2,479.20	
5. Others	LS			1,400.00	Adit and access road
Sub-total				25,016.19	
Total				94,480.22	
Appurtenant Works					
(I) Rio Santa Side					
1. Grouting	m	71,890	100	7,189.00	
Sub-total				7,189.00	

Works	Unit	Quantity	Unit Cost US\$	Cost 10 ³ US\$	Remarks
(II) Rio Tablachaca Side					
1. Grouting	m	35,690	100	3,569.00	
Sub-total				3,569.00	
Total				10,758.00	
Grand Total				105,238.22	
Item-B.4 Surge Tank (C-3)					
Works	Unit	Quantity	Unit Cost US\$	Cost 10 ³ US\$	Remarks
Direct Cost					
1. Open excavation	m ³	700	10	7.00	
2. Tunnel excavation	"	9,850	46	453.10	Upper chamber D=6.0m
3. "	"	1,170	53	62.01	Lower chamber D=4.8m
4. Shaft excavation	"	4,460	84	374.64	D=6.6m
5. Tunnel excavation	"	330	53	17.49	Headrace tunnel D=4.8m
6. Concrete in portal	"	180	200	36.00	
7. Concrete in lining	"	3,490	168	586.32	Upper chamber
8. "	"	440	177	77.88	Lower chamber
9. Concrete in shaft lining	"	1,450	163	236.35	
10. Concrete in lining	"	130	177	23.01	Headrace tunnel
11. Reinforcement		212	800	169.60	
Total				2,043.40	
Appurtenant Works					
1. Grouting	m	560	100	56.00	
Total				56.00	
Grand Total				2,099.40	

Item-B.5 Penstock (C-3)

Works	Unit	Quantity	Unit Cost US\$	Cost 10 ³ US\$	Remarks
Direct Cost					
1. Tunnel excavation	m ³	650	53	34.45	Upper part D=8.0 ^m
2. "	"	2,450	64	154.24	Lower part D=3.9 ~ 2.2 ^m
3. Shaft excavation	"	7,160	56	400.96	D=4.3 ^m
4. Fill-up concrete	"	1,690	140	236.60	Horizontal
5. "	"	4,050	140	567.00	Shaft
6. Reinforcement	t	20	800	16.00	
Total				1,409.25	
Appurtenant Works					
1. Steel	t	950	3,300	3,135.00	SM58
Total				3,135.00	
Grand Total				4,544.25	

Item-B.6 Tailrace, Outlet (C-3)

Works	Unit	Quantity	Unit Cost US\$	Cost 10 ³ US\$	Remarks
Direct Cost					
1. Open excavation	m ³	2,900	10	29.00	
2. Tunnel excavation	"	4,310	55	237.05	B=5.5 ^m , H=3.5 ^m
3. "	"	35,730	49	1,750.77	D=5.5 ^m Horseshoe
4. Open concrete	"	1,050	200	210.00	
5. Concrete in lining	"	1,870	180	336.60	B=5.5 ^m , H=3.5 ^m
6. "	"	1,350	172	2,261.80	D=5.5 ^m Horseshoe
7. Reinforcement	t	483	800	386.40	
Total				5,211.62	
Appurtenant Works					
1. Draft gate	t	20	6,000	120.00	5.5 ^m x3.50 ^m x3 ^{Nos}
Total				120.00	
Grand Total				5,331.62	

Item-B.7 Powerhouse (C-3)

Works	Unit	Quantity	Unit Cost US\$	Cost 10 ³ US\$	Remarks
Direct Cost					
(I) Powerhouse					
1. Excavation	m ³	78,070	35	2,732.45	
2. Concrete in arch	"	5,660	160	905.60	
3. Concrete in wall	"	8,820	160	1,411.20	
4. Concrete in slab	"	790	160	126.40	
5. Concrete in substructure	"	11,840	160	1,894.40	
6. Reinforcement	t	1,922	800	1,537.60	
7. Rock-bolt	P C	470	1,100	517.00	L=15 ^m , ϕ25
8. "	"	960	130	124.80	L=5 ^m , ϕ24
9. Architecture	m ³	50,960	50	2,548.00	
Sub-total				11,797.45	
(II) Transformer Room					
1. Excavation	m ³	20,580	35	720.30	
2. Tunnel excavation	"	480	70	33.60	B=2.0 ^m , H=2.5 ^m
3. Concrete in arch	"	2,290	160	366.40	
4. Concrete in wall	"	2,530	160	404.80	
5. Concrete in base	"	1,310	160	209.60	
6. Concrete in slab	"	180	160	28.80	
7. Concrete in lining	"	220	160	35.20	
8. Reinforcement	t	447	800	357.60	

