

ヨルダン共和国

アトラート河水力発電開発計画

マスタープラン報告書

1982年3月

国際協力事業団

コロンビア共和国

アトラート河水力発電開発計画

マスタープラン報告書

JICA LIBRARY



1031760[0]

1982年3月

国際協力事業団

國際協力事業団	
納入 年月 84.8.28	705
登録No. 14269	64.3
	MPN

は し が き

日本政府は、コロンビア共和国政府の要請に基づき同国アトラート河水力発電開発計画のフィージビリティ調査を行うこととし、その実施を国際協力事業団に委託した。

当事業団は 吉沢広吉氏（電源開発株式会社）を団長とする調査団を編成し、1981年7月11日より30日間及び9月26日より15日間の2回にわたる現地調査を行った。

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

本報告書はこの成果を取りまとめたものである。本報告書がコロンビア共和国の電力需要増に対応する水力発電開発に貢献できれば幸いである。

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

1982年3月

国際協力事業団

総裁 有田 圭 輔

アトラート河・水力発電開発計画マスタープラン報告書

目 次

1. 序 論	1-1
1.1 経 緯	1-1
1.2 報告書の目的とその範囲	1-1
1.2.1 目 的	1-1
1.2.2 範 囲	1-1
1.3 調査と検討	1-2
1.3.1 現地調査	1-2
1.3.2 検 討	1-4
1.4 検討に使用した資料	1-4
2. 結論と勧告	2-1
2.1 結 論	2-1
2.2 勧 告	2-13
3. 基本計画の概要	3-5
3.1 プロジェクト地域の概要	3-5
3.2 計画の一般概要	3-6
3.2.1 El Siete No 1 発電計画 (160 MW)	3-25
3.2.2 El Siete No 2 発電計画 (124 MW)	3-28
3.2.3 El Once 発電計画 (176 MW)	3-32
3.2.4 El Dieciocho No 1 発電計画 (252 MW)	3-44
3.2.5 El Dieciocho No 2 発電計画 (261 MW)	3-47
3.2.6 El Lloro 発電計画 (147 MW)	3-57
3.2.7 アトラート河・上流部の電力を送電するための送変電計画	3-60
4. 検討結果	4-1
4.1 アトラート河・電力開発の意義	4-1
4.2 コロンビア国の一般電力事情	4-2
4.2.1 電力の現況	4-2
4.2.2 1988 年までの電力開発中期計画	4-14

4.2.3	1989年より1995年までの電力開発構想(案)	4-25
4.3	地質	4-32
4.3.1	初めに	4-32
4.3.2	既存地質資料および踏査概要	4-32
4.3.3	一般地形・地質概要	4-34
4.3.4	El Siete No 1, No 2地点の地質	4-41
4.3.5	El Once 地点の地質	4-46
4.3.6	El Dieciocho No 1, No 2地点の地質	4-50
4.3.7	El Lloro 地点の地質	4-55
4.4	水文解析	4-59
4.4.1	アトラート河・上流部の一般気象条件	4-59
4.4.2	既設測水所とその流量資料	4-71
4.4.3	計画地点の流量解析	4-81
4.4.4	各計画地点の計画洪水量の推定	4-98
4.5	開発計画案の検討	4-104
4.5.1	開発計画の構想	4-104
4.5.2	各計画地点の発生電力量の算定	4-107
4.5.3	各計画地点の最大使用水量, 最大出力の検討	4-115
4.5.4	各計画の概算工事費の積算	4-122
4.5.5	各計画の経済性判断	4-124
5.	今後の調査工事とフィジビリティ調査の進め方	5-1
5.1	地形測量	5-1
5.2	地質調査	5-2
5.3	フィジビリティ調査の進め方	5-4

APPENDIX

APPENDIX-I Photomicrograph and Petrographic Description of Rock.
APPENDIX-II Rating Curve

DRAWINGS LIST

<u>DWG - 01</u>	Key and Location Map
<u>DWG - 02</u>	General Layout of Project Area
<u>DWG - 03</u>	Geology, Geological Map of Planning Area
<u>DWG - 04</u>	Geology, Lineament Map
<u>DWG - 05</u>	General Plan El Siete No.1, No.2 Project and El Once Project
<u>DWG - 06</u>	General Plan, El Dieciocho No.1 No.2 Project
<u>DWG - 07</u>	General Plan, El Lloro Project
<u>DWG - 08</u>	General Profile, Whole Projects
<u>DWG - 09</u>	Profile of Water Way, El Siete No.1, No.2 Project and El Once Project.
<u>DWG - 10</u>	Profile of Water Way, El Dieciocho No.1, No.2 Project
<u>DWG - 11</u>	El Siete No.1 Project, Plan & Section of Dam and Power Station
<u>DWG - 12</u>	El Siete No.2 Project, Plan & Section of Intake Dam and Power Station
<u>DWG - 13</u>	Map of Proposed Topografical Survey
<u>DWG - 14</u>	Location Map of Proposed Geological Sub-surface Investigation Works
<u>DWG - 15</u>	Map of Observation Area for Concrete Materials

第1章 序 論

TABLE LIST

Table 1-2-1 Survey Schedule

1. 序 論

1.1 経 緯

昭和 55 年 9 月、コロンビア共和国政府はアトラート河上流部の電力開発計画を検討するための技術協力援助を日本政府に要請してきた。日本政府は直ちに国際協力事業団（JICA）へその検討を命じ、国際協力事業団は昭和 56 年 3 月、高橋三千夫技師を団長とする 5 名で構成する事前調査団をコロンビア国へ派遣し、現地調査を実施するとともに、コロンビア国側の担当機関である企画庁（DNP）、電力公社（ICEL）とアトラート河電力開発計画検討の進め方について打合せを行い、合意した事項を基に、同計画を日本政府の技術協力で実施する主旨の協定書を作成し調印した。

国際協力事業団は、この協定書に基づき、昭和 56 年 7 月、コロンビア国へ、吉沢広吉技師を団長とし、6 名の団員で構成する第一次調査団を派遣し、具体的・調査実施計画に関する打合せを行い、その合意事項を Inception Report として取まとめるとともに、アトラート河上流部の電力開発マスタープラン作成のための現地調査、関連資料の収集を行った。

第一次調査団は帰国後すぐ、現地で得た資料を基に、検討作業に入り、昭和 57 年 3 月、“アトラート河水力発電開発計画マスタープラン報告書”の作成を終了し、コロンビア国へ提出するに至ったものである。

1.2 報告書の目的とその範囲

1.2.1 目 的

本報告書はアトラート河上流部に於ける電力開発計画のマスタープランを策定し、その検討結果を取まとめるとともに、第二次調査すなわち、フィジビリティ調査に入るべき計画地点の選定を行う事を目的としたものである。

1.2.2 範 囲

今回、調査・検討の対象とした地域はアトラート河上流部であり、しかも、アトラート河本流筋に限定した。これは国道沿い、あるいは舟で立入る事が可能である地点以外は、現地に立入る事が全く不可能であるためである。

一方、1980 年、企画庁（DNP）が包蔵水力調査を行った際、アトラート河上流部で取上げている計画地点につき、検討を進める目的もあったので、本調査の範囲はアトラート河本流筋に限定した。しかし、アトラート河上流部と言えども、上流の El Siete 地点から最下流の El Lloro 地点に至るまで 120 Km に及ぶ河川である。また、河床高も 1,460 m から 45

mに至る標高差1,415mを発電に利用できる河川であり、その間に6つの発電計画が立案される。これらの計画地点をすべて検討の対象とした。

1.3 調査と検討

1.3.1 現地調査

第一次調査は昭和56年7月11日から同年8月9日の約1ヶ月に亘り実施し、調査団員は以下に示す電力分野の専門家6名で構成した。

職名	氏名	専門職	所属会社
調査団長	吉沢 広吉	土木技師	電源開発(株)
団員	師岡 俊夫	経 済	JICA
"	清野 正幸	土木技師	電源開発(株)
"	萩原 輝雄	電気技師	"
"	石井 秀夫	地質技師	"
"	高木 徹	土木技師	"

調査団が行動した調査工程の実績は、Table 1-2-1 に示す通りである。

Table 1-2-1 Survey Schedule

No.	Date	Journey	Activities	Stay
	<u>Jul. '81</u>			
1	11	Tokyo → New York	Travel	New York
2	12	New York → Bogota	Travel	Bogota
3	13		Visiting the Japanese Embassy, DNP and ICEL	Bogota
4	14		Meeting with ICEL	Bogota
5	15	Bogota → Medellín	Data collection and meeting with ISA	Medellin
6	16	Medellin → Quibdo	Data collection	Quibdo
7	17		Field survey at El Lloro site	Quibdo
8	18		Field survey at El Lloro site	Quibdo
9	19	Quibdo → Medellín	Travel	Medellin
10	20		Data collection at ISA	Medellin
11	21		Data collection at ISA	Medellin
12	22	Medellin → Carmen	Travel field survey at El Dieciocho site	Carmen
13	23		Field survey at El Dieciocho site	Carmen
14	24		Field survey at El Dieciocho site	Carmen
15	25		Field survey at El Dieciocho site	Carmen
16	26		Field survey at El Once site	Carmen
17	27		Field survey at El Siete site	Carmen
18	28		Field survey at El Siete site	Carmen
19	29		Field survey at El Siete site	Carmen
20	30	Carmen → Medellín	Data collection at ISA	Medellin
21	31		Data collection at ISA	Medellin
	<u>Aug. '81</u>			
22	1	Medellin → Bogota	Travel	Bogota
23	2		Data arrangement	Bogota
24	3		Data collection	Bogota
25	4		Data collection and meeting with ICEL	Bogota
26	5		Data collection	Bogota
27	6		Visiting ICEL and the Japanese Embassy	Bogota
28	7	Bogota → San Francisco	Travel	San Francisco
29	8	San Francisco → Tokyo	Crossing the date line	in flight
30	9		Travel	

調査団は上記の調査期間を通じて、各計画地点の概況、地形、流量、地質状況を調査するとともに、携行した機材で地形の簡易測量を実施した。更に、検討に必要な資料の収集に当たった。

1.3.2 検 討

現地で得た資料を基に、調査団は昭和 56 年 8 月から昭和 57 年 1 月までの 6 ヶ月間に亘り、東京に於いてアトラート河上流部の電力開発計画の立案を行い、地形図の作成、水文解析、地質の検討、発生電力量の推定、概算工事費の積算、計画の経済性等の検討を実施した。

その間、調査団は地形図（縮尺 1/25,000, 1/10,000）の作成に、また、水文解析に相当の労力をさかざるを得なかった。その原因は地形図、水文資料の不備であり、それらの基礎資料を整備する事が先決であった。地形図はレーダー画像および今回調査団がコロンビアで入手した、航空写真により専門業者に図化作業を発注して作成した。しかし、レーダー画像は立体視不能であり、航空写真は図化を目的として撮影されたものではなく、図化に必要な写真のデータを伴っていなかったため、図化にある程度の不正確さは避けられなかったが、マスタープラン策定に支障のない地形図とするため、調査団が現地で実施した簡易測量のデータを図化に使用して地形図を作成した。

一方、水文資料についても、検討対象地域内にある測水所の記録が HIMAT にも整理保管されていない現状であったので、調査団が現地に於いて各測水所をたずね、観測原簿より、筆写して入手した水位記録を使用し、昭和 56 年 9 月実施した流量測定値の唯一のデータを基に水位流量曲線を東京で作成し、流量を算出した。

以上の基礎資料を基に、調査団は解析、検討を行い、本報告書を作成した。また、調査団長・吉沢広吉は昭和 57 年 2 月 1 日より同年 2 月 15 日までの 2 週間、この報告書のドラフトを携え ICEL を訪問し、検討結果の説明および最終調整を行った。

なお、ICEL の Ing. Eugenio Peña Barrera（土木技師）は本報告書の作成過程における解析、検討に参画するため来日し、約 45 日間東京に滞在した。

1.4 検討に使用した資料

現地に於いて、検討のため多くの資料を入手したが、東京に於ける検討に使用した主なものは以下の通りである。

- (1) 地形図（縮尺 1/100,000）；アトラート河上流部の概要、計画の流域面積の推定に使用。
（ Instituto de Geograficos ）
- (2) 雨量観測資料（期間 22 年）；流量の推定および洪水量の解析に使用。
（ HIMAT ）

(3) 測水所の水位観測値；流量解析に使用。

(HIMAT)

(4) ICEL, ISA の年報；一般電力事情の理解のため使用。

(5) DNP 作成の水力調査報告書；地質の一般概要図を使用。

(6) 航空写真；縮尺 1/25,000 地形図作成に使用。

(Instituto de Geograficos)

(7) ISA 作成の長期発電計画書；長期計画の検討に使用。

計画の検討には上記の他、ICEL および ISA より、説明をうけた事項も、検討を進めるうえで参考資料とした。

第2章 結論と勧告

FIGURE LIST

Fig. 2-1-1 SCHEDULE OF EL SIETE No.1, No.2 PROJECT

TABLE LIST

Table 2-1-1	Annual Discharge at the Project Sites
Table 2-1-2	Head of Project
Table 2-1-3	Outline of the Projects
Table 2-1-4	Monthly Energy Production
Table 2-1-5	Estimated Construction Cost
Table 2-1-6	Economic Effect of Project
Table 2-1-7	Quantity of Boring Works

2. 結論と勧告

アトラート河上流部に於ける電力開発計画マスタープランに関し、第1次調査団は、1981年7月から1982年の1月の7ヶ月間に亘り現地調査も含め、検討業務を行った。その結果、以下に記述する結論と勧告事項を得る事ができた。

2.1 結 論

以下、今回のスタディで得る事ができた事項につき、項目ごとに記述するが、結論のポイントは次の通りである。

アトラート河上流部は、電力開発計画を進めた場合、これらの計画は、コロンビア国内では数ある計画の中でも、技術的、経済的な観点からみて優良なプロジェクトとなる。その開発規模は1,120 MWであり、この開発計画を促進する事により、コロンビア国の電力供給を安定させる事ができるとともに、経済発展に資する事ができる。

アトラート河上流部の電力開発計画は、El Siete No.1計画160 MW, El Siete No.2計画124 MW, El Once計画176 MW, El Dieciocho No.1計画252 MW, El Dieciocho No.2計画261 MW, El Lloro計画147 MWの6つの計画で構成される。

その中でも、El Siete No.1, No.2計画(合計出力284 MW)は技術的問題も少く、経済性に優れ、しかも、早期開発が可能である。次いで、El Dieciocho No.1, No.2(合計出力513 MW)を開発して行くべきである。以下、今回得た結論について記述する。

(1) 計画地点の位置

アトラート河はコロンビア国の北西部にあるChoco県の中央部を北流して、カリブ海にそそぐ、コロンビア国に於ける第3位の規模をもつ大河川である。

今回検討した発電計画マスタープランの対象地区であるアトラート河上流部は、西アンデス山脈の西側斜面を源流とし、急勾配で西流して流下している部分で、コロンビア主要都市Medellinの南西約100 Kmに位置している。

その地区内にある主な村落はCarmen de Atrato, El Siete, El Dieciochoで、いずれも小さな村落である。中流部にはChoco県の県都であるQuibdo市(人口約3万人)があるが、Choco県は未開発地帯であり、計画地点もその中にある。但し、Medellin市よりQuibdo市へ通じる国道がアトラート河上流部にそって設けられているので、計画地点はChoco県内でも、比較的開発の手が伸びている地域である。計画地点への交通もMedellinより自動車で4.5時間でCarmen de Atrato部落へ行く事ができる。従って、計画地点は、この道路を利用することによって可能である。また、この道路は、計画の早期開発を可能にしている。

(2) 地 形

アトラート河上流部の地形を正確に掌握する事ができる地形図はなく、既存の地形図（縮尺 1/1,500,000）では、その目的を充たす事はできない。一方、1/100,000 の地形図は Instituto Geografico より発行されてはいるが、標高を示す等高線を表示しておらず地形を知る事はできない。従って、今回の調査で入手した El Siete No 1, El Siete No 2, El Once 計画地点をカバーしている航測写真と El Dieciocho No 1, El Dieciocho No 2 をカバーしているレーダー写真により、地形の掌握を最少限度ではあるが行った。

これらの既存の資料・地形図のみでは、計画策定の精度を上げる事は無理であり、第 1 次調査団は、上記の航測写真を利用して、現地で行った簡易測量のデーターを基に、縮尺 1/25,000, 1/10,000 の地形図を東京に於いて作成した。

この地形図は、計画立案を可能にするものであり、アトラート河上流部に於ける従来の計画、特にダム水路式開発即ち、El Siete, El Dieciocho の両計画を全面的に修正する必要がある事が、この地形図によって判明した。

この地形図は発電計画のマスタープランの策定には適用できるが、計画のフィジビリティ検討に使用できるものではない。従って、今後、正確な航測写真測量を実施する必要がある。

(3) 各計画地点の流況

アトラート河上流部では、計画地点の流量を判断できる測水所は El Siete, Puente de Sanchez, Arayanes, Lloro の 4 測水所のみである。これらの測水所は、Puente de Sanchez を除いて、いずれも、1980 年あるいは 1981 年に HIMAT によって、新設されたもので、その観測年数が極めて短期であるため、今回の発電計画の検討に適用できない。今回の検討に使用できる測水所は、1975 年に設置され、約 6 年間の観測記録をもつ、Puente de Sanchez 測水所のみである。この測水所の記録は El Siete No 1, No 2 発電計画に適用できる。その他の発電計画、El Once, El Dieciocho No 1, No 2 および El Lloro 計画については前記の測水所を利用して、流量を解析する事はできない。従って、今回の検討に於いては、流域内にある雨量観測所の降水量データーより流出係数を考慮して推定流量を算出し、計画地点の流量を推定した。

その結果、各計画地点の年平均流量は以下の通りである。

Table 2-1-1 Annual Discharge at the Project Sites

Project	Unit: m ³ /s				
	Run-off discharge			Available discharge for power generation	
	Average	Maximum	Minimum	Lowest five discharge	Average
El Siete No.1	21.9	59.5	4.4	16.0	21.3
El Siete No.2	35.3	111.3	8.5	25.6	33.7
El Once	89.0	333.8	18.9	64.5	85.2
El Dieciocho No.1	94.8	357.6	19.9	68.5	90.6
El Dieciocho No.2	114.9	427.3	25.4	83.2	110.2
El Lloro	292.4	844.0	87.6	213.3	287.1

Note: Lowest five discharge Average available discharge for lowest five days in a month.

