

#### 7.4 流出土砂量解析

流域山地で生産された土砂は取水口地点まで流出し、これより水路と河川を経由して下流に流送される。土砂の流出過程を図-7.6 のフローで示し、これに基づいて流出土砂量の概略を検討した。

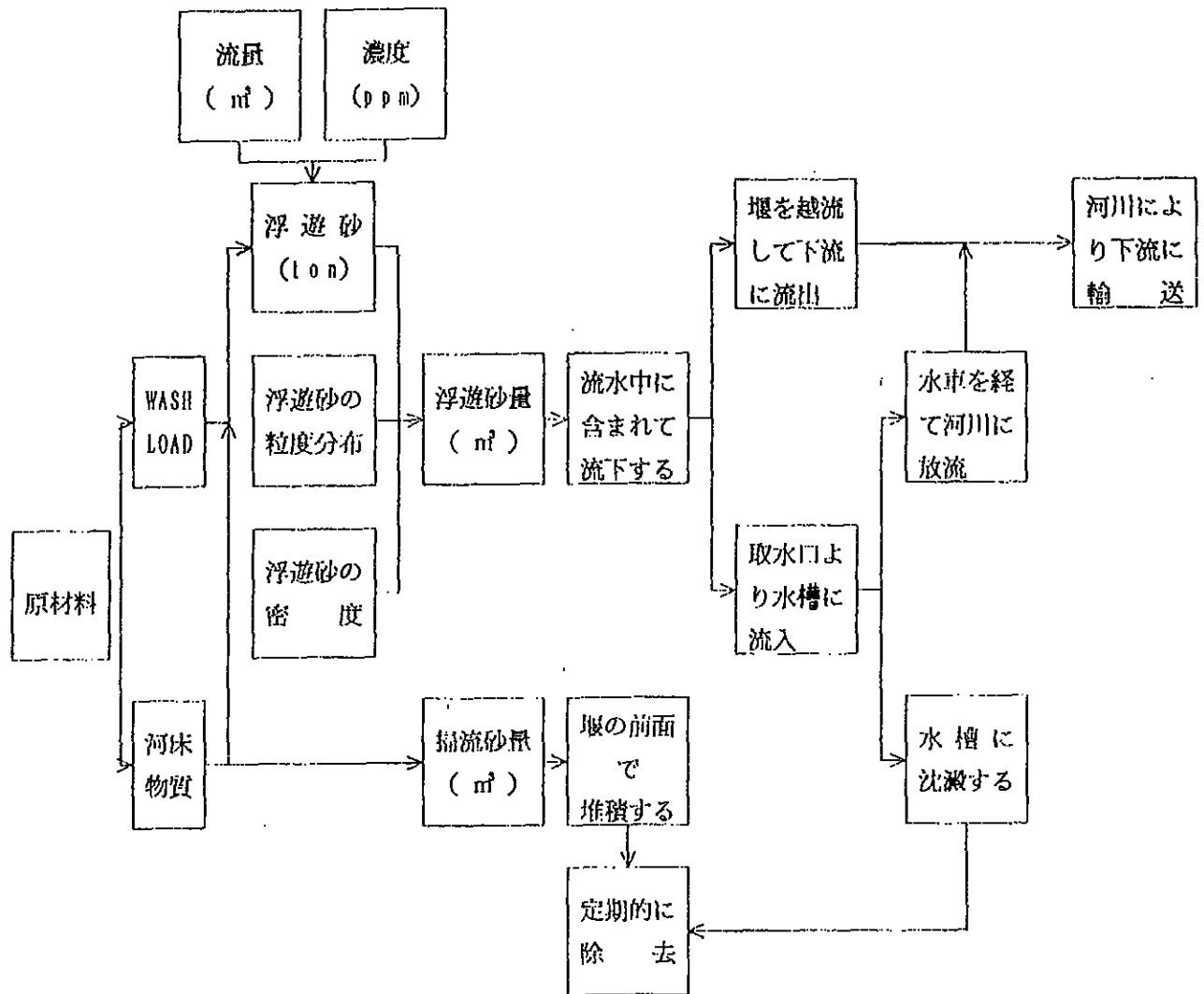


図-7.6 土砂流出の構造と流出土砂量のフロー

#### 7.4.1 土砂流出状況

Chinchina川の流域はその流域に Manizales市街を含み分水嶺に近い上流域は比較的急峻な溪谷から形成されている。流域の植生は良好である。これらの流域より流出する土砂は都市開発に伴う土砂、都市廃棄物および河床と堤防の浸蝕や段丘の崩壊によるガリー浸蝕等が主なものである。