Works	Unit	Quantity	Unit Cost US\$	Cost 10 ³ US\$	Remarks
9. Rock-bolt		280	130	36.40	L=5.0m, ϕ24
Sub-total				2,192.70	
Total				13,990.15	
Appurtenant Works					
1. Grouting	m	5,600	100	566.00	
2. Bridge	LS	1		443.85	
Total				1,009.85	
Grand Total				15,000.00	

Item-B. 8 Access Tunnel (C-3)

Works	Unit	Quantity	Unit Cost US\$	Cost 10 ³ US\$	Remarks
Direct Cost					
1. Open excavation	m ³	900	10	9.00	
2. Tunnel excavation	"	31,740	50	1,587.00	
3. Concrete in portal	"	200	200	40.00	
4. Concrete in lining	"	10,760	175	1,883.00	
5. Reinforcement	t	329	800	263.20	
Total				3,782.20	

Item-B.9 Cable Tunnel (C-3)

Works	Unit	Quantity	Unit Cost US\$	Cost 10 ³ US\$	Remarks
Direct Cost					
1. Excavation	m ³	1,330	135	179.55	Incline
2. Concrete in lining	"	560	195	109.20	
3. Reinforcement	t	17	800	13.60	
Total				302.35	

Item-B.10 Electrical Equipment (C-3)

Works	Unit	Quantity	Unit Cost US\$	Cost 10 ³ US\$	Remarks
1. Turbine	Unit	3	4,500,000	13,500.00	
2. Generator	Unit	3	5,000,000	15,000.00	
3. Transformer & Others	LS	1	10,000,000	10,000.00	
Total				38,500.00	

Item-B.11 Transmission Line (C-3)

Works	Unit	Quantity	Unit Cost US\$	Cost 10 ³ US\$	Remarks
Transmission line	L. S	1	2,000,000	2,000.00	
Total				2,200.00	

第 7 章 経済評価

7.1 経済評価の方法

(1) 発電計画の経済評価は、当該プロジェクトと同等のサービスを提供する代案プロジェクトとの比較という形で行われる。水力発電計画の場合、まづ代案プロジェクトとして、重油、石炭、原子力、および地熱発電等の火力発電設備の中から、最も低廉な火力発電設備を選定しそのコストと当該プロジェクトとのコストを比較するものである。

予備的な検討を行った結果、C-2およびC-3発電計画に対する代替発電設備としては、最も低廉な発電コストが得られる重油専焼火力を選定する。

したがって、経済評価は、重油専焼火力発電設備のコストを便益に置き換え、C-2およびC-3発電設備のコストと比較し、便益費用比および超過便益を求めることにより行う。

(2) 経済分析に用いる工事費は、下記に示す比率によって内貨と外貨とに分けた。その比率については、内貨分は、国内労務者の賃金、外国人労務者の現地滞在費、セメント、鉄筋等国内で調達される資材費および輸入資機材の国内輸送費を考慮し、その他のものは外貨に計上するものとして決定した。

	外 貨	内 貨
(i) 土木工事	20 %	80 %
(ii) 電気および水力機器	75 %	25 %
(iii) 送電線工事	70 %	30 %

(3) 第Ⅲ部1, 2項でも述べているように Santa 河の渇水時補給のために、同河川の最上流部に Recreta ダムを建設することが計画されている。その建設費は、既設 Cañón del Pato 発電所増設計画および El Chorro 発電所計画のみで、充分費用負担が出来ることになっているので、本検討ではその費用負担は考慮しないものとした。しかし、C-2およびC-3発電所も同ダムの建設により、大きなメリットを受けることになるので、これらの計画が更にフィジビリティ・スタディの段階に進んだ時点では上記 Cañón del Pato 発電所増設計画、El Chorro 発電所計画をも含めて、Recreta ダムの建設費用の配分を行う必要がある。