(4) 開発方式

アトラート河上流部の電力開発マスタープラン策定に当り、地形、地質、河川状況、流況を考慮して、検討を行った結果、ダム-水路式開発とダム式開発方式が適用される。ダム-水路式は El Siete No.1, No.2 計画, El Dieciocho No.1, No.2 計画に適用され、発電に利用する落差をダムと水路で得る方式である。一方、ダム式は El Once, El Lloro 計画に適用し、ダムで得た落差を発電に利用する方式である。

また、流量の調整能力はいずれの計画も、河川状況からみて、季節調整を可能とする貯水池を得る事は無理であり、日間調整方式を適用する事にした。

各計画につき、ダムと水路で得られる落差を区分してみると以下の通りである。

Table 2-1-2 Head of Project

Project	Unit: m			Form of Development
	Head			
	Total	by Dam	by Waterway	
El Siete No.1	490	55	435	Dam and Waterway type
El Siete No.2	260	15	245	Dam and Waterway type
El Once	127	110	17	Dam type
El Dieciocho No.1	175	80	95	Dam and Waterway type
El Dieciocho No.2	150	45	105	Dam and Waterway type
El Lloro	30	30	-	Dam type
Total	1,232	335	897	

上記の数値が示すように、発電に利用する総落差1,232mのうち、ダムで得る落差は27%の335mであり、導水路で得る落差は73%の897mで、大部分は導水路で利用落差を得る開発方式となる。

また、地下式発電所を適用するのはEl Dieciocho No.2 261MWのみであり、他の計画地点はすべて、明り(屋外)に発電所を設ける計画とした。

(5) 基本開発計画

今回、アトラート河上流部をスタディの対象とし、上流よりEl Siete No.1 160MW、El Siete No.2 124MW、El Once 176MW、El Dieciocho No.1 252MW、El Dieciocho No.2 261MW、El Lloro 147MWの合計1,120MWの開発計画案を立案した。

その計画概要は、以下に示す通りである。

Table 2-1-3 Outline of the Projects

Description	Unit	El Siete No. 1	El Siete No. 2	El Once	El Dieciocho No. 1	El Dieciocho No. 2	El Lloro	Total
Type of Development		Dam and waterway	Dam and waterway	Dam	Dam and waterway	Dam and waterway	Dam	
Maximum Output	MW	160	124	176	252	261	147	1,120
Maximum Discharge	m ³ /s	40	60	170	180	220	600	
Effective Head	m	472	245	122	165	140	29	
Annual Energy	GWh	735	608	753	1,091	1,115	592	4,894
Plant Factor	%	52.4	56.0	48.8	49.4	48.8	45.9	49.9
Hight of Dam	m	55	15	110	80	45	30	
Length of Headrace Tunnel	m	3,300	6,500	600x2	4,500	Playa Headrace 2,100	-	
Length of Penstock line	m	2,300	1,300	600x2	350x2	350x2	-	
Length of Tailrace Tunnel	m	-	-	-	-	4,900	-	
Type of Powerhouse		Ground Surface	Ground Surface	Ground Surface	Ground Surface	Under Ground	Ground Surface	
Number of Unit		2	2	2	2	2	3	
Construction Cost	10 ⁶ US\$	139	114	347	347	287	263	1,497
Construction Cost per kW	US\$	869	919	1,972	1,377	1,100	1,789	1,337
Generating Cost per kWh	US\$	0.023	0.023	0.055	0.038	0.031	0.053	0.037
Priority		1	2	6	4	3	5	

前記の表が示す通り、経済性の順位からみると、各計画のうち、早期に開発すべき計画はEl Siete No.1, No.2(合計出力284MW)とEl Dieciocho No.1, No.2(合計出力513MW)の4計画である。この4計画の中でもEl Siete No.1, No.2計画の方が、その経済性がEl Dieciocho No.1, No.2計画よりも優れている。

また、El Siete No.1, No.2計画は、コロンビア国が1988年以降の開発地点として検

討中の計画の中でも優れた計画である。従って、アトラート河上流部に於いて、先ずフィジビリティ・スタディに入るべき計画は El Siete No 1 , No 2 (合計出力 284 MW) 計画であると結論できる。

El Siete No 1 , No 2 計画は(2)項でも記述した通り、地形図の整備もやり易く、国道沿いに在るので調査も十分可能である。また、Puente de Sanchez 測水所の流量記録も 1975 年からあるので、流量状況を 6～7 年に亘って検討できるなど各計画の中でも、最も基礎資料を得る事ができる計画である。

他の計画は流量資料を整備するだけでも、今後、少くとも 5～6 年の期間が必要である。従って、これらの計画がフィジビリティ・スタディに入れる時期は検討に必要な流量資料が整備される 5 年後としても 1987 年頃になるであろう。この点のみを見てもフィジビリティ・スタディに先ず着手すべき計画は El Siete No 1 , No 2 計画である。

<計画の概要は 3 章参照>

(6) 年間発生電力量

アトラート河上流部・電力開発計画では(5)項で記述した 6 計画で年間 4,894 GWh の電力量を生産できる。その中で El Siete No 1 , No 2 および El Dieciocho No 1 , No 2 の 4 計画のみを開発しても、年間 3,549 GWh の電力量を生産できる。この事は約 820,000 kℓ/年の石油消費を節減できる事を意味している。各計画地点の年間発生電力量は Table 2-1-4 の通りである。

Table 2-1-4 Monthly Energy Production

Project Month	El Siete		El Dieciocho		Sub-total	El Once		Total
	No. 1	No. 2	No. 1	No. 2		El Lloro	El Lloro	
January	48.4	41.5	77.4	79.1	246.4	53.2	41.8	341.4
February	38.4	32.5	59.2	60.7	190.8	40.8	31.8	263.4
March	43.7	35.0	60.7	62.0	201.4	41.9	33.8	277.1
April	61.0	50.4	89.6	90.9	291.9	61.8	46.5	400.2
May	70.1	58.8	106.3	108.1	343.3	73.3	55.7	472.3
June	69.8	54.4	91.9	94.0	310.1	63.5	51.9	425.5
July	62.7	48.9	80.8	83.0	275.4	55.9	48.1	379.4
August	65.1	52.1	89.8	92.5	299.5	62.0	54.8	416.3
September	62.7	53.1	96.9	99.3	312.0	66.8	54.1	432.9
October	78.3	66.7	123.9	126.0	394.9	85.4	62.5	542.8
November	74.0	62.2	114.2	116.2	366.6	78.7	58.1	503.4
December	60.6	52.7	100.6	103.0	316.9	69.3	52.6	438.8
Total	734.8	608.3	1,091.3	1,114.8	3,549.2	752.6	591.7	4,893.5

上記の数値で見ると、アトラート河上流部に於いては、1月～3月の3ヶ月間が渇水期に当り、この間は発生電力量も低下するが、4月～12月は比較的豊水である。この事は、他の既設水力発電所が7月～9月に渇水期となる時期に、アトラート河筋の計画地点では逆に豊水期に当たるので、アトラート河筋で発電する電力量は2次電力化せず、極めて、有効に売電できる事を意味している。

(7) 概算工事費

各計画地点につき、1981年時点で、概算工事費を積算した結果は以下の通りである。El Siete No.1, No.2 (合計出力284MW)を開発するためには、合計金額253百万ドルの工事資金が必要である。また、それにEl Dieciocho No.1, No.2を含め、最大出力合計797MWを開発するためには887百万ドル必要である。その工事費を土木工事、機器代、その他に分類した内訳は下記の通りである。

Table 2-1-5 Estimated Construction Cost

Project	Civil Works	Elec. & Mech. Equipment	Unit: 10 ⁶ US\$	
			Others	Total
El Siete No.1	81	18	40	139
El Siete No.2	65	20	29	114
El Dieciocho No.1	207	37	103	347
El Dieciocho No.2	170	41	76	287
Sub-Total	523	116	248	887
El Once	212	32	103	347
El Lloro	138	53	72	263
Total	873	201	423	1,497

Note: Others are comprised compensation, Engineering fee, contingency and interest during construction period.

(8) 各計画の経済性

各計画のKW当り建設工事費、KWh当り発電原価(年経費率12%)を求め比較してみると以下の通りである。

Table 2-1-6 Economic Effect of Project

Project	Maximum Output	Annual Energy Production	Roughly Estimated Construction Cost	Construction Cost per kW	Generating Cost per kWh
	(MW)	(GWh)	(10 ⁶ US\$)	(US\$/kW)	(US\$/kWh)
El Siete No.1	160	735	139	869	0.023
El Siete No.2	120	608	114	919	0.023
(1) Sub-Total	(284)	(1,343)	(253)	(894)	(0.023)
El Dieciocho No.1	252	1,091	347	1,377	0.038
El Dieciocho No.2	261	1,115	287	1,100	0.031
(2) Sub-Total	(513)	(2,206)	(634)	(1,238)	(0.034)
(3) El Once	176	753	247	1,972	0.055
(4) El Lloro	147	592	263	1,789	0.053
(1) ~ (4) Total	1,120	4,894	1,397	1,337	0.037

上記の数値でみると、El Siete No.1, No.2 計画はKW当り建設費が総合でUS\$ 891/KW, 発電原価がUS\$ 0.023/KWhであり、A-クラスに属し、現在コロンビアに於いて、検討されている他の水力プロジェクトと対等の価値をもつ計画である。従って、(5)項でも記述したように、アトラート河上流部の計画地点では、初めにフィジビリティ・スタディに着手すべきである。

El Dieciocho No.1, No.2 計画はKW当り建設費が総合でUS\$ 1,236/KWであり、発電原価もUS\$ 0.034/KWhで経済性に於いてB-クラスである。しかし、今回は十分な資料(流量データ、地形図、その他)を利用して、計画できぬ事情にあったので、今後の調査により、その経済性を高める事ができる可能性を持つ計画である。今回の計画では工事費の内訳を見ても理解できるように、ダムのコスト負担が大きい。その原因はEl Once計画の経済性が悪いため、El Once計画の効果を考慮せずにEl Dieciocho No.1ダムの貯水、堆砂容量を設定する必要があり、また、不備な地形図を使用した計画であるため、ダム高が80mとなり、その工事費が大きくなったためである。

El OnceおよびEl Lloro計画はいずれもダム式の開発地点であり、ダムコストの負担が大きいため、その経済性が劣る。しかし、将来、石油火力の燃料費が高くなった場合、経済性が生ずる可能性はもっている。

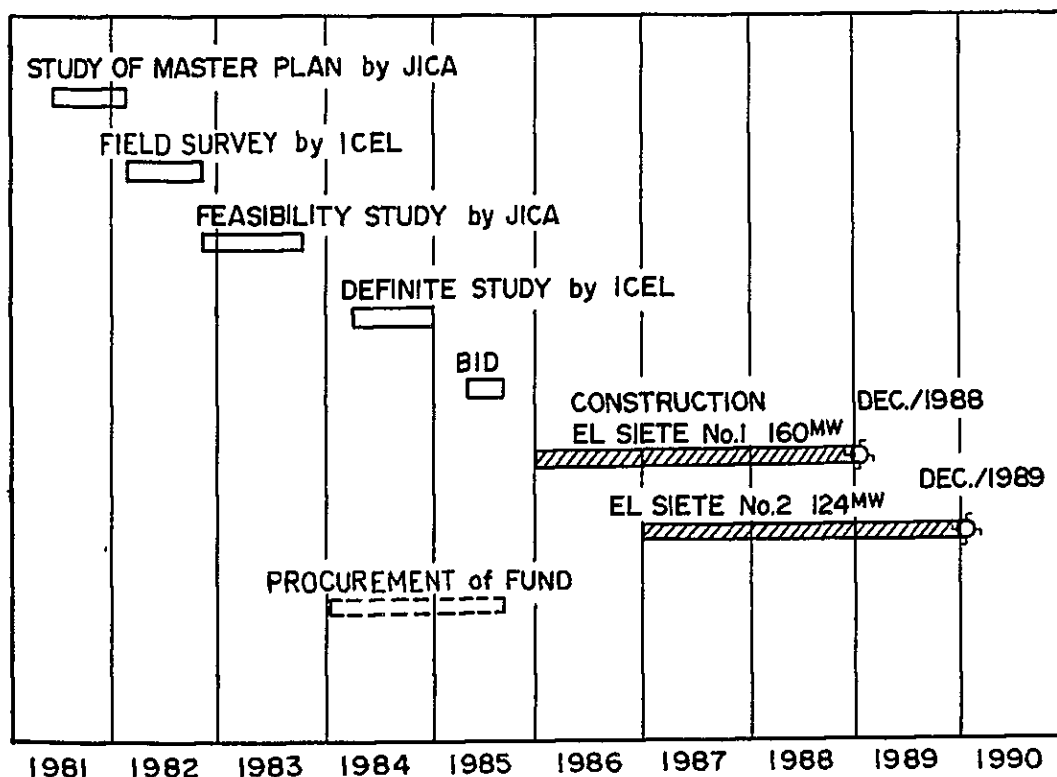
また、El Once 計画についてはアトラート河本流と Grande 川を水路式に開発する計画案も考えられるので、Grande 川の流量データが整備された時点で、あらためて検討すべき地点である。

El Lloro 計画については、ダム式の開発以外考える事ができない地点である。従って、今回、検討した案より、経済性を高める事はできない。また、Lloro ダムサイト地点では、住民の交通手段はカヌーによる舟運にすべて依存している。そのため、河川の下流水位を維持するため、発電所の運転に制限をうける欠点をもっている。この事は発電価値をより低下させるものであり、この計画の経済性を悪くする要素となる。

(9) El Siete No.1, No.2 計画の運転開始年

El Siete No.1, No.2 計画の運転開始までの工程を検討した、その結果は Fig 2-1-1 に示す通りである。この工程は El Siete No.1, No.2 計画について順調にスタディを進め、資金調達を下記の工程で進める事ができた場合、El Siete No.1 計画 160MW は 1988 年 12 月に運開が可能であり、更に、El Siete No.2 計画 124MW は 1989 年 12 月に運転に入る事ができる事を示している。この事は 1989 年以降の計画の選定に当り、El Siete No.1, No.2 計画をプライオリティ 1 位としても、今後のスケジュールに問題はない事を意味するものである。