浮遊土砂量曲線は Rio Nasの Rating 曲線の基本形状を参考に作成して、これを図-7.7 に示す。

Bocaloma 測水所地点での浮遊土砂量 (ton/年) の概要を次に示す。

河川	集水面積 (km)	河川流出量			濃度		浮遊土砂量 $10^3 \text{ ton/年}$
		全流出量 $10^6 \text{ m}^3/\text{年}$	最大流量 $\text{m}^3/\text{s}$	最少流量 $\text{m}^3/\text{s}$	最大値 ppm	最少値 ppm	
Chinchina	218.6	195	24.0	2.1	—	—	39

Chinchina 川の測水所に流送される浮遊砂量は集水面積当り1年間で 200 ton/kmとなり、年平均浮遊砂濃度は200ppmとなる。

#### 7.4.2 流出土砂量の推定

##### (1) 主要物性

##### (a) 粒度分布

沈砂池、水槽における沈殿土砂の粒度分布は観測されたが、浮遊砂と掃流砂の資料は入手できなかった。浮遊砂については貯水池の堆砂に関する資料を参考に粒度分布を推定し、これを図-7.8 に示す。その粒度構成は次の様になる。

砂	シルト	粘土
10%	60%	30%

San Cancioの水路、沈砂池より採取した堆砂の粒度曲線を参考までに図-7.7 に併せて示す。

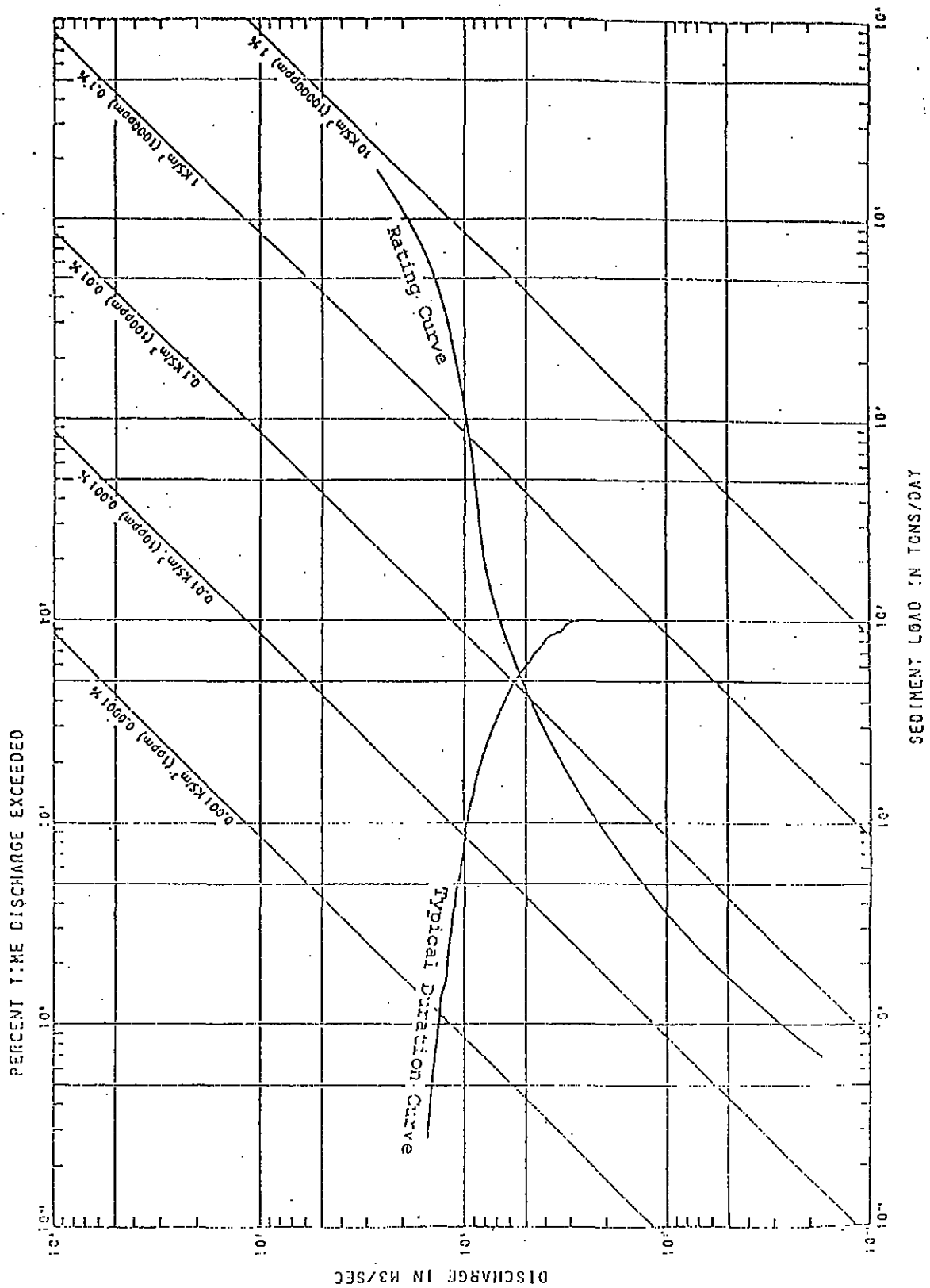


Fig. 7.7 Suspended Sediment Rating Curve

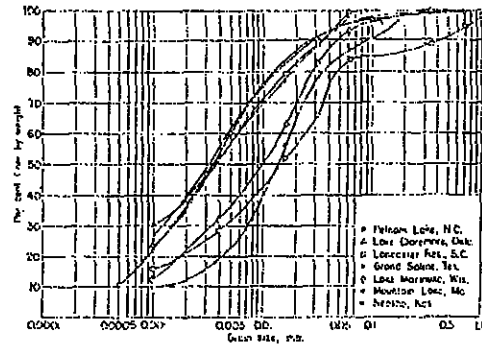