7.2 年間費用

「第6章 工事費」で述べたごとくC-2およびC-3発電計画の総工事費は、 406.44×10^6 US\$ であり、各施設ごとの工事費および耐用年数を示せば、Table - Ⅲ. 7. 1 および Ⅲ. 7. 2 のとおりである。

本計画の年間費用は、下記の条件で求めることとする。

- (i) 利子率：外貨、内貨共に 8.0 %
- (ii) 償却方法：減債基金法

(iii) 運転維持および管理費：総工事費の 2.0 %

以上の条件により求めた C-2 および C-3 発電所の年間費用は、Table-III. 7. 3 および III. 7. 4 に示すとおりであり、合計では 41.5×10^6 US\$ となる。

Table-III. 7. 1. Construction Cost and Useful Life (Yrs.) of Facility of C-2 Power Station

Item	Useful Life Years	Total Cost	(Unit: 10 ³ US\$)	
			Foreign Currency	Local Currency
1. Generating Facilities				
Civil Works	50	75,738	15,148	60,590
Hydraulic Equipment	50	2,418	1,814	604
Electrical Equipment	35	15,000	11,250	3,750
Engineering and Administration Cost		8,716	4,216	4,500
Others		6,488	1,995	4,493
Interest during Construction		14,400	14,400	0
Total		122,760	48,823	73,937
2. Transmission Line and Other Facilities				
Transmission Line and Others	35	8,000	5,600	2,400
Engineering and Administration Cost		1,000	500	500
Others		600	300	300
Interest during Construction		800	800	0
Total		10,400	7,200	3,200
Total Construction Cost		133,160	56,023	77,137

Table-III.7.2 Construction Cost and Useful Life (Yrs.) of Facility of
C-3 Power Station

Item	Useful Life Years	Total Cost	(Unit: 10 ³ US\$)	
			Foreign Currency	Local Currency
1. Generating Facilities				
Civil Work	50	162,188	32,438	129,750
Hydraulic Equipment	50	5,523	4,142	1,381
Electrical Equipment	35	38,500	28,875	9,625
Engineering and Administration Cost		18,859	9,000	9,859
Others		13,934	4,180	9,754
Interest during Construction		31,676	31,676	0
Total		270,680	110,311	160,369
2. Transmission Line and Other Facilities				
Transmission Line and Others	35	2,000	1,400	600
Engineering and Administration Cost		300	150	150
Others		180	90	90
Interest during Construction		120	120	0
Total		2,600	1,760	840
Total Construction Cost		273,280	112,071	161,209

Table-III.7.3 Annual Cost of C-2 Power Station

(Unit: 10 ³ US\$)		
Item	Investment	Annual Cost
1. Interest and Depreciation	<u>133,160</u>	<u>10,996</u>
1.1 Civil Works	102,210	8,335
1.2 Hydraulic Equipment	3,300	269
1.3 Electrical Equipment	17,250	1,480
1.4 Transmission Line, Sub-station and Com- munication System	10,400	892
2. Maintenance, Operation and Administration Expense	<u>133,160</u>	<u>2,663</u>
2.1 Generating Facilities	122,760	2,455
2.2 Transmission Line, Sub-station and Com- munication System	10,400	208
Total Annual Cost (C)		13,659

Table-III.7.4 Annual Cost of C-3 Power Station

(Unit: 10 ³ US\$)		
Item	Investment	Annual Cost
1. Interest and Depreciation	<u>273,280</u>	<u>22,524</u>
1.1 Civil Works	218,950	17,894
1.2 Hydraulic Equipment	7,455	609
1.3 Electrical Equipment	44,275	3,798
1.4 Transmission Line, Sub-station and Com- munication System	2,600	223
2. Maintenance, Operation and Administration Expense	<u>273,280</u>	<u>5,466</u>
2.1 Generating Facilities	270,680	5,414
2.2 Transmission Line, Sub-station and Com- munication System	2,600	52
Total Annual Cost (C)		27,990