Fig. 2-1-1 SCHEDULE OF EL SIETE No.1, No.2 PROJECT



(10) コロンビア国、電力開発長期計画に於けるアトラート河発電計画の位置付け

コロンビア国の一般電力事情および電力開発中期計画について、4.2項に記述してある。それによると、1988年までに運転に入るべきプロジェクトについては既に決定され、それらのプロジェクトは工事中あるいは工事準備中である。従って、新規計画は1989年以降の運転開始を目途に検討を進めるべきである。

コロンビア国は1989年以降のプロジェクトとして、既に検討に入っている計画地点12地点（合計出力12,284MW）をもっている。（4.2.3項参照）

これらの計画地点は極めて、良質のプロジェクトではあるが、アトラート河発電計画中のEl Siete No.1, No.2（284MW）の経済性も、これらの計画に比べ決して劣るものではなく、逆に工事の難易度、既設水力の濁水に対する補完、交通事情、その他を考慮すると、より優れているとみなすことができる計画地点である。

一方、El Siete No.1, No.2計画は、(9)項でも記述した通り、その開発スケジュールを検討してみると、早期開発が可能である。現時点で考えると、El Siete No.1は1988年12月、El Siete No.2計画は1989年12月には運転に入る事が可能である。

以上の点からみて、次期の中期計画にはEl Siete No.1, No.2計画を有力地点として考慮すべきであり、その初頭すなわち、1989年には運用させるべき地点であると考える。

(11) El Siete No.1, No.2計画フィジビリティ・スタディ・レベルまで進めるため、事前に実施すべき調査事項

アトラート河上流部の発電計画で、最も経済性の高い地点であるEl Siete No.1, No.2計画をフィジビリティ・スタディ・レベルまで高めるためには、事前に次に記述する調査を早急に進めるべきである。

○航空写真測量（縮尺1/25,000）撮影面積：450 km²、図化面積：69 km²

この測量に当っては、地表に標識点、水準点、三角点、等を写真撮影前に設置する事。また、写真撮影は図化作業をカバーできる範囲とし、図化範囲はプロジェクト地区をカバーできるものとする事。

（Drawing-13参照）

○地形測量（縮尺1/2,000）測量面積：3.7Km²

この測量はEl Siete No.1, No.2計画を構成する主要構造物、すなわち、ダムサイト、水圧管路、発電所、変電所等をカバーする範囲について実施する。

この測量に当り、水準点の原点はEl Siete部落（QuibdoとCarmen de Atratoへの道路の分岐点）にある地理院の水準点（既設）とし、測量にはその標高を適用する事。測量区域内には、原点より移設した水準点を設ける事。

○地形測量（縮尺：1/5,000）図化面積：1.0Km²

この測量は、El Siete No.1ダムの貯水池内の地形図を得るものであり、前記の航

Table 2-1-7 Quantity of Boring Works

Project	Boring Sites	Number of boring	Length of one boring (m)	Total length of boring (m)
El Siete No.1	El Siete No.1 dam	6	30	180
	Penstock line	4	20	80
	Power house	1	30	30
	Sub-Total	11		290
El Siete No.2	El Siete No.2 Intake dam	3	20	60
	Penstock line	3	20	60
	Power house	1	30	30
	Sub-Total	7		150
Total		18		440

各ボーリング・サイトはDrawing-14に示してある。このサイトは現地の状況を見て、適宜、変更しても差しつかえない。

航測写真を使用した地質判読

新規に撮影した航測写真は断層の存否、ランド・スライディングの可能性、その他について、地質判読を可能にするものであり、専門会社に発注して実施すべきである。そのためには、航測写真の撮影範囲は集水流域内をカバーできるものである必要がある。

横坑調査工事

ダムの地質状況を知るためには、前記のボーリング調査工事のみでは不十分である。従って、横坑調査工事を併用し、断層、節理の方向、岩質を調査する必要がある。

El Siete No.1ダムについて、次に示す調査横坑の本数と延長が必要である。

調査横坑本数；2本

横坑延長 ; 30,40 m

横坑総延長 ; 70 m

サイト；El Siete No.1ダムの両岸

(サイトはDrawing-14参照)

以上の調査工事は、1981年2月ICELとJICAとの間で取り交されたScope of Worksによって、ICELが専門業者に発注して実施される。この調査期間中JICAは資料を収集するための指導を行う技師を派遣し、ICELと共に調査工事の管理に当たる。

測写真を適用して、図化を行うものである。この図化に当っては、前記の縮尺 1/25,000 地形図と基準点、水準点等は同一のものを使用する必要がある。

この地形図は、貯水容量の算定、水没物件の調査、背水曲線の解析、付替道路の計画等の検討に使用されるものである。

○ Puente de Sanchez 測水所の完備

この測水所は El Siete No 1, No 2 計画の検討には最も重要であり、現状では定時観測用の水位標が、低水位時には観測不能となる。この不足部分を補修しなければならない。

○ 新設すべき測水所 (2 地点)

El Siete No 1, No 2 計画に関するフィジビリティ・スタディの流量解析の精度を高めるため、El Siete No 2 取水ダム付近に測水所を新設すべきである。

この測水所は JICA より、供与された水位計を適用して設置される事が希望される。一方、El Dieciocho No 2 計画をフィジビリティ・スタディに持ち込むためには、Playa 川の測水記録が必要であり、JICA より供与された今一つの水位計を適用して、Playa 測水所を新設すべきである。

○ 地質調査工事

今回の調査では、地質状態を知るために、地表踏査を行ったのみであり、プロジェクト・サイトの地質を十分知る事はできなかった。従って、フィジビリティ・スタディに入るためには、次の地質調査工事が必要である。

ボーリング調査工事

この調査は地表を覆っているがい錐の深さ、河床堆積物の深さ、岩質、岩種、断層の存否を知るために必要である。

プロジェクトの規模からみて、フィジビリティ・スタディのためには、各サイトに次に示めす工事数量が必要である。

2.2 勸告

今回、アトラート河上流部について、電力開発に関するマスタープラン策定の検討を実施した。その結果として、El Siete No 1, No 2計画 284MW が経済性も良く、工事の実施も容易である条件をみたしているため、早期にフィジビリティ・スタディに入る価値のある計画であるとの結論を得る事ができた。

以下、El Siete No 1, No 2計画および他のプロジェクトの取扱い方について、検討作業を通じて得た経験に基づき、次に記述する事項を勧告する。

(1) 流量資料の不足と整理の不備

流量観測とその資料の整理、解析はHIMATによって実施されており、ICELが実施している業務ではない。アトラート河筋に於いても10地点の測水所があるが、その数は決して、河川を開発するためには十分とは言えない。しかも、貴重な資料を提供してくれる重要な設備であるこれらの測水所の維持管理が不十分である。例えば、洪水によって破損された部分の補修が十分でないため、欠測が多い結果になっている。また、水位のみの観測で、流速の測定を行って来ていないため、流量資料としての完全なデータになっていない。測水所の河川形状は洪水が来るたびに変わるものであり、古い水位観測資料は、役立たない結果となる事もある。従って、既設測水所の完備と良い維持・補修を実施するよう希望し、期待するものである。

(2) 地形図の完備

あらゆる場合、開発を進めるためには、地形図が完備されている必要がある。もし、地形図がない地域の開発を進めるためには先ず、地形図の作成から手がけるのが順序である。アトラート河上流部は未だ、その地形図が完備されていない地域である。従って、スタディを進めるためには、その地形図を完備させる事が最も重要である。今回の計画検討では航測写真の簡易図化で、その目的を達する事ができたが、フィジビリティ・スタディまで検討を進めるためには、地形図を完備させる事を希望する。

(El Siete No 1, No 2計画に関する地形図作成範囲は、2.1項(1)およびDrawing-13に記述してある。)

この地域で、航測写真の撮影を実施する場合、気象条件からみて、年間を通じて雨天の日が多い。従って、その実施には時期の選定が最も重要である。その時期は降雨記録から見ると、渇水期に当る1～3月であり、しかも、午前中に撮影する事が有効であろう。

また、地上に於いて実施する地形測量も雨期では作業効率も悪く、山頂が雲でおおわれる日が多いので、渇水期に集中して実施する事が望まれる。

以上のように、航測写真の撮影は、晴天である、わずかの機会を得れば可能であるためEl Siete No 1, No 2計画に限定せず、El Dieciocho No 1, No 2計画地域も含めて、同時に撮影を実施しておく事が得策である。写真だけあれば、図化業務は将来の必要時点に於

いても可能である点に留意すべきである。

- (3) El Siete No 1 , No 2 計画をフィジビリティ・スタディまで進めるための調査工事に関する資金調達の努力。

El Siete No 1 , No 2 計画をフィジビリティ・スタディまで進めるために、2.1 項(1)で記述した、調査工事を実施する必要がある。ICELは、そのための調査資金を調達し、その実施に支障なきよう努力する事が望ましい。

- (4) 測水所の新設

2.1 (1)項でも記述したが、El Siete No 1 , No 2 計画、およびEl Dieciocho No 1 , No 2 計画をフィジビリティ・スタディまで進めるためには、El Siete No 2 取水ダム測水所、Playa 測水所の2 測水所を新設する必要がある。

この測水所の新設はICELにより、早期に実施される事が望まれる。そのための水位計、雨量計はJICAより供与された機器を据付ける事を希望する。

- (5) El Siete No 1 , No 2 計画をフィジビリティ・スタディまで進めるためICELが用意すべき資料。

El Siete No 1 , No 2 計画のフィジビリティ・スタディを実施するため、ICELで用意すべき資料は以下の通りである。

- 1982 年内に実施する Puente de Sanchez 測水所の測水断面測定の測定値。
(最低でも1ヶ月に一回実施する事)
- 1981年、1982年の2ヶ年に於ける電力需要の実績および既設発電所別の発電実績。
- 現行電力料金と売電による総収入。
- 1989年時点に於ける全国の電力系統図、潮流図。
- コロンビア国、全国電力開発長期計画の進捗状況および計画の変更点についての説明書。

- (6) El Siete No 1 , No 2 計画に関する調査工事の専門業者への発注

2.1 (1)項に記述した調査工事を Inception Report (1981年6月)に基づき、ICELは早期に発注し、実施に入る事を希望する。

- (7) El Dieciocho No 1 , No 2 計画の取扱い。

この計画は、その経済性から見て、フィジビリティ・スタディへと検討を進めて行くべきである。しかし、その実施時期は Arayanes 測水所および新設される Playa 測水所の流量資料が整備される1987年頃になる。

- (8) El Once, El Lloro 計画の取扱い。

この計画は、その経済性から見て、近い将来に実現できる計画ではない。しかし、測水業務だけは継続して行くべきである。

第3章 基本計画の概要

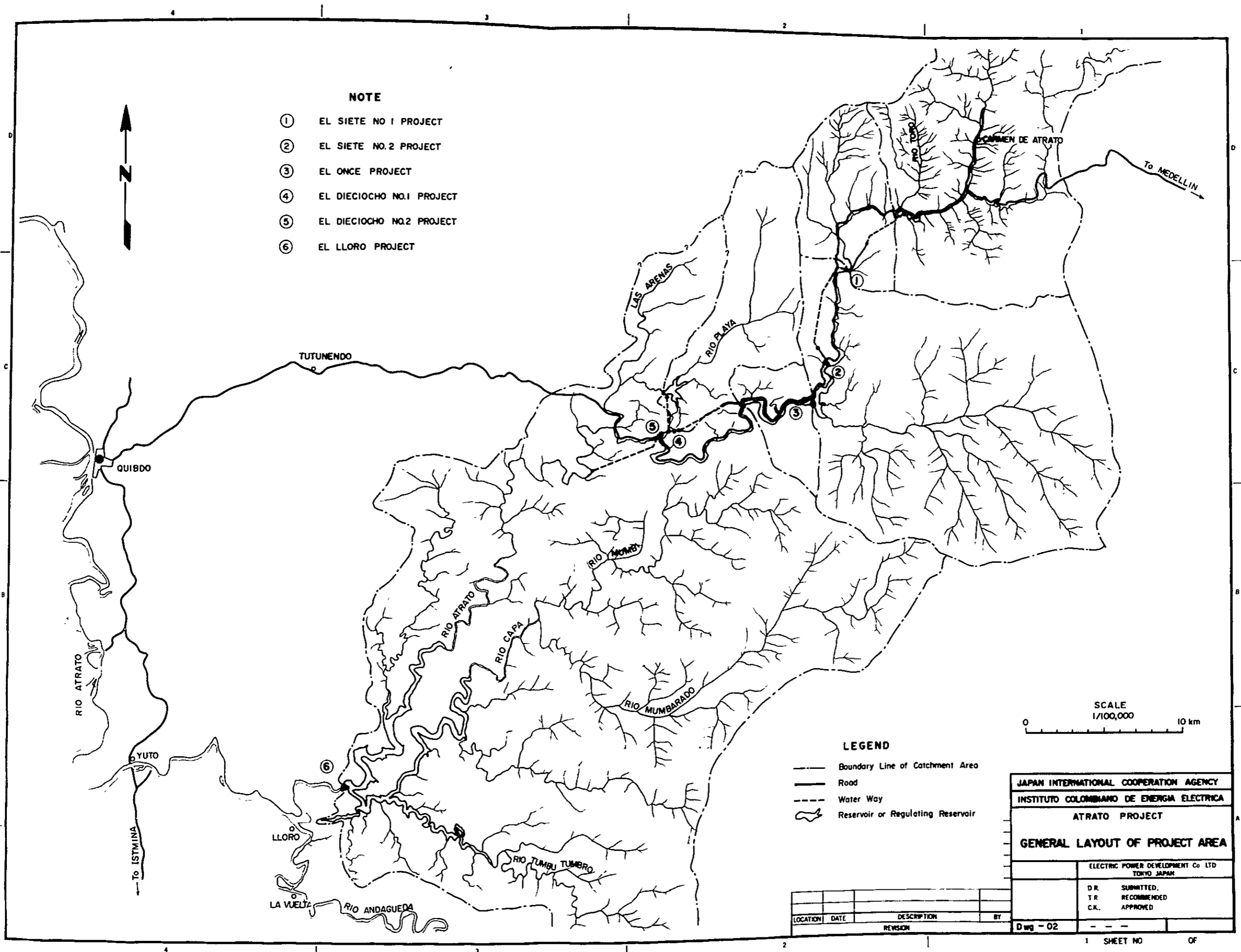
FIGURE LIST

Fig. 3-2-1 Transmission system

TABLE LIST

Table 3-2-1 BELIEF DESCRIPTION OF RIO ATRATO PROJECT

Table 3-2-2 Transmission Plan



- NOTE**
- ① EL SIETE NO 1 PROJECT
 - ② EL SIETE NO.2 PROJECT
 - ③ EL ONCE PROJECT
 - ④ EL DIECIOCHO NO.1 PROJECT
 - ⑤ EL DIECIOCHO NO.2 PROJECT
 - ⑥ EL LORO PROJECT