図-7.8 浮遊砂の粒度分布

(b) 単位体積重量

流出土砂のうち砂とシルトの単位体積重量は資料が入手できたが、それ以外は文献を参考に決定する。砂および礫の単位体積重量は圧密荷重にも影響するが沈澱後比較的短時間に圧密が終了するが粘土やコロイド等の細粒は砂や礫に比べて長時間を必要とする。既往の実例より貯水池での堆砂の粒度構成とその時の荷重の作用条件（水面下又は水面上）から表-7.9に示す範囲となる。

表-7.9 単位体積重量の範囲 (ton/m<sup>3</sup>) \*

粒 径	ほとんど水面下	水面上
粘 土	0.64~0.96	0.96~1.28
シルト	0.88~1.20	1.20~1.36
粘土とシルトの混合（等量）	0.64~1.04	1.04~1.36
砂とシルトの混合（等量）	1.20~1.52	1.52~1.76
粘土、シルトと砂の混合（等量）	0.80~1.28	1.28~1.60
砂	1.36~1.60	1.36~1.60
礫	1.36~2.00	1.36~2.00
砂と礫	1.52~2.08	1.52~2.08

\* Handbook of Applied Hydrology

(2) 土砂の流出量

土砂の取水口地点での流出量の検討は浮遊砂と掃流砂について考慮する。浮遊砂は濃度測定と流量記録から求められる。掃流砂は量的記録が入手されていない。掃流砂は一般に全堆砂量の10~55%と言われておりコロラド川の掃流砂は全堆砂量の12~50%である。インダス川の掃流砂はタルベラダム（パキスタン国）地点で浮遊砂の5%と世銀調査団が推定している。