7.3 年間便益

7.3.1 代替火力発電所の年間費用

(1) 代替火力発電所の想定

C-2, C-3 発電所の経済性検討に際し、比較評価の対象設備としては、次に述べる代替火力発電所を想定する。

(a) 代替火力発電所は、C-2, C-3 発電所の規模にはほぼ匹敵する大きさの重油専焼火力とする。

(b) 設置場所は Chimbote ~ Trujillo 附近とする。

(c) 建設費のうち機器価格は国際的な市場価格から想定する。

以上の条件を考慮した代替火力発電所の諸元を Table - III. 7. 5 に示す。

Table-III.7.5 Alternative Thermal Power Plant

Installed Capacity	(MW)	198
Unit Capacity	(MW x Unit)	66 x 3
Annual Plant Factor	(%)	70
Thermal Efficiency at Generating End	(%)	34
Annual Energy Production	(10 ⁶ KWh)	1,214
Present of Powerhouse Service Use	(%)	5
Annual Available Energy	(10 ⁶ KWh)	1,153
Annual Energy Consumption	(10 ³ Kl)	315.6
Construction Cost	(10 ⁶ US\$)	116.82

(2) 代替火力発電所の年間費用

代替火力発電所の規模は、単機出力 66MW 3 台で、設備出力 198MW とする。その年間費用は固定費と可変費に分けて算出すれば、Table - III. 7. 6 のとおりとなる。利率率は 8% とする。

kW あたりの年間費用は、kW あたり年間固定費に kW 補正率を乗じたものとする。kW 補正率を乗じる主たる理由は次のとおりである。すなわち、火力発電所は、水力発電所にくらべて、事故による停止および定期補修による停止が大きい。それ故系統に水力発電所を投入した

場合と同じ信頼度で電力を供給するためには、火力発電所はその停止に相当する分だけ大きな設備容量を必要とする。これを算入するための係数がkW補正率である。ここでは、さらに所内損失をも考慮し、kW補正率は1.22とする。kWh補正率は、送電損失と所内損失のみを考慮し1.05とする。したがって、代替火力発電所のkWあたりの固定費および可変費、いいかえればkWあたりの便益およびkWhあたりの便益はそれぞれ次のとおりである。

kWあたり便益	84	US\$
kWhあたり便益	0.022	US\$

7.3.2 販売可能電力量

「第5章 発電計画」で述べたごとく、C-2およびC-3発電所の年間可能発生電力量は、常時電力量で、 624×10^6 kWh および 988×10^6 kWh であり、特殊電力量を含めると 630×10^6 kWh および $1,192 \times 10^6$ kWh である、これらの電力量は建設後1~2年以内に全てが販売可能電力量となるが、特殊電力量については、既設の発電所の特殊電力量のほとんどが余剰となっており、有効化率は、少ないので今回は販売電力量としては計上しないこととした。なお、発電所の事故、補修による損失、Chimboteまでの送電損失を含めて、損失合計はTable-Ⅱ. 7.6に示す通り4.3%である。

7.3.3 C-2およびC-3発電所の年間便益

C-2およびC-3発電所の年間便益は、7.3.1項のkW当りおよびkWh当りの便益を用いて算出する。年間便益の計算に用いる出力(以下有効出力という)は需要地における供給可能出力とし、電力量(以下有効電力量という)は、販売電力量とし、それぞれ需要地までの損失率を5%として、その損失を差引いたものとする。したがって、有効出力および有効電力量は下記の通りとなる。

	有効電力 (MW)	有効電力量 (10^6 kWh) ()内は特殊電力量
C-2 発電所	68.4	593 (6)
C-3 発電所	150.1	939 (194)
計	218.5	1,532 (200)

したがって、年間便益は上記出力および有効電力量から計算すれば、

C-2 発電所

$$68,400 \text{ kW} \times 84 \text{ US\$} + 593 \times 10^6 \text{ kWh} \times 0.022 \text{ US\$} = 18,791,600 \text{ US\$}$$

C-3 発電所

$$150,100 \text{ kW} \times 84 \text{ US\$} + 939 \times 10^6 \text{ kWh} \times 0.022 \text{ US\$} = 33,266,400 \text{ US\$}$$

7.3.4 経済評価の結果

- 1) C-2およびC-3発電所の年間費用は7.2項で算出したごとく、13,659,000 US\$ および27,990,000 US\$ であり、年間便益は7.3.3で計算したごとく18,791,000 US\$ および33,266,000 US\$ である。

これから求める便益費用比 (B/C) および超過便益 ($B-C$) は、次の通りである。

	B/C	$B-C$
C-2 発電所	1.38	$5,172 \times 10^3$ US\$
C-3 発電所	1.19	$5,276 \times 10^3$ US\$
計	1.25	$10,408 \times 10^3$ US\$