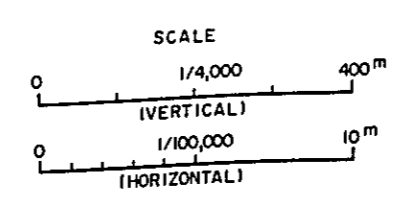
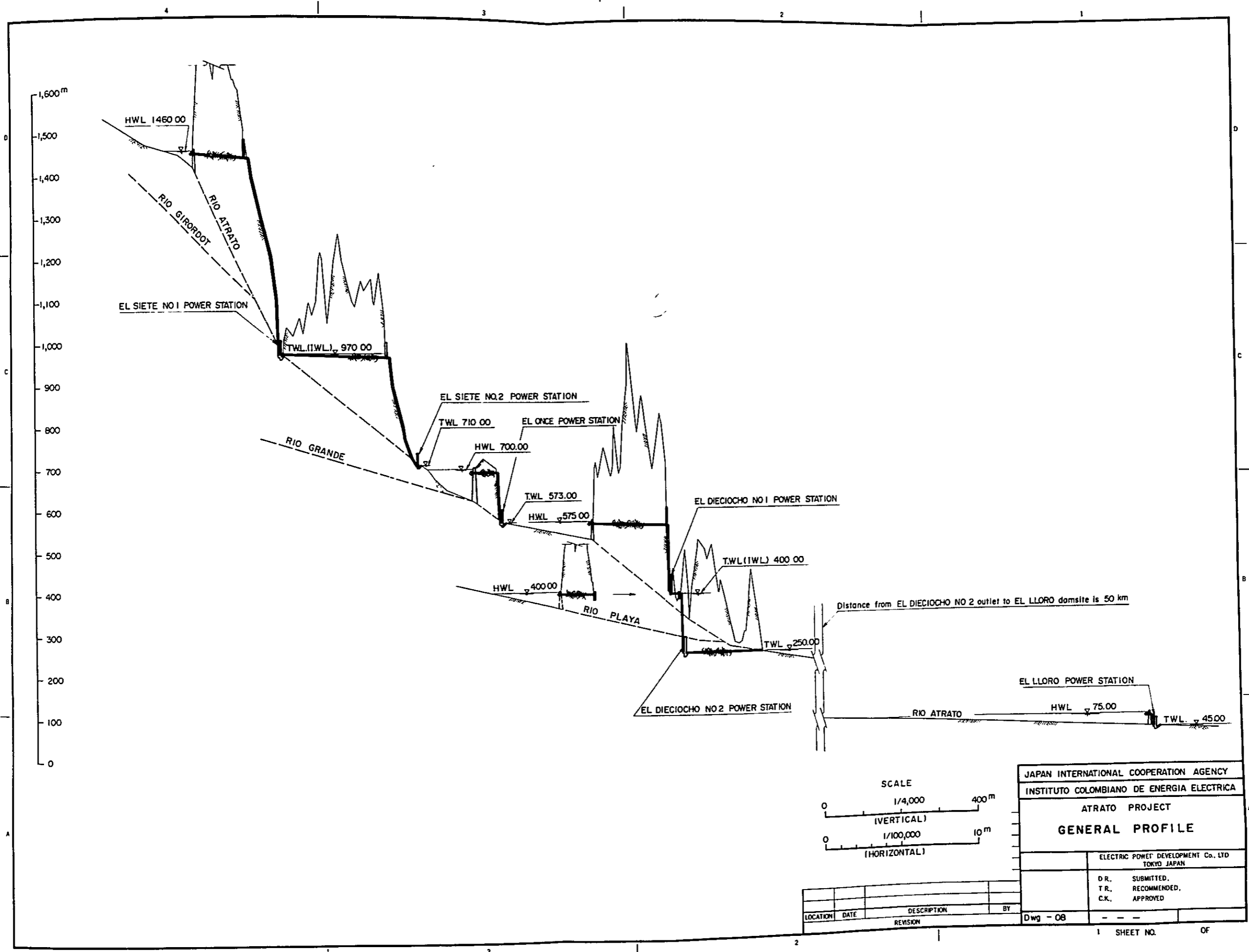
- LEGEND**
- Boundary Line of Catchment Area
 - Road
 - - - - Water Way
 - ⊖ Reservoir or Regulating Reservoir

SCALE
1/100,000
0 10 km

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY	
INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA	
ATRATO PROJECT	
GENERAL LAYOUT OF PROJECT AREA	
ELECTRIC POWER DEVELOPMENT Co LTD TOKYO JAPAN	
D.R.	SUBMITTED.
T.R.	RECOMMENDED
C.K.	APPROVED

LOCATION	DATE	DESCRIPTION	BY

Dwg - 02
1 SHEET NO OF



JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY	
INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA	
ATRATO PROJECT	
GENERAL PROFILE	
ELECTRIC POWER DEVELOPMENT Co., LTD TOKYO JAPAN	
D.R.	SUBMITTED.
T.R.	RECOMMENDED.
C.K.	APPROVED
Dwg - 08	

LOCATION	DATE	DESCRIPTION	BY
		REVISION	

1 SHEET NO. OF

3. 基本計画の概要

3.1 プロジェクト地域の概要

アトラート河上流部水力開発計画地点は、コロンビア国の北西部にある Choco 県にある。

Choco 県の東部境界は Antioquia 県と接し、その西部は太平洋に面している。

Antioquia 県との境を成す西アンデス山脈は、標高 3,000~3,500m の高峰であり、南北に峰々を連ねている。更に、Choco 県の西部には太平洋に接して、南北に連なっている Serrania de Saltos および Serrania de Baudo と称する丘陵山脈がある。その丘陵山脈はパナマ地峡に連続している。これらの両山脈の間には Choco 原野が広く分布している。Choco 県の県都は Quibdo (人口約 30,000 人) であり、県のほぼ中央に位置し、アトラート河本流の右岸にあり Medellin 市から Bolivar を経由し、更に、西アンデス山脈の 2,500m の峠を越え、Carmen, Dieciocho, Tutunendo などを経由して、国道で連絡されている。

アトラート河は西アンデス山脈にその源を発し、西アンデス山脈の西側斜面を流下し Choco 原野に至った後は、Choco 原野を北流してカリブ海に注ぐコロンビア第 3 位の規模の河川である。

アトラート河上流部水力計画地点は、その上流部に位置し、Carmen de Atrato 村 (標高 1,800m) と Lloro 村 (標高 45m) の間に存在する。それは Medellin 市の西南部、道路距離では約 150km、直線距離で約 100km に在る。計画地点は前述の道路沿いにある。また、計画地点への交通手段はこの道路であり、Medellin から、乗用車で 4.5 時間、Quibdo から 2.5 時間で行く事ができる。計画地点付近で、宿泊可能地は Carmen de Atrato のみであり、計画地点一帯は川沿いの一部に農地、放牧地を見る事ができる程度で大部分が山林であり、人口過疎地方である。

また、Carmen de Atrato (標高 1,800m) から El Dieciocho (標高 280m) の区間は年平均気温が 15° から 30°C へと変化し、温帯の植生から亜熱帯・熱帯性の植生へと変化し、山相は一面、密生した樹木でおおわれている。また、その間を流下するアトラート河本流は 1/80 の河川勾配をもつ、急流であり、西流するときは西アンデス山脈の 曲時にできた複山脈を横断して流下するので、せまい V 字形の溪谷を成し、一方南流するときは、幅の広い V 字あるいは U 字形の谷を形成して、部分的に河岸段丘を造りながら流下している。その間、アトラート河本流は El Once で支流 Grande, Dieciocho で支流 Playa を合流させている。一方、流域面積は El Siete で 240km² から、El Once で 590km², Dieciocho で 610km² と一溪流から中級河川へと変化している。更に、El Dieciocho (標高 280m) から、El Lloro (標高 45m) に至る部分は標高 100~150m 級の丘陵地帯で、アトラート河本流は蛇行して南流し、河岸まで熱帯性樹木が密生し、人跡稀な地域となっている。しかし、アトラート河をカヌーで往来し

て生活している住民の民家が川沿いに点在している。従って、山道もなく、この間はボートでさかのぼり、計画地点へ行く以外に手段はない。しかし、モーターボートでは洪水期には El Lloro 地点まで行くのが限界である。

アトラート河も El Lloro 地点に於いては支流 Capa および Tumbutumbro を合わせ、流域面積 1,600Km² となり、河幅 150m の大河川となり流下している。

また、El Lloro 付近になると、年平均気温も 32℃であり、熱帯性の気候で年間雨量 10,000 mm 以上の年もある多雨地帯である。またこの地帯は湿度も高く年間を通じて連日、雨が降る地域でもある。アトラート河は El Lloro をすぎ、Yuto 付近で西流から北流に方向を変え Quibdo 市 Tagachi, Domingodo 村などを経て、蛇行しながら、多くの支流を集め、Choco 平野を北流し、カリブ海にそそいでいる。アトラート河は本流長のみでも 600Km に及ぶ大河川であり、コロンビア国内に於いてはアマゾン川水系を除くと第 3 位の河川である。アトラート河中流部下流部はともに、熱帯性樹林のジャングル地帯であり、部分的に農業、牧畜に利用されているにすぎない。コロンビア国内に於いても、アマゾン川流域を除いては、最も開発のおくれている地域であると言える。

前述の通り、アトラート河上流部は、Choco 県内でも、アトラート河沿いに、既設道路もあり、電力開発を進める地域としては Choco 県内で最も条件の整っている地域である。この地域を除くと、支流の Murri は別にして、水力発電に利用できる地点は少く、また交通手段もすべて舟に依存しており、開発を進めるには先ず道路の拡充より着手しなければならない。従って、Choco 県に於いて、電力開発を早期に進める事ができる地域はアトラート河の上流部のみである。

3.2 計画の一般概要

アトラート河上流部に於いて、水力発電計画のマスタープランを立案するに当たり、今回、その計画地域の地形、地質、河川状況、流量、流況につき調査し、解析を行った結果、計画地域は一般に以下に記述する特性をもっていることがわかった。

1) アトラート河上流部は地形的にみると、西アンデス山脈に平行して南流する部分と、それを横断して西流する部分とに大別できる。南流する部分は Carmen de Atrato 村を流下する部分および Pinon 村を流下する Girordot 川合流点から El Once 地点に至る部分である。この部分は比較的、河川勾配が緩かで、広い V 字あるいは U 字の谷を形成し、その中央をアトラート河が流下している。

それに反して、西流する部分、すなわち、Siete 村より Girordot 川の合流点までの部分、および El Once 地点より Dieciocho 村までの部分は河川勾配も急であり、アトラート河が西アンデス山脈の褶曲作用によって造成された複山脈部を横断して流下する部分である。従って、その流路はせまい V 字形の谷を形成している。

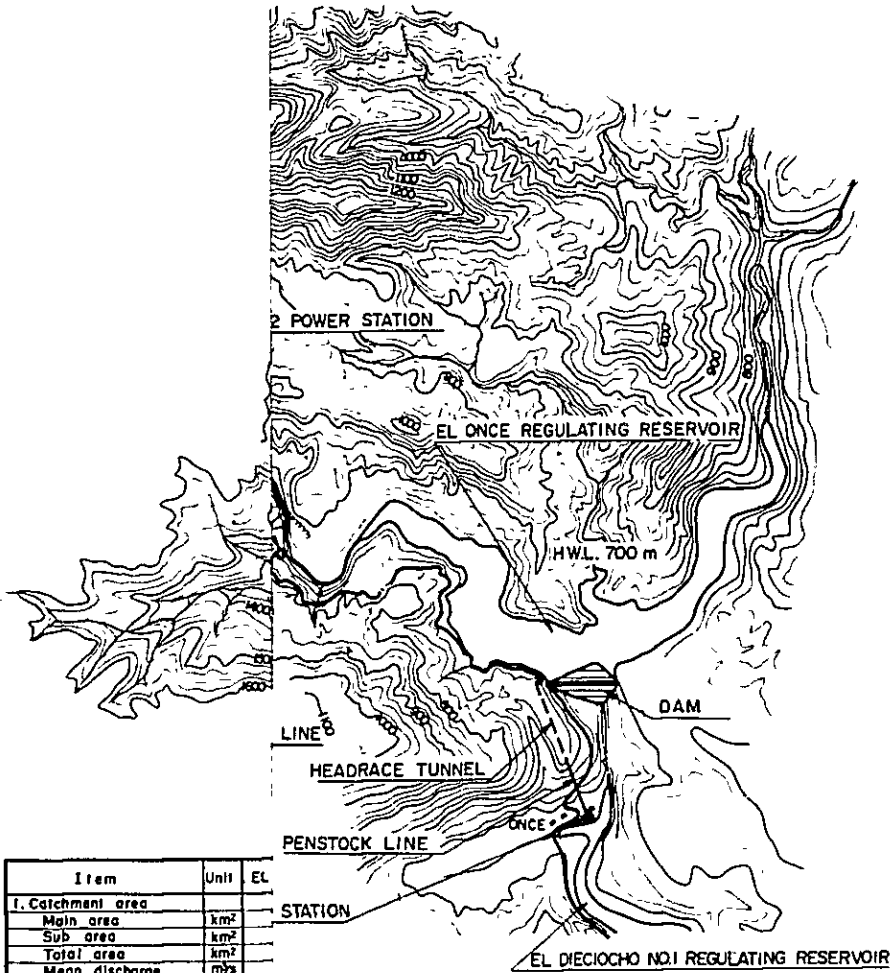
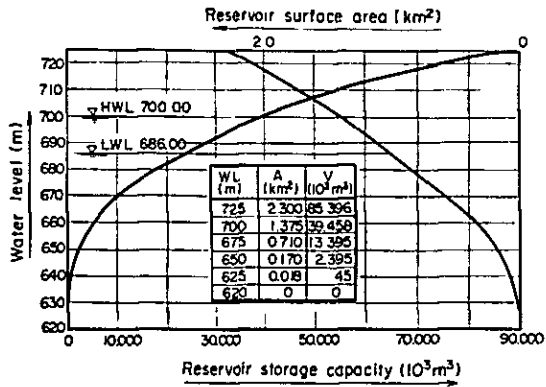
その西流する部分にはダム築造の適地が存在する。但し、河川勾配が急であり、季節調整可能な大きな貯水池を得ることはできない。

- 2) Girordot川が合流する地点でアトラート河は西流より南流に変わり、大きく湾曲しているため、この部分はトンネルでショート・カットし、高落差を得る事ができる。
- 3) El Once地点でアトラート河はGrande川を合流させる。この部分でアトラート河の流域面積は590Km²となり、年平均使用量も85.2m³/sと大きくなる。この地点ではダム式発電が可能である。
- 4) El Once地点より、Dieciocho村までの西流する部分は大きく蛇行して流下しているため、トンネルでショートカットできる部分である。
- 5) Playa川は標高400mで取水し、2KmのトンネルでEl Dieciochoへ導水して発電に利用できる。取水可能水量は最大40m³/sである。
- 6) El Dieciocho No.2の放水位250mとEl Lloroの満水位75mの間にある175mの落差はダム式発電で利用する事が可能ではあるが道路もなく、河床が浅いためボートでも行く事ができないため、今回の調査ではダムサイトの選定ができなかった。
- 7) El Lloro地点はアトラート河がCapa川、Tumbutumburo川を合流させて流下する部分で流域面積1,600Km²、平均使用水量287.1m³/sであり、ダム式発電が可能である。