(3) 年間流入土砂量

取水口地点での年間流入土砂量は測水所地点の値を集水面積比で換算して求める。

	集水面積 ( $\text{km}^2$ )	河川流出量 $10^6$ ( $\text{m}^3$ )	浮遊砂量 $10^3$ (ton)	掃流砂量 $10^3$ (ton)	流入砂量 $10^3$ (ton)
Sancancio	220.0	203	40	4	44
Intermedea	228.8	242	48	5	53
Municipal	273.2	246	49	5	54

平均粒度構成と各粒径ごとの単位重量から流入土砂の平均密度は次のように求める。

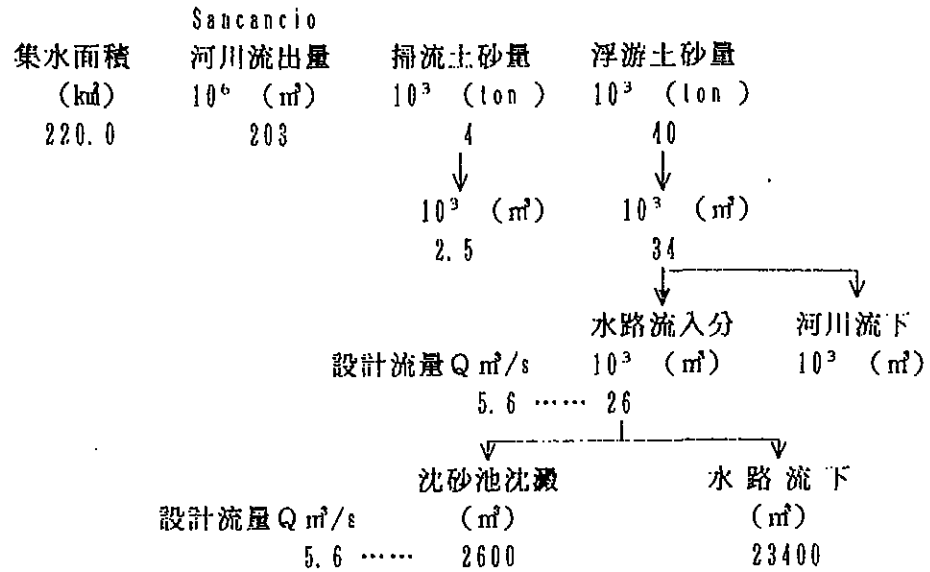
掃流土砂

	礫	砂	シルト	合計
粒度構成 (%)	10	80	10	100
単位堆積重量 ( $\text{ton}/\text{m}^3$ )	1.70	1.65	1.25	
粒度ごとの単位重量 ( $\text{ton}/\text{m}^3$ )	0.170	1.32	0.125	1.615 ... 1.62

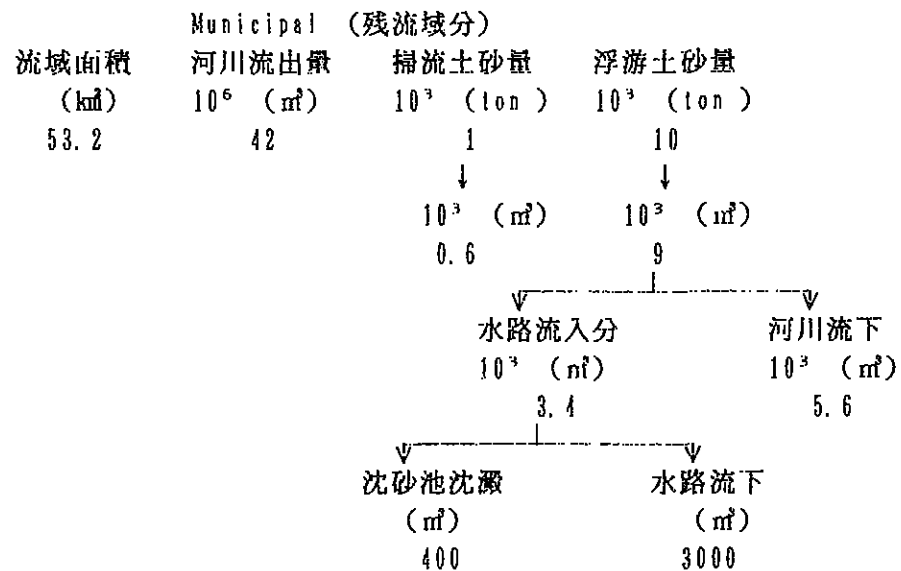
浮遊土砂

	砂	シルト	粘土	合計
粒度構成 (%)	10	60	30	100
単位堆積重量 ( $\text{ton}/\text{m}^3$ )	1.65	1.25	0.80	
粒度ごとの単位重量 ( $\text{ton}/\text{m}^3$ )	0.165	0.75	0.240	1.155 1.16