この結果から、火力を建設し電力を供給するよりC-2およびC-3発電所を建設する方がはるかにすぐれているといえる。

- 2) 参考として将来、余剰電力量 210×10^6 kWhの50%または、100%が既設火力発電所の燃料の節約に使用出来るとし、売電単価を燃料費 0.020 US\$/kWhとして、経済評価を行うとその結果は次の通りである。

	販売可能な余剰電力量 (50%)	B/C	$B-C$
C-2 発電所	3×10^6 kWh	1.38	$5,192 \times 10^3$ US\$
C-3 発電所	97×10^6 kWh	1.26	$7,196 \times 10^3$ US\$
計	100×10^6 kWh	1.30	$12,388 \times 10^3$ US\$

	販売可能な余剰電力量 (100%)	B/C	$B-C$
C-2 発電所	6×10^6 kWh	1.39	$5,252 \times 10^3$ US\$
C-3 発電所	194×10^6 kWh	1.33	$9,156 \times 10^3$ US\$
計	200×10^6 kWh	1.35	$14,408 \times 10^3$ US\$

- 3) 前記(1)の結果は、インフレーションの影響を考慮しない場合のものである。ここでは参考としてC-2およびC-3発電所が運転を開始した後、インフレーションが6%で上昇すると仮定する。解析期間50年間で有効電力量を常時電力量のみとした場合の便益費用比 (B/C) および超過便益 ($B-C$) がどの程度インフレーションの影響を受けるか試算する。

- (a) インフレーションの影響を受ける費用項目

- (i) 水力発電設備；電気機器および送変電設備の再建設費，運転維持費，管理費およびその他

- (ii) 火力発電設備；設備の再建設費，運転維持費，保険および燃料費

なお、上記の費用項目は、同一のインフレーション率で上昇するものとする。

(b) 年間便益および年間費用

(a)の条件のもとに算出した解析期間50年にわたる均等化年間便益および年間費用は次のとおりである。

kW	あたりの便益	149.05	US\$/kW
kWh	あたりの便益	0.0584	US\$/kWh

	C-2 発電所	C-3 発電所	合計
年間便益 (B)	44.79×10^6 US\$	77.14×10^6 US\$	121.93×10^6 US\$
年間費用 (C)	18.89×10^6 US\$	38.31×10^6 US\$	57.20×10^6 US\$

(c) 便益費用比および超過便益

(b)から求まる便益費用比 (B/C)および超過便益 ($B-C$)は次の通りである。

	C-2 発電所	C-3 発電所	合計
便益費用比 (B/C)	2.37	2.01	2.13
超過便益 ($B-C$)	25.90×10^6 US\$	38.83×10^6 US\$	64.73×10^6 US\$

以上の結果からわかるように、インフレーションの影響を考慮すればC-2およびC-3発電所の経済性は、代替火力発電設備に比較し更に有利になる。これは後者の年可変費（主として燃料費）が前者に比較し極めて大きいことと、前者の耐用年数が後者に比し長いことによる。

7.4 電力コスト

7.3.2 項で述べたC-2およびC-3発電所の販売可能電力量と7.2項で述べた年間費用の関係から、C-2およびC-3発電所の各需要地の変電所渡しのkWh当りの電力コストは、建設後2年以内にkWh当り0.027 US\$となり、また、将来余剰電力量が有効化した時点では0.024 US\$となる。

Table-III.7.6 Estimated Annual Cost of Alternative Thermal Plant

Item	Unit	Fixed Cost	Variable Cost	Notes
Interest and Depreciation	10 ³ US\$	10,377	-	Serviceable Years; 30 (*1) C.R.F. = 0.0888 ³
Operation, Maintenance and Administration Cost	10 ³ US\$	2,336	584	Construction Cost x 0.025 Fixed Cost 80% Variable Cost 20%
Insurance and Others	10 ³ US\$	841	-	Insurance and Others ; Construction Cost x 0.0072
Fuel Cost	10 ³ US\$	-	24,756	315.6 x 10 ³ (K1) x 78.44 (\$/K1)
Total	10³US\$	13,554	25,340	
Annual Cost at Sending End				
Cost per KW	US\$	84	-	$\frac{13,554 \times 10^3}{198,000} \times 1.22^{(*2)}$
Cost per KWh	US\$	-	0.022	$\frac{25,340 \times 10^3}{1,214 \times 10^6} \times 1.05^{(*3)}$