Table 3-2-1 BELIEF DESCRIPTION OF RIO ATRATO PROJECT

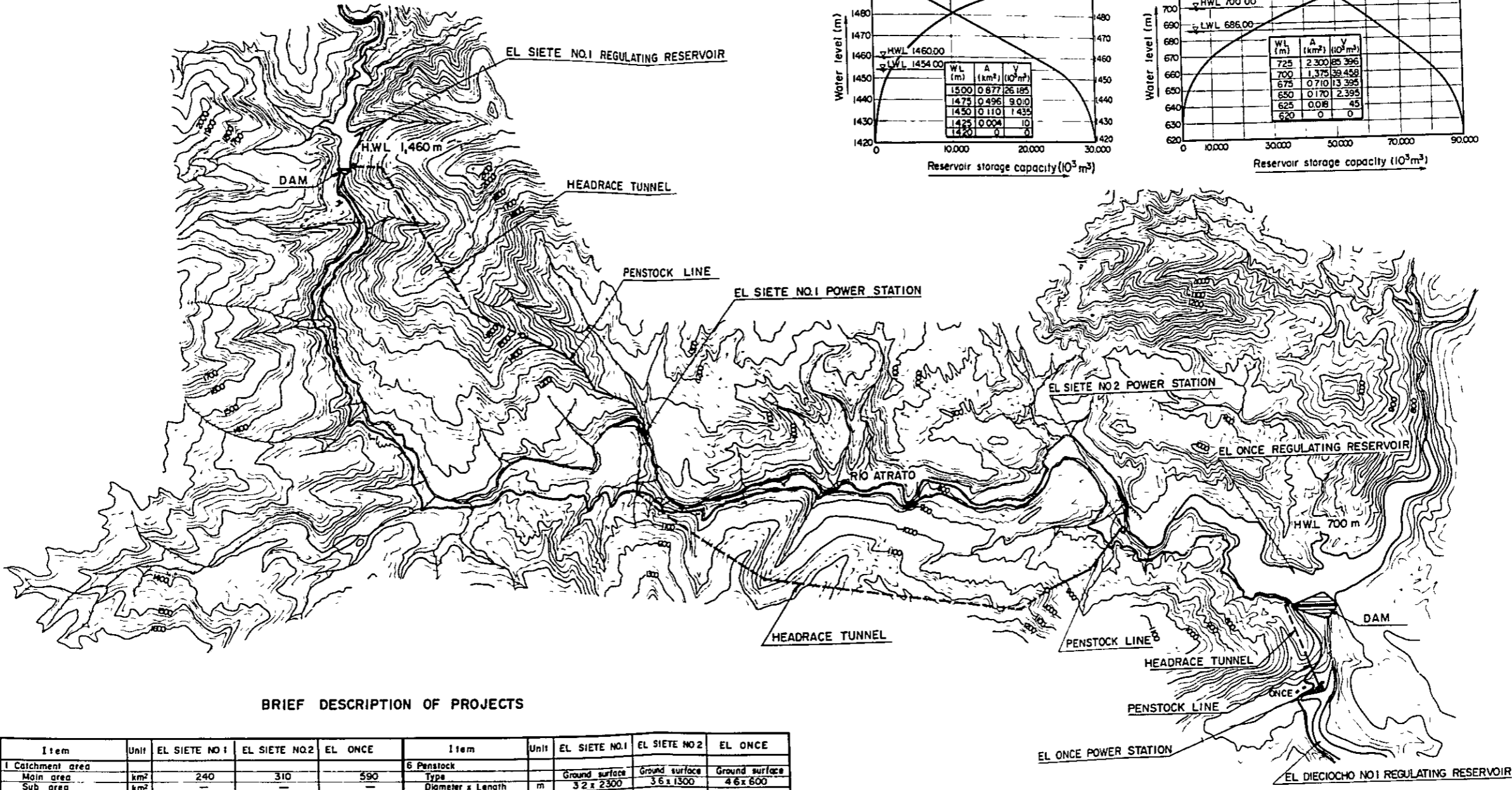
Description	Unit	El Siete No.1	El Siete No.2	El Once	El Dieciocho No.1	El Dieciocho No.2	El Llora
Max Output	MW	160	124	176	252	261	147
Catchment area	Km ²	240	310	590	620	620	1,600
Main area	"	-	310	-	620	100	1,600
Sub area	"	240	310	590	620	720	1,600
Total area	m ² /s	21.3	16.0	33.7, 25.6	90.6, 68.6	110.2, 83.2	287.1, 213.3
Mean discharge, LS-discharge	m ³ /s	CG	CG	CFR	CG	CFR	CG & CFR
Dam, Type	m	55	15	110	80	45	50
Height	"	150	50	710	310	280	310
Crest length	m ³	120,000	18,000	4,200,000	487,000	500,000	CG: 195,000 CFR: 600,000
Dam volume	m ³ /s	1,700	2,300	9,000	5,900	3,300	10,500
Design flood	m	1,460	970	700	575	400	75
Reservoir	"	1,454	-	666	572	395	73
High water level	"	6	-	14	3	5.0	2.0
Low water level	10 ⁶ m ³	1.2	-	15.7	5.0	3.0	30.0
Draw down depth	10 ⁶ m ³	3.3	-	39.5	29.6	11.0	200.0
Effective storage capacity							
Total storage capacity							
Intake							
Type	Inclined Grand Surface	Inclined Grand Surface	Open Channel	Inclined Grand Surface	Inclined Grand Surface	Inclined Grand Surface	Open Channel
Number of Intake	1	1	2	1	1	1	1
Number of Intake	1	1	2	1	1	1	1
Width x height	10.0 x 15.0	20.0 x 2.5	12.0 x 23.0 x 2	30.0 x 12.0	10.0 x 10.0	10.0 x 10.0	80.0 x 15.0
Headrace tunnel							
Type	Pressure	Pressure	Pressure	Pressure	Pressure	Pressure	-
Number of tunnel	1	1	2	1	1	1	-
Diameter x length	4.1D x 3,300	4.8D x 6,500	5.5D x 600	7.4D x 4,500	4.1D x 2,100	4.1D x 2,100	-
Headrace tunnel							
Type	Ground surface	Ground surface	Ground surface	Ground surface	Ground surface	Ground surface	-
Number of Penstock	1	1	2	2	2	2	-
Diameter x length	3.2D x 2,300	3.6D x 1,300	4.6D x 600	4.7D x 350	5.0D x 350	5.0D x 350	-
Penstock							
Type	Out-door	Out-door	Out-door	Out-door	Out-door	Out-door	Out-door
Width x length x height	18 x 50 x 27	20 x 40 x 35	30 x 45 x 35	30 x 50 x 35	20 x 75 x 40	20 x 75 x 40	33 x 80 x 35
Turbine type, unit number	HP,2	VF,2	VF,2	VF,2	VF,2	VF,2	UK,3
Tailrace tunnel							
Type	-	-	-	-	Non-pressure	Non-pressure	-
Diameter x length	-	-	-	-	8.2D x 4,900	8.2D x 4,900	-
Project							
Intake water level	m	1,460	970	700	575	400	75
Tail water level	m	970	710	573	400	250	45
Gross head	m	490	260	127	175	150	30
Effective head	m	472	245	122	165	140	29
Max discharge	m ³ /s	40	60	176	180	220	600
Max output	MW	160	124	176	252	261	147
Annual energy production	GWh	735	608	753	1,091	1,115	592
Annual mean output	MW	83.9	69.4	85.9	124.6	127.3	67.5
Plant utility factor	%	52.4	56.0	48.8	49.4	48.8	45.9

AREA-CAPACITY CURVE AT EL ONCE RESERVOIR

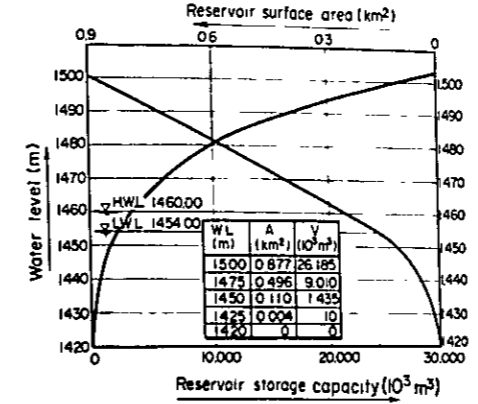


Item	Unit	EL
1. Catchment area		
Main area	km²	
Sub area	km²	
Total area	km²	
Mean discharge	m³/s	
L-5 discharge	m³/s	
2 Dam		
Type		Cont
Height	m	
Crest length	m	
Volume	m³	
Design flood	m³/s	
3 Reservoir		
High water level	m	
Low water level	m	
Available drawdown	m	
Effective storage cap.	10³m³	
Total storage cap.	10³m³	
4 Intake		
Type		incl
Width x Height	m	
5 Headrace tunnel		
Type		
Diameter x Length	m	

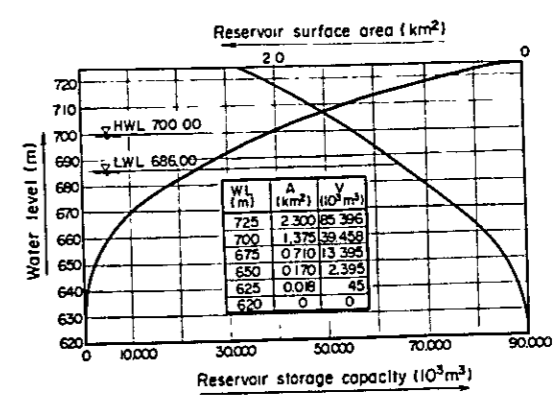
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY	
INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA	
ATRATO PROJECT GENERAL PLAN EL SIETE NO.1, NO.2 PROJECT EL ONCE PROJECT	
ELECTRIC POWER DEVELOPMENT Co LTD TOKYO JAPAN	
DR.	SUBMITTED
TR	RECOMMENDED
CK	APPROVED
DESCRIPTION	BY
Dwg - 05	



AREA-CAPACITY CURVE AT EL SIETE NO.1 RESERVOIR

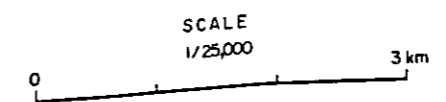


AREA-CAPACITY CURVE AT EL ONCE RESERVOIR



BRIEF DESCRIPTION OF PROJECTS

Item	Unit	EL SIETE NO.1	EL SIETE NO.2	EL ONCE	Item	Unit	EL SIETE NO.1	EL SIETE NO.2	EL ONCE
1 Catchment area					6 Penstock				
Main area	km ²	240	310	590	Type	Ground surface	Ground surface	Ground surface	
Sub area	km ²	—	—	—	Diameter x Length	m	3.2 x 2300	3.6 x 1300	4.6 x 600
Total area	km ²	240	310	590	7 Powerhouse				
Mean discharge	m ³ /s	21.3	33.7	85.2	Type	Ground surface	Ground surface	Ground surface	
L-5 discharge	m ³ /s	16.0	25.6	64.5	Width x Length x Height	m	18 x 50 x 27	20 x 40 x 35	30 x 45 x 35
2 Dam					8 Tailrace tunnel				
Type		Concrete gravity	Concrete gravity	Concrete facing rockfill	Type	—	—	—	—
Height	m	55	15	110	Diameter x Length	m	—	—	—
Crest length	m	150	70	710	9 Power production				
Volume	m ³	120,000	18,000	4,200,000	Intake water level	m	1460	970	700
Design flood	m ³ /s	1,700	2,300	9,000	Tail water level	m	970	710	573
3 Reservoir					Gross head	m	490	260	127
High water level	m	1460	970	700	Effective head	m	472	245	122
Low water level	m	1454	—	686	Max discharge	m ³ /s	40	60	170
Available drawdown	m	6	—	14	Max Output	MW	160	124	176
Effective storage cap.	10 ⁶ m ³	1.2	—	15.7	Unit number	unit	2	2	2
Total storage cap.	10 ⁶ m ³	3.3	—	39.5	Annual energy production	GWH	735	608	753
4 Intake					Annual mean output	MW	83.9	69.4	85.9
Type		Inclined ground surface	Open channel	Inclined ground surface	Plant utility factor	%	52.4	VF	VF
Width x Height	m	10 x 15	20 x 25	12 x 23					
5 Headrace tunnel									
Type		Pressure	Pressure	Pressure					
Diameter x Length	m	4.1 x 3,300	4.8 x 6,500	5.5 x 600					



JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY
 INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA

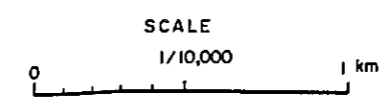
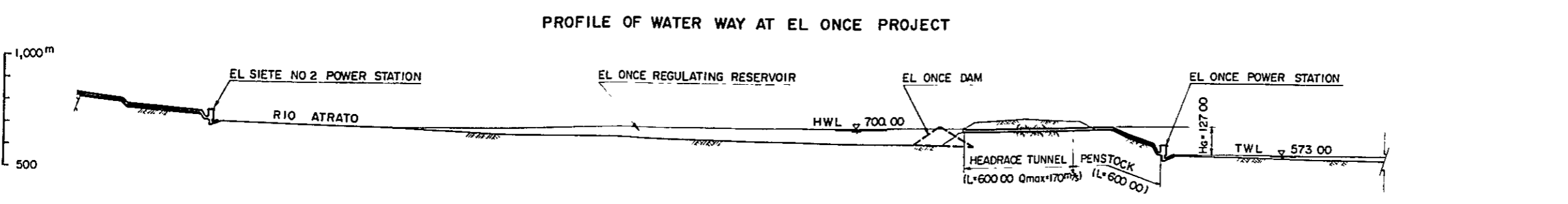
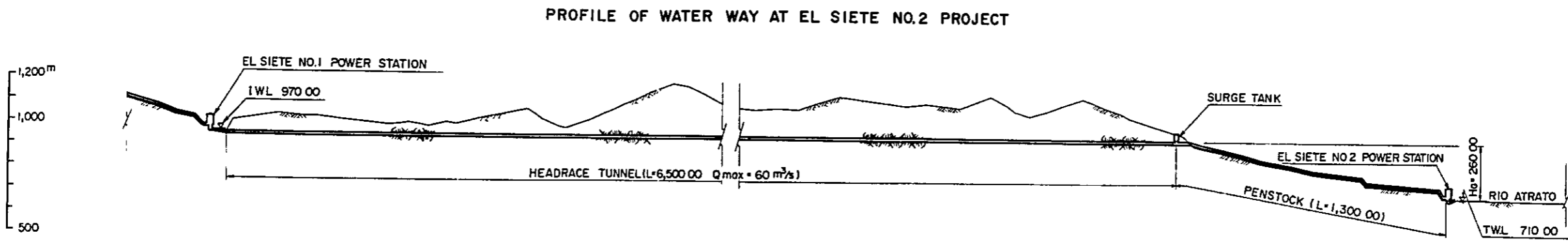
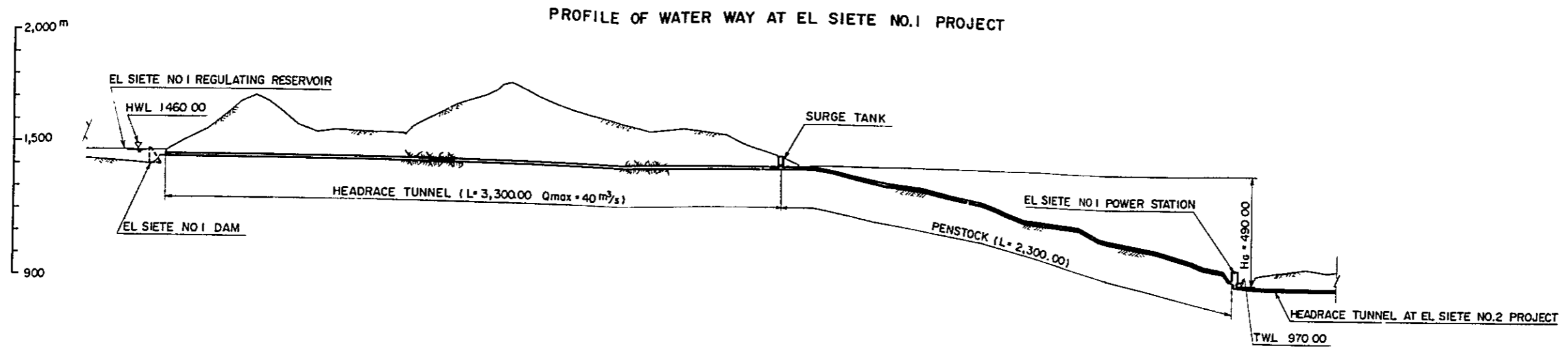
ATRATO PROJECT
 GENERAL PLAN
 EL SIETE NO.1, NO.2 PROJECT
 EL ONCE PROJECT