掃流砂の全ては取水堰と取水口前面に堆積し水路への流入は無いものとする。浮遊砂は設計流量の範囲内で流量に含まれて取水口より水路を流下する。水路に流入した浮遊砂は一部の粒子が沈砂池で沈澱し残りの浮遊砂は流水と共に水車を経て河川に放流される。設計流量以上の河川流量に含まれている浮遊砂は流量と共に堰を越流して河川を流下する。



以上の解析結果から Sancancio取水堰前面での堆砂量は年平均約 7 m<sup>3</sup>/日、沈砂池での沈澱土砂量は使用水量 5.6 m<sup>3</sup>/s の場合 7 m<sup>3</sup>/日 が予想される。これらの堆積土砂量の除去対策は充分考慮しなければならない。



以上の解析結果から Municipal 取水堰前面での堆砂量は年平均約 2 m<sup>3</sup>/日、沈砂池での沈澱土砂量は取水量 1.4 m<sup>3</sup>/s の場合 1 m<sup>3</sup>/日 が予想される。これらの堆積土砂量の除去対策は充分考慮しなければならない。

## 7.5 水質解析

Chinchina 川の水質としては PH 6.7 が観測されているが、本計画の流域には Manizales 市が位置し、都市廃水による汚染の進行は視覚でも明らかであり、水質試験を早急に実施する必要がある。

## 第 8 章 発電計画

### San Cancio 発電所の発電計画

既設発電所の最大使用水量は  $5.6 \text{ m}^3/\text{s}$  で計画されており、取水口地点の代表的流況曲線に於てその河川水利用率は 79.5%，流量設備利用率 88.0% と流れ込み式水力発電所としては比較的大きな設計流量を示しているのでこの値は変えない。

従って本水力発電所の修復のねらいは、運転効率を高め年間可能発電電力量のアップをはかる事及び下流に存在する同規模出力の Intermedia 及び Municipal 両水力発電所との運転、点検、保守及び管理の標準化並びにスペアパーツの互換性等の利点を考慮するものとする。

### Intermedia 発電所の発電計画

既設発電所の最大使用水量は、 $5.6 \text{ m}^3/\text{s}$  で計画されており、取水口地点の代表的流況曲線に於てその河川水利用率は 79.5%，流量設備利用率 88.0% と流れ込み式水力発電所としては比較的大きな設計流量を示しているのでこの値は変えない。

従って本水力発電所の修復のねらいは、理論的に計算される発電出力と既設設備容量とのギャップを埋める事、運転効率を高め年間可能発電電力量のアップをはかる事及び上下流に存在する同規模出力の San Cancio 及び Municipal 両水力発電所との運転、点検、保守及び管理の標準化並びにスペアパーツの互換性等の利点を考慮するものとする。

### Municipal 発電所の発電計画

既設発電所の最大使用水量は、San Cancio 発電所で取水された水が、Intermedia を通り Municipal 発電所の発電に使われる為、上流 2 発電所と同一使用水量  $5.6 \text{ m}^3/\text{s}$  となっている。しかし Municipal 発電所は、San Cancio 発電所の取水口より下流約 5 km に位置する為、残流域考慮の余地がある。

従って、 $5.6 \text{ m}^3/\text{s}$  を基準として取水口地点の代表的な流況曲線に於て、その流量設備利用率が 50% を下廻らない範囲内で最大使用水量を選び発電出力及び年間可能発電電力量を計算し、技術的ならびに経済的に適正な発電規模の計画を図る。

尚、既設発電所には理論的に計算される発電出力と既設設備容量との間にギャップがあり、又運転効率が低いという問題がありこれ等を解決すると共に上流側2発電所との運転、点検、保守および管理の標準化ならびにスペアパーツの互換性等の利点を考慮するものとする。