(Note) *1 Capital Recovery Factor (i = 8.0%)

*2, *3 KW, KWh, adjustment Factor

Item		Hydro	Steam
Transmission Loss (%)		1.5	1.5
Station Service Loss (%)		0.3	5.0
Failure Loss (%)		0.5	5.0
Repair Loss (%)		2.0	14.0

$$\text{KW Adjustment Factor} = \frac{(1-0.015) \times (1-0.003) \times (1-0.005) \times (1-0.02)}{(1-0.015) \times (1-0.05) \times (1-0.05) \times (1-0.14)} = 1.22$$

$$\text{KWh " " } = \frac{(1-0.015) \times (1-0.003)}{(1-0.015) \times (1-0.05)} = 1.05$$

第 8 章 今後の調査

C-2, C-3 発電計画のフィジビリティ・スタディを開始するに当り必要な調査事項を述べる。

8.1 水文調査

流量資料は良く整備されていて、Manta と Chuquicara 測水所を除けば満足する状態にある。したがって、今後とも前記 2 測水所を含めて、永続的な観測を行うよう勧告する。

8.2 水質調査

Santa 河に関しては、水質調査は定期的且つ永続的に行われている。したがって、C-3 調整池を設ける Tablachaca 川についても、流下土砂および河床流下土砂の調査、研究の一翼をなす水質調査を行うことを勧告する。

8.3 地形調査

計画区域をカバーする地形図は、陸軍地図局 (Instituto Geográfico Militar) によって作成された 1/100,000 (色刷り) の地形図があり、また、空軍航空写真局 (Servicio Aerofotográfico Nacional) によって作成された 1/25,000 (20m 等高線) や 1/10,000 (10m 等高線) の地形図がある。農林省によっても、1/25,000 (25m 等高線) が作成されている。

なお、今後フィジビリティ調査に必要とされる下記の地形図を作成することを勧告する。

- (i) C-2 発電所計画地点の 1/1,000 地形図
- (ii) C-3 調整池ダム計画地点の 1/1,000 地形図
- (iii) C-3 発電所計画地点の 1/1,000 地形図

また、El Chorro 発電所より、C-2, C-3 発電所および C-3 調整池までの水準測量を実施することを勧告する。

8.4 地質調査

各計画地点共、地表踏査や航空写真を基とした検討が主で、地質工学的見地からの詳細な調査は未だ実施されていない。したがって、フィジビリティ調査に必要な以下に掲げる地質図を作成することを勧告する。

- (i) 全トンネル・ルート of 地表踏査による地質図 (縮尺 1/25,000)
- (ii) C-2 および C-3 発電所附近の地表踏査による地質図 (縮尺 1/1,000 若しくは 1/5,000)
- (iii) C-3 調整池附近の地表踏査による地質図 (縮尺 1/1,000)
- (iv) Manta 川取水ダム附近の地表踏査による地質図 (縮尺 1/1,000)

また、調査工事としては、下記に掲げる事項について実施することを勧告する。

- (i) Manta川取水ダム附近にボーリングを行うこと ……………15m × 3本=45m
- (ii) C-3調整池ダム附近で物理探査を行うこと …………… 1,000 m
- (iii) C-3調整池ダム附近にボーリングを行うこと ……………30m × 3本=90m
- (iv) C-2およびC-3地下発電所地点にボーリングを行うこと …………… 400 m
若しくは横坑を入れること …………… 400m ~ 600m

8.5 建設材料

建設材料の採取地としては、下記の地点が考えられる。

- (i) Santa河とTablachaca川との合流点下流5 km 地点
- (ii) Santa河とGrande川との合流点附近およびその上流のMirador地区
- (iii) Manta川

先づ上記地点の材料試料を採取し試験室において材料試験を行いその適否をチェックする。その後、建設材料の採取可能数量を調査孔、またはトレンチによって確認する事を勧告する。

8.6 水車の磨耗についての調査

既設発電所の水車の磨耗の実績と流下土砂との関連調査を行うこと。