ELECTRIC POWER DEVELOPMENT Co. LTD
 TOKYO JAPAN

DR SUBMITTED
 T.R. RECOMMENDED
 C.K. APPROVED

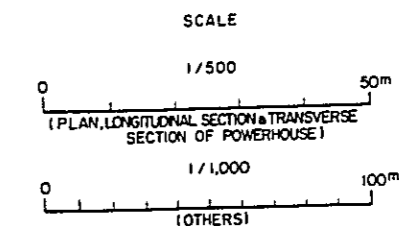
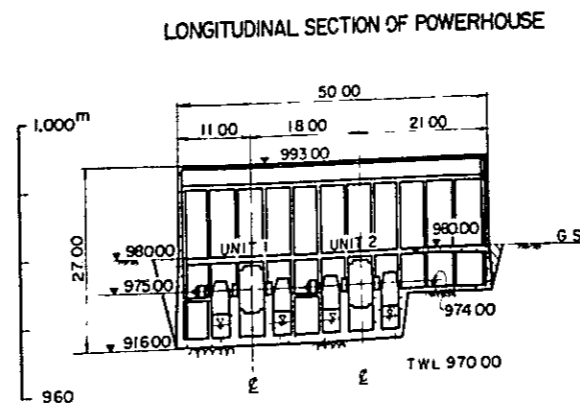
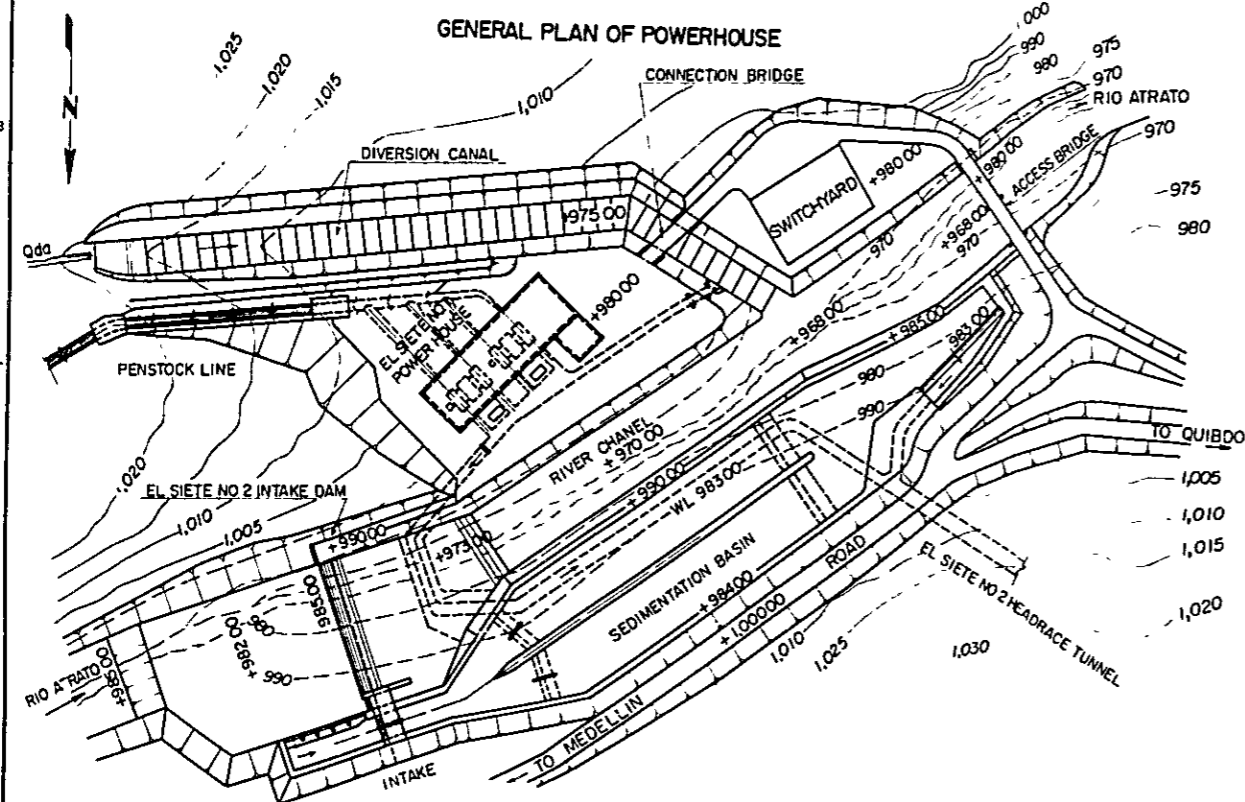
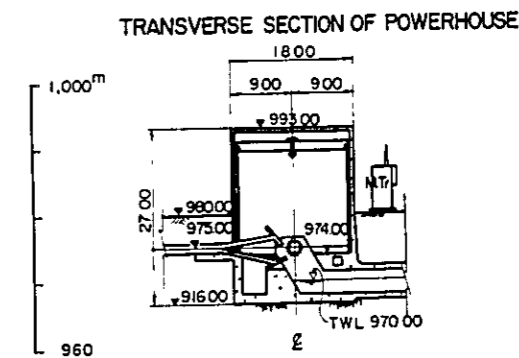
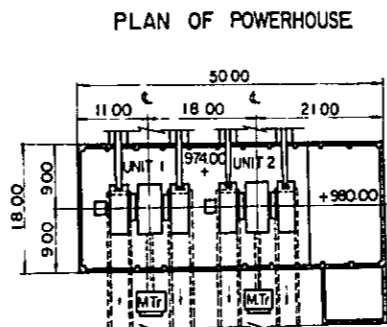
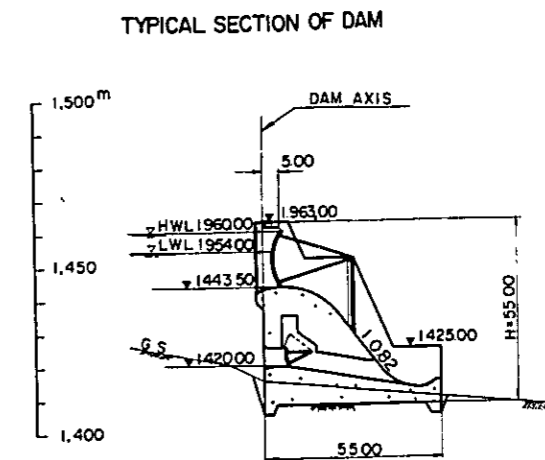
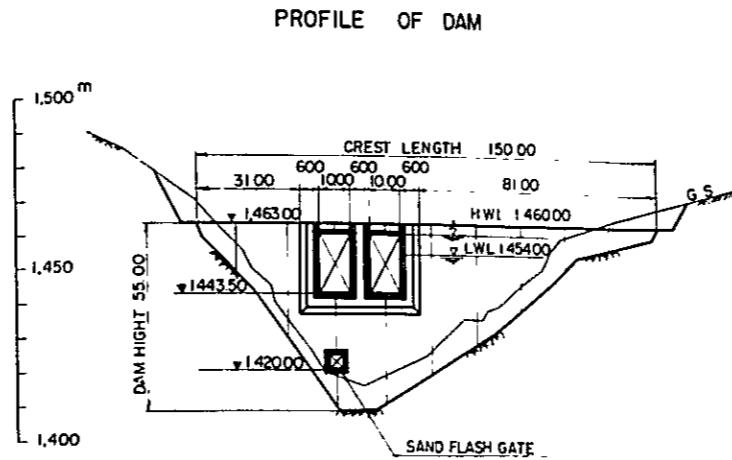
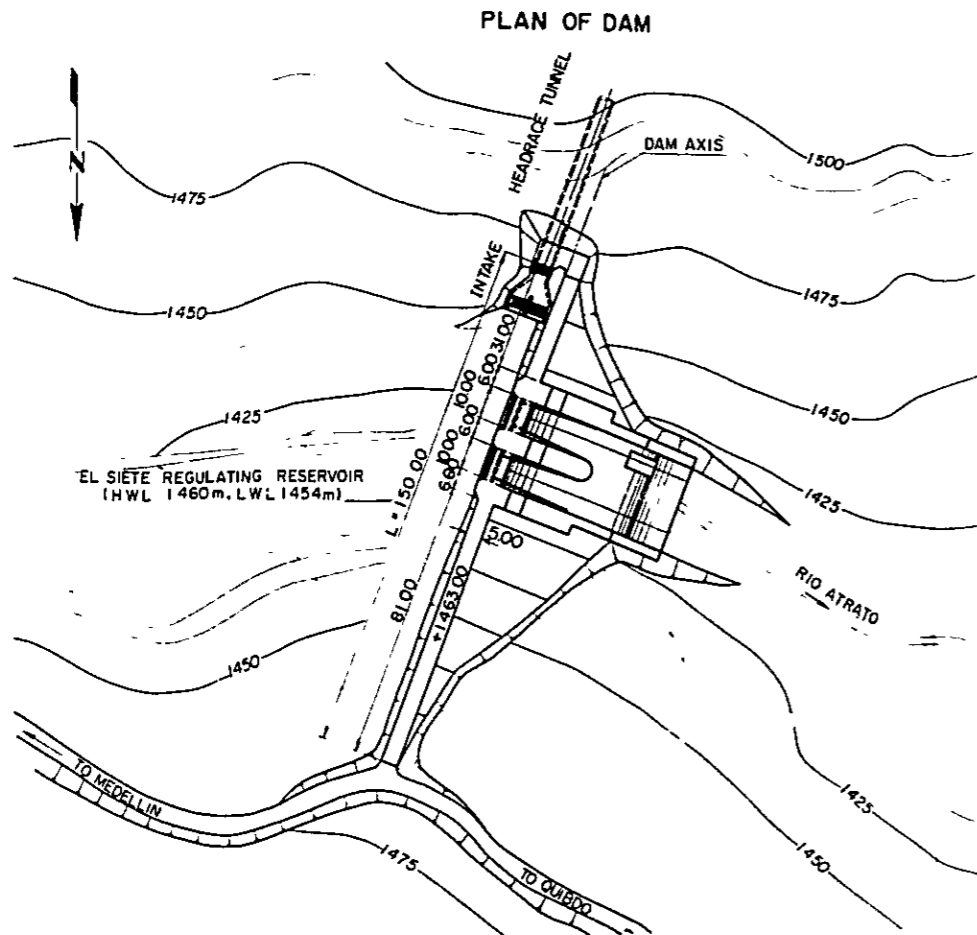
Dwg - 05

1 SHEET NO OF



JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY	
INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA	
ATRATO PROJECT	
PROFILE OF WATER WAY	
EL SIETE NO.1, NO.2 PROJECT	
EL ONCE PROJECT	
ELECTRIC POWER DEVELOPMENT Co LTD TOKYO JAPAN	
D.R.	SUBMITTED
T.R.	RECOMMENDED
C.K.	APPROVED
Dwg - 09	

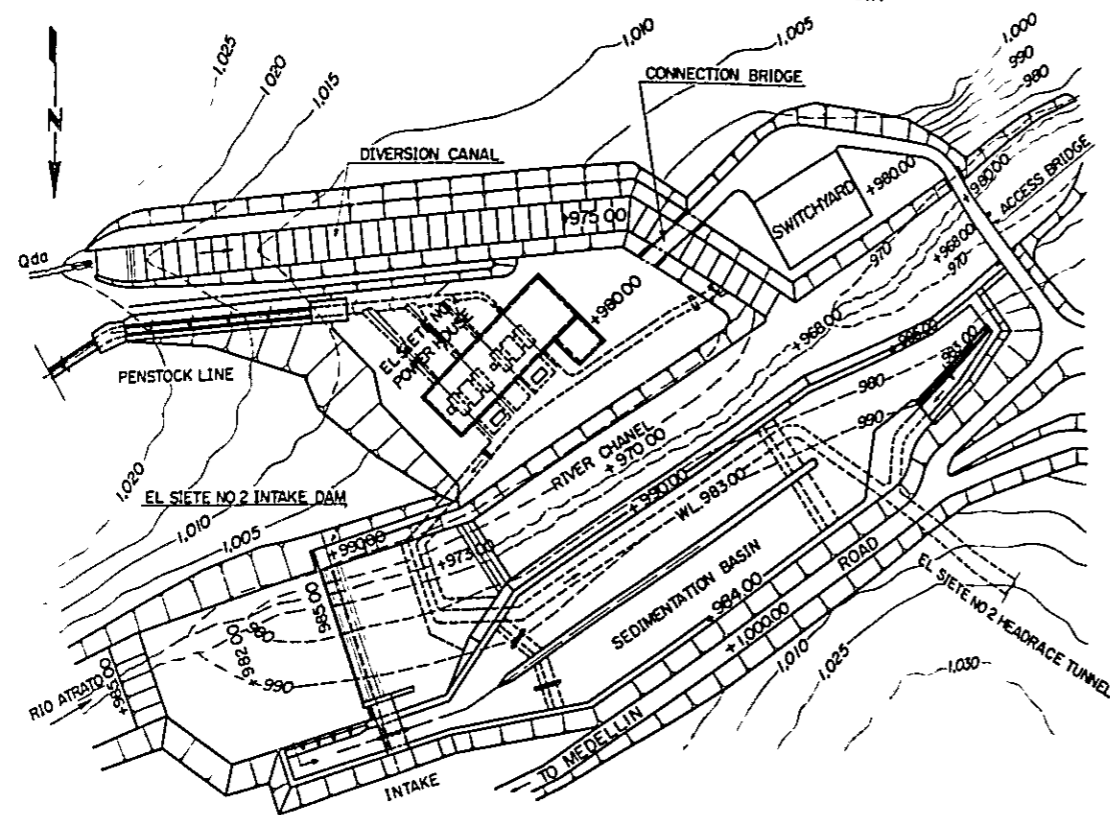
LOCATION	DATE	DESCRIPTION	BY



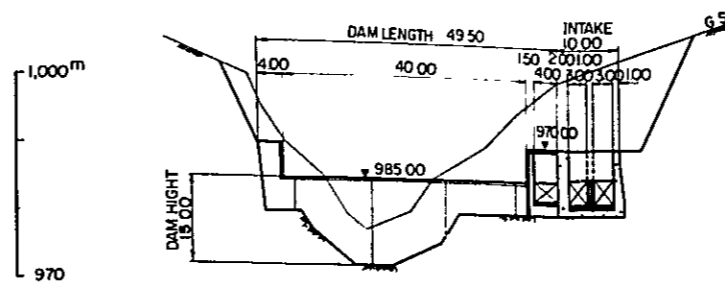
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY	
INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA	
ATRATO PROJECT	
EL SIETE NO 1 PROJECT	
ELECTRIC POWER DEVELOPMENT Co LTD TOKYO JAPAN	
DR	SUBMITTED
TR	RECOMMENDED
CK	APPROVED
Dwg - 11	

LOCATION	DATE	DESCRIPTION	BY
		REVISION	

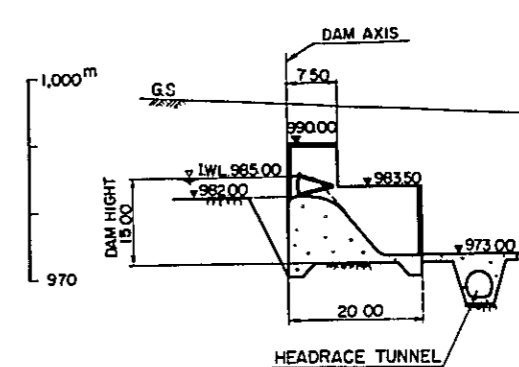
PLAN OF INTAKE DAM, INTAKE AND SEDIMENTATION BASIN



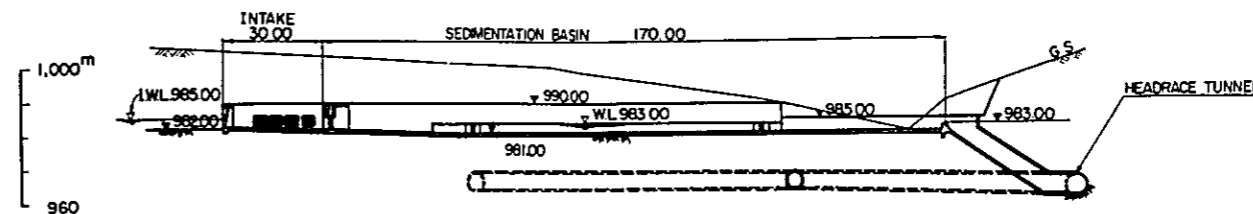
PROFILE OF INTAKE DAM



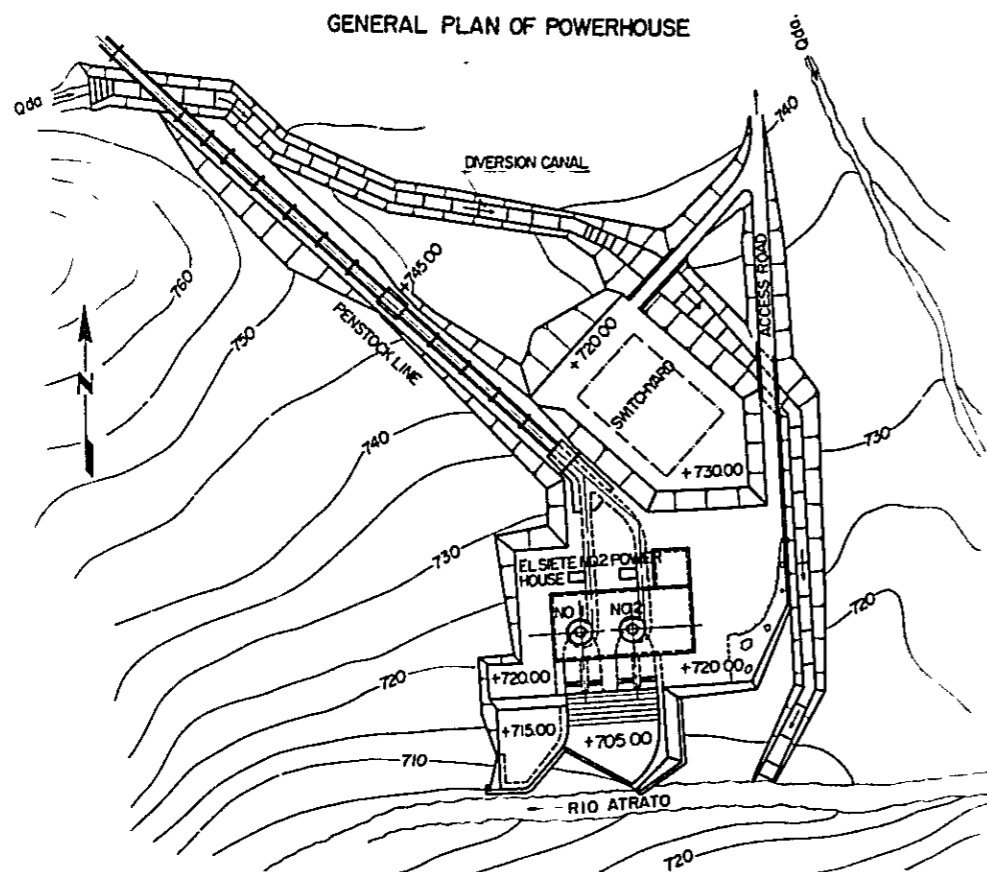
TYPICAL SECTION OF INTAKE DAM



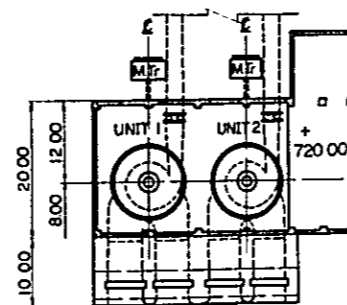
PROFILE OF INTAKE AND SEDIMENTATION BASIN



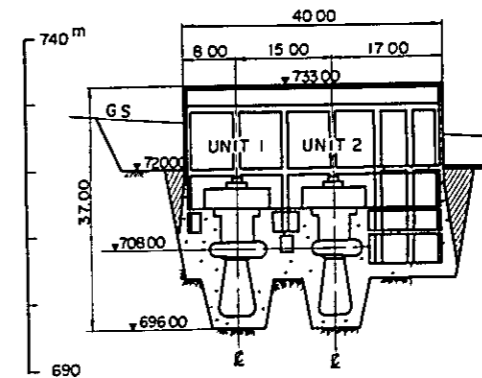
GENERAL PLAN OF POWERHOUSE



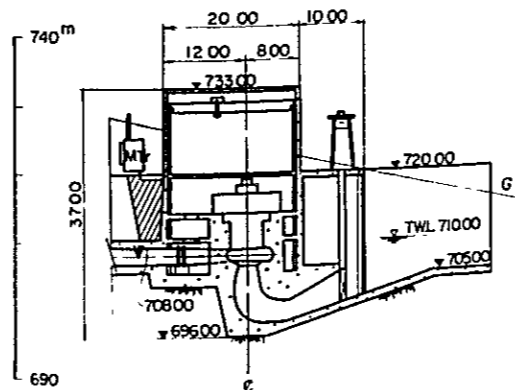
PLAN OF POWERHOUSE



LONGITUDINAL SECTION OF POWERHOUSE



TRANSVERSE SECTION OF POWERHOUSE



SCALE

1/1,000

0 100m

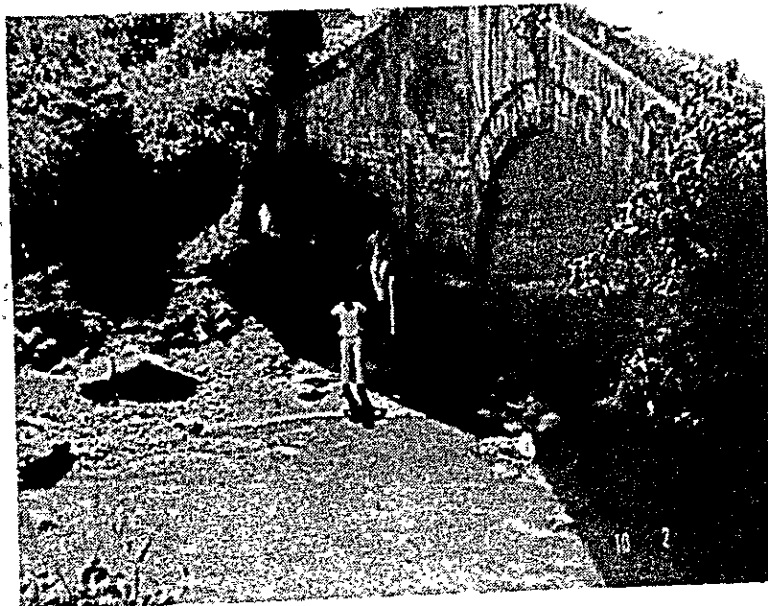
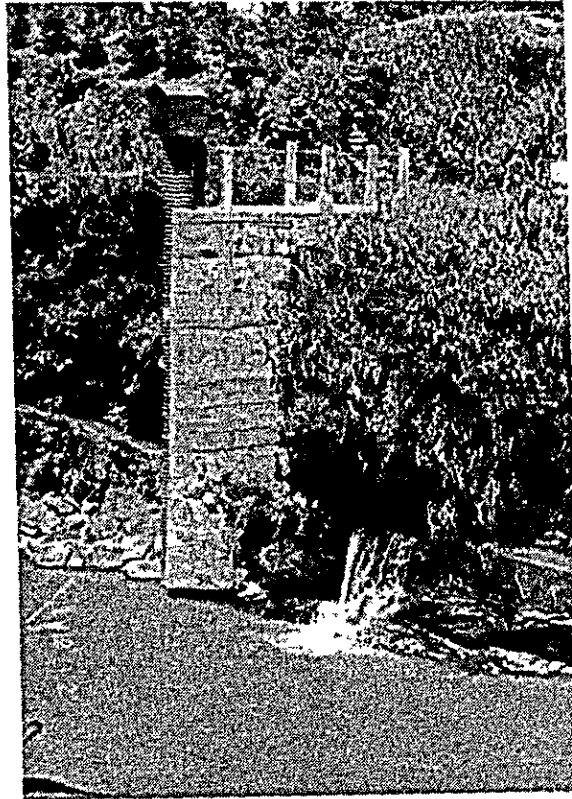
(GENERAL PLAN AND PROFILE)

0 50m

(OTHERS)

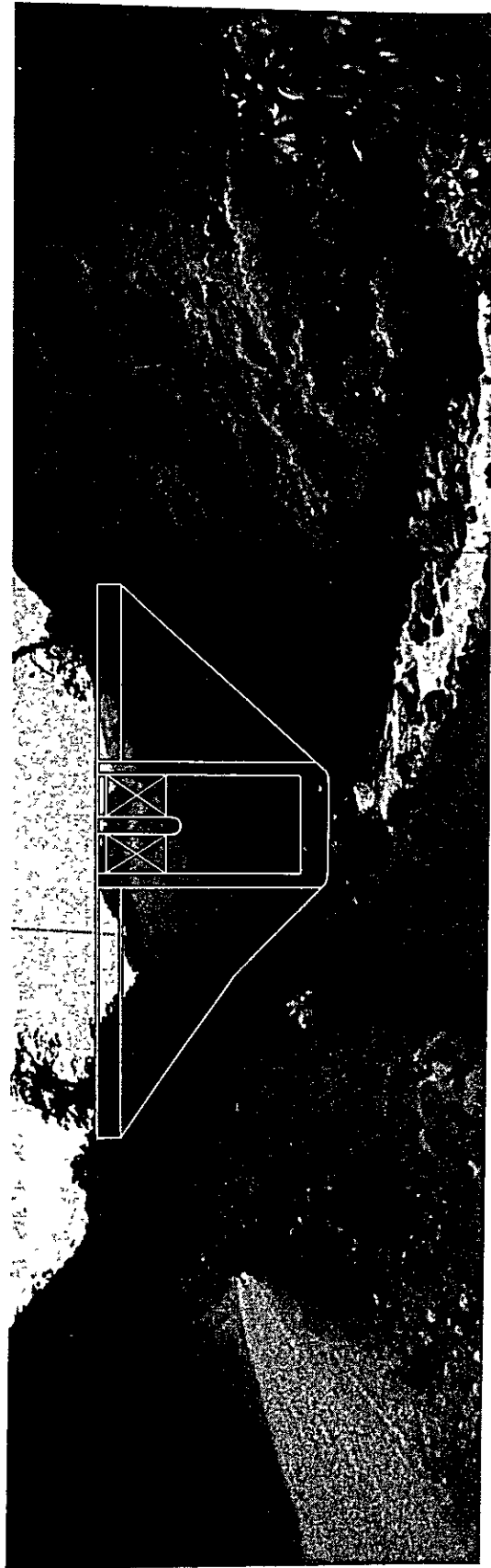
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY	
INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA	
ATRATO PROJECT	
EL SIETE NO.2 PROJECT	
ELECTRIC POWER DEVELOPMENT Co LTD TOKYO JAPAN	
D.R.	SUBMITTED
T.R.	RECOMMENDED,
C.K.	APPROVED
LOCATION	DATE
REVISION	BY
Dwg - 12	

EL SIETE Gaging Station

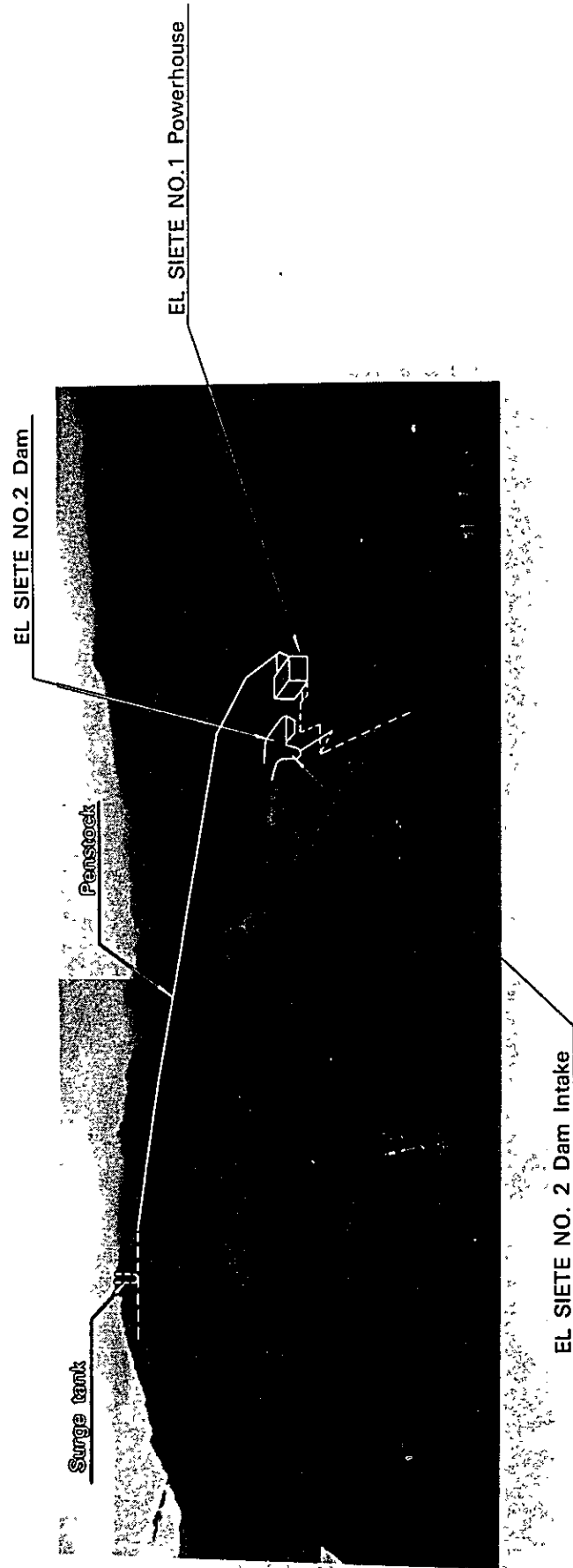


PUENTE DE SANCHEZ Gaging Station

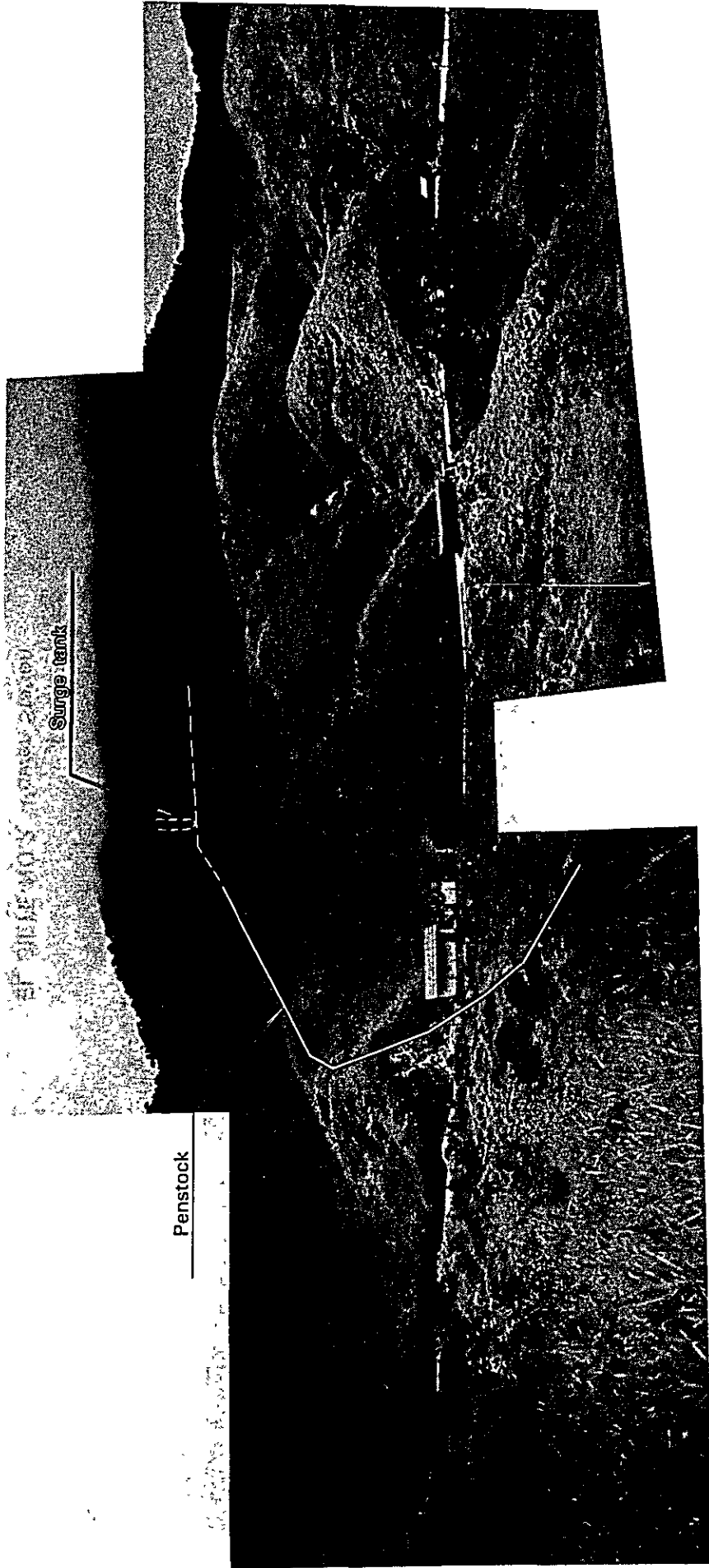




EL SIETE NO. 1 Dam



EL SIETE NO.1 Power Station



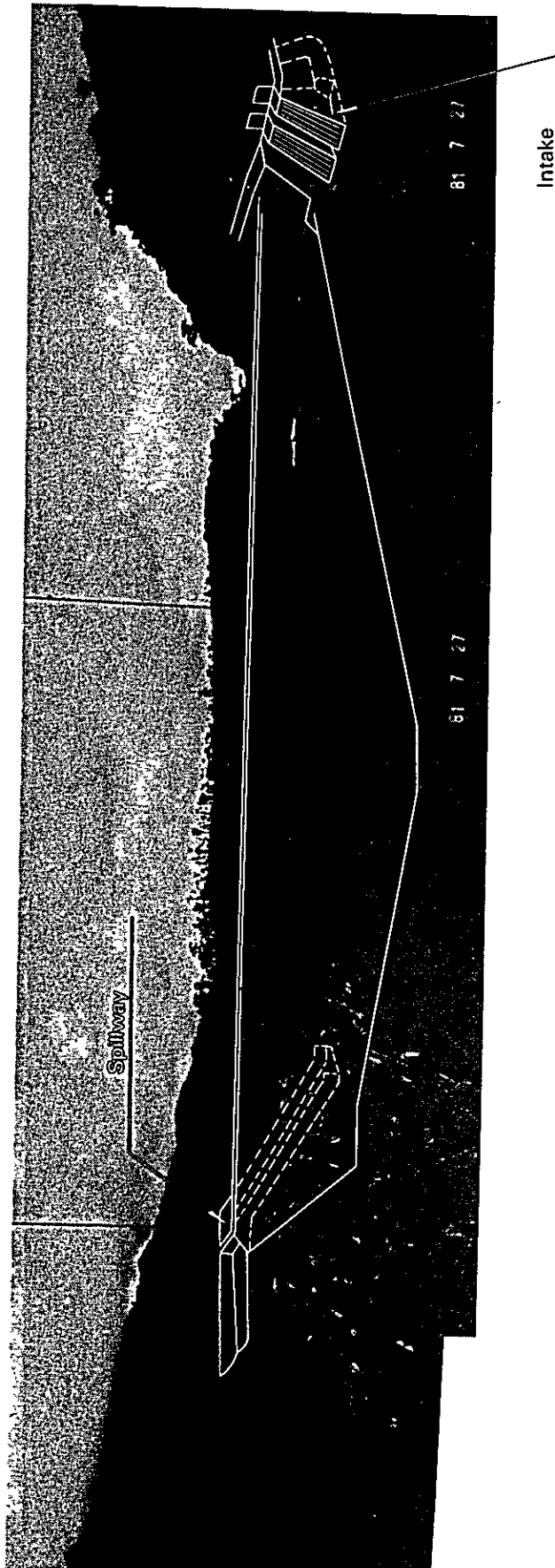
Penstock

Surge tank

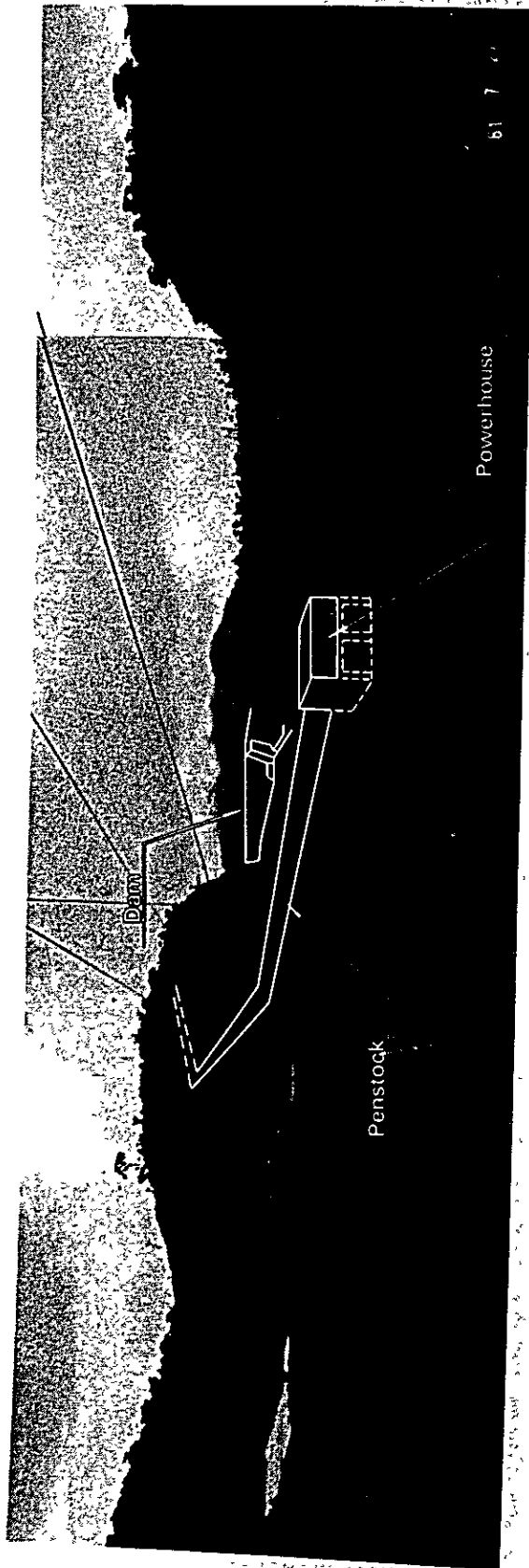
EL SIETE NO.2 Surge tank and Penstock



EL SIETE NO.2 Power Station



EL ONCE Dam



b1 7

EL ONCE Power Station

3.2.1 El Siete No 1 発電計画 (160 MW)

本計画は西流するアトラート河本流の Sanchez 橋の下流 0.8Km の V 字の狭部に満水位 1,460 m、貯水量 1.2 百万 m^3 の貯水池を高さ 55 m のコンクリート重力式ダムで設け、日間調整した水を 3.3Km、内径 4.1m の圧力式トンネルでアトラート河をショートカットして導水し、有効落差 472m を得て 160MW の発電を行うものである。

El Siete No 1 ダム地点では、年間 $21.3m^3/s$ の平均使用水量、 $16.0m^3/s$ の最低 5 日平均可能使用水量をもっており、この流量は年間 740 GWh/年 の電力量の生産を可能にする。

最低 5 日平均可能使用水量が $16.0m^3/s$ であり、この時でも平均出力 63.8MW の発電が可能であり、最大出力 160 MW の発電では 9.5 時間の継続運転が可能である。

最大出力 160 MW を得るためには、最大使用水量 $40m^3/s$ が必要であり、導水路、水圧管路は $40m^3/s$ の通水容量をもつよう計画される。水圧管路は Drawing-05 に示す山部の陵線の地表を利用して設ける計画であり、その延長は 2.3Km と長い、H/L 比は 1/4.7 である。

発電所はアトラート河本流に面して、地表に設け、80MW×2 台で計画した。水車は横軸ペルトン型を適用した。屋外変電所は発電所に接して設け、そこで 220 kV に昇圧し、100Km の 2 cct 送電線で Medellin に送電する計画である。

この計画のため必要とする概算工事費は US\$ 139 百万である。従って、kW 当りの建設単価は US\$ 869/kW であり、kWh 当り建設単価は US\$ 0.189/kWh、年経費率 12% とすると、発電原価は US\$ 0.023/kWh である。

この発電原価でみると、El Siete No 1 発電計画は経済的に極めて有利な事を示している。

また、月別発生電力量をみると、他の既設水力発電所が 7・8・9 月に渇水期をむかえるのに対して、El Siete No 1 発電所に於いては逆にこの間、豊水期に当り、ベース負荷を担当するための高負荷運転が可能である。この事は既設水力発電所に対する渇水補給用火力発電の設備縮少を可能にするものである。

この計画の主な諸元は以下の通りである。

<u>Maximum Output</u>	160 MW
<u>Catchment Area</u>	240 km ²
<u>Run-off Conditions</u>	
Annual average available discharge	21.3 m ³ /sec
Average available discharge for lowest five days in a month	16.0 m ³ /sec
Minimum run-off	-
Maximum run-off	-
Gauging station	Puente de Sanchez
Period observed	Sept. 1975 - Jul. 1981

Regulating Reservoir

High water level	1,460 m
Low water level	1,454 m
Available drawdown	6 m
Total storage capacity	3,300,000 m ³
Effective storage capacity	1,200,000 m ³
Reservoir area	225,000 m ²

Feature of Structures

Dam (El Siete No. 1 dam)

Type	Concrete gravity dam
Height	55 m
Crest length	150 m
Base width	15 m
Volume	120,000 m ³
Spillway capacity	1,700 m ³ /sec (controlled by dam crest gates)

Intake (provided at left bank immediately upstream of dam)

Maximum intake discharge	40 m ³ /sec
High water level	1,460 m
Low water level	1,454 m
Intake structure height	15 m (screen, gate appurtenant)
Intake structure width	10 m

Headrace

Type	Pressure tunnel
Length	3,300 m
Inner diameter	4.1 m (circular cross section)
Number of line	1 line
Maximum discharge	40 m ³ /sec, flow velocity $v = 3.0$ m/sec

Surge Tank

Type	Orifice type, circular section shaft type
Inner diameter	12 m
Height of surge tank	40 m

Penstock

Type	Upper horizontal portion: Sloped portion:	Tunnel-embedded Ground surface type
Length		2,300 m

Average inner diameter	3.2 m (circular, steel pipe)
Number of line	1 line (4 lines after bifurcation)
Type of support	Rocker support

Powerhouse

Type	Ground surface, indoor type
Maximum output	160 MW
Unit capacity	80 MW
Number of units	2 units
Turbine type	Horizontal-shaft Pelton
Number of turbine nozzles	4 nozzles
Revolution	300 rpm
Generator type	3-phases, AC generator
Generator capacity	89 MVA x 2 units
Power factor	90%
Building: height	27 m
width	18 m
length	50 m
Building space capacity	24,300 m ³

Outlet (Directly connected to powerhouse)

Tail water level	970 m
Structure width	7.5 m
Structure height	10.0
Maximum discharge	40 m ³ /sec

Power Generation

Generating development form	Dam and waterway type, daily-regulation type
Intake water level	1,460 m
Tail water level	970 m
Gross head	490 m
Effective head	472 m
Maximum available discharge	40 m ³ /sec
Maximum output	160 MW
Annual energy production	735 GWh
Annual average output	83.9 MW
Annual plant factor	52.4%

Roughly Estimated Construction Cost

Civil work	US\$81 x 10 ⁶
------------	--------------------------

Generating equipment	US\$18 x 10 ⁶
Others	US\$40 x 10 ⁶
Total	US\$139 x 10 ⁶

Economic Effect

Construction cost per kW	US\$869/kW
Construction cost per kWh	US\$0.189/kWh
Generating cost	US\$0.023/kWh (in annual expense factor 12%)

Construction Period

Period to operation	3 years
---------------------	---------

3.2.2 El Siete Na 2 発電計画 (124MW)

本計画は El Siete Na 1 の放水を水位 970m で取水し、アトラート河本流をサイフォンで横断させ、右岸に導き、更に El Siete Na 1 ダムの下流の残流域 (CA=70Km²) からの流量を最大 20m³/s 取水し、この両者の流量を合流させ、延長 6.5Km、内径 4.8m の圧力式トンネルで、アトラート河に沿って右岸山部を導水し、Pinon 村付近で有効落差 245m を得て、最大出力 124 MW の発電を行うものである。

この発電所に於いて、使用できる流量は El Siete Na 1 の平均使用水量 21.3m³/s に残流域 CA=70Km² からの流量 12.4m³/s を加えた合計 33.7m³/s であり、この流量は年間 608GWh /年の電力量の生産を可能にする。最低 5 日平均可能使用水量でも 25.6m³/s あるので、この間の平均出力は 53.3 MW が可能である。またこの間のピーク出力 109 MW の発電では 9.5 時間の継続運転が可能である。

最大出力 124 MW を得るためには、最大使用水量 60m³/s が必要であり、導水路、水圧管路は 60m³/s の通水量をもつよう計画した。水圧管路は Drawing-05 に示す山部の斜面の地表を利用して設ける計画であり、その延長は 1,300m である。H/L 比は 1/0.5 である。

発電所はアトラート河本流の右岸に川に面して、その地表に設け、62MW x 2 台で計画した。水車は立軸フランス型を適用した。発電所の放水位 710m と Once ダム満水位 700m 間には 10m の遊休落差があるが、これは Once ダムのバック・ウォーター付近の堆砂の影響を考慮した結果である。屋外変電所は発電所に接して設け、そこで 220 kV に昇圧し、10Km の 2-cct 送電線で El Siete Na 1 発電所に連結する計画である。

この計画のため、必要とする概算建設費は US\$ 114 百万である。従って、kW 当り建設費は US\$ 919/kW であり、kWh 当り建設単価は US\$ 0.188/kWh、年経費を 12% とすると、その発電原価は US\$ 0.023/kWh である。

この発電原価は、経済的にも極めて有利な事を示しており、El Siete Na 1 との総合発電原価でみても有利である。

この計画は、El Siete No.1 に先行して建設する場合、取水地点に於いて日間調整を行うための貯水池を設ける事は地形的に無理である。従って、El Siete No.1 と同時、あるいはその後建設するものとして計画した。El Siete No.1 が先行して建設されれば、日間調整の効果をそのまま El Siete No.2 にも影響させる事ができる。

そのため、この計画を El Siete No.2 と名称を付けたものである。

この計画の主な諸元は以下の通りである。

<u>Maximum Output</u>	124 MW
<u>Catchment Area</u>	310 km ² [El Siete No. 1; 240 km ² Remaining CA; 70 km ²]
<u>Run-off Conditions</u>	
Annual average available discharge	33.7 m ³ /sec
Average available discharge for lowest five days in a month	25.6 m ³ /sec
Minimum run-off	-
Maximum run-off	-
Gauging station	Puente de Sanchez
Period observed	Sept. 1975 - Jul. 1981
<u>Reservoir</u>	
Intake water level	970 m
Low water level	-
Available drawdown	-
Effective storage capacity	no regulating
<u>Feature of Structures</u>	
<u>Intake Dam</u>	
Maximum intake discharge	20 m ³ /s [Up to max. 40 m ³ /sec to be directly drawn from El Siete No. 1 PS]
Type	Concrete gravity dam
Height	15 m
Crest length	50 m
Base width	40 m
Volume	18,000 m ³
Spillway capacity	2,300 m ³ /sec (dam crest overflow type)
<u>Intake</u>	
Maximum intake discharge	20 m ³ /sec

Intake water level	970 m
Intake structure height	2.5 m
Intake structure width	20.0 m
<u>Sedimentation Basin</u>	
Type	Outdoor, two chambers
Effective depth	2.0 m
Width	40 m
Length	90 m
Capacity	5,000 m ³
<u>Headrace</u>	
Type	Pressure tunnel [standard horseshoe cross section]
Length	6,500 m
Inner diameter	4.8 m
Number of line	1 line
Maximum discharge	60 m ³ /sec [flow velocity v = 3.3 m ³ /sec at max. discharge of 60 m ³ /sec]
<u>Surge Tank</u>	
Type	Orifice type, circular section shaft type
Inner diameter	20 m
Height	30 m
<u>Penstock</u>	
Type	Ground surface type, welded steel pipe
Length	1,300 m
Average inner diameter	3.6 m
Number of line	1 line (2 lines after bifurcation)
Type of support	Rocker support
<u>Powerhouse</u>	
Type	Ground surface, indoor type
Maximum output	124 MW
Unit capacity	62 MW
Number of units	2 units
Turbine type	Vertical-shaft Francis
Revolution	400 rpm
Generator type	3-phases, AC generator

Generator capacity	69 MVA x 2 units
Power factor	90%
Building: height	35 m
width	20 m
length	40 m
Building space capacity	28,000 m ³

Outlet (directly connected to powerhouse)

Discharge water level	710 m
Structure width	25 m
Structure height	15 m
Maximum discharge	60 m ³ /sec

Power Generation

Generating development form	Dam and waterway type, daily-regulation type
Intake water level	970 m
Tail water level	710 m
Gross head	260 m
Effective head	245 m
Maximum available discharge	60 m ³ /sec
Maximum output	124 MW
Annual energy production	608 GWh
Annual average output	69.4 MW
Annual plant factor	56.0%

Roughly Estimated Construction Cost

Civil work	US\$65 x 10 ⁶
Generating equipment	US\$20 x 10 ⁶
Others	US\$29 x 10 ⁶
Total	US\$114 x 10 ⁶

Economic Effect

Construction cost per kW	US\$919/kW
Construction cost per kWh	US\$0.188/kWh
Generating cost	US\$0.023/kWh (annual expense factor 12%)

Construction Period

Period to operation	3 years
---------------------	---------