## 8.1 比較案の検討

### San Cancio 及び Intermedia 発電所

既に述べた通り、本発電所の最大使用水量を増やす事は、不可能であり、既設の使用水量  $5.6 \text{ m}^3/\text{s}$  を変えずに現有設備の改造及び取替による修復を行うものとする。

尚、Intermedia 発電所の設備容量は、発電出力が大巾に下廻っている為、計画発電出力に見合った設備容量に交換するものとする。

### Municipal 発電所

本地点の修復に当っては次の2点に留意する。

#### 一 発電出力と設備容量のアンバランス

Intermedia 発電所と同様に当発電所の設備容量も発電出力が大巾に下廻っている為計画発電出力に見合った設備容量に交換する必要がある。

#### 一 残流域の取扱い

本地点の設計流量は、San Cancio, Intermediaと同様  $5.6 \text{ m}^3/\text{s}$  となっているが、残流域取水が可能であり、既設の設計流量  $5.6 \text{ m}^3/\text{s}$  と残流域からの取水を考慮したケースについて比較検討を行う。

### (1) 最大使用水量

Intermedia 発電所の取水は、San Cancio 発電所の放水路に直結しているので、San Cancio 発電所と Intermedia 発電所の最大使用水量と等しくなる。図-8.1(1)に示す San Cancio 発電所の取水口地点の代表的な河川流況曲線から分るように、既設発電所の最大使用水量  $Q = 5.6 \text{ m}^3/\text{s}$  は、流れ込み式水力発電所の使用水量としては上限に近い値である。また、水理解析の結果によれば、既設開水路の通水能力は現形状で  $5.6 \text{ m}^3/\text{s}$  相当と判断される。したがって、San Cancio 及び Intermedia 両発電所の最大使用水量は、既設の最大使用水量  $Q = 5.6 \text{ m}^3/\text{s}$  に限定される。



Municipal 発電所の使用水量は、現計画の最大使用水量  $Q = 5.6 \text{ m}^3/\text{s}$  (= Intermedia 発電所の放流量) と残流域流量を加算した  $Q = 7.0 \text{ m}^3/\text{s}$  の 2 ケースに設定する。 $Q = 7.0 \text{ m}^3/\text{s}$  は、San Cancio 及び Intermedia 両発電所の最大使用水量と同じ年間を通じて 52% 保証できる流量に相当する。

(図-8.1・(2) 参照)

(2) 有効落差

水車の出力決定及び年間発生電力量の算出のための有効落差は一定であると仮定し、次のような基準で算定した値を基準有効落差として用いる。基準有効落差  $H_e$  は水槽と放水路間の損失水頭を次式により求める。

$$H_e = H_g - \Delta H$$

$$H = V^2 / 2g (1 + f_1 + f_2 L/D + f_m) + h$$

$$= V^2 / 2g (1.85 + f_2 L/D) + h$$

ここに、

- $H_g$  : 総落差
- $\Delta H$  : 全損失水頭 (m)
- $V^2 / 2g$  : 流速水頭 (m)
- $f_1$  : 流入損失係数 0.1
- $f_2$  : 摩擦損失係数  $124.6 n^2 / D^{1/3}$
- $L$  : 水圧管路の延長 (m)
- $D$  : 管路の径 (m)
- $f_m$  : 分岐損失係数 0.75
- $h$  : 余裕 (m)
- $n$  : 粗度係数 0.012

1) San Cancio

$$H_g = \text{水槽水位 (1906.73)} - \text{放水位 (1846.99)} = 59.74 \text{ m}$$

表-8.1 基準有効落差の計算結果

Q	D	L	V	$V^2 / 2g$	$f_2 L/D$	$\frac{V^2}{2g} (\Sigma f)$	h	H	$H_e$
(m/s)	(m)	(m)	(m/s)	(m)		(m)	(m)	(m)	(m)
5.6	1.24	231.1	4.64	1.097	3.11	5.44	0.50	5.94	53.80

以上の計算結果より基準有効落差として 53.80m を使用する。

2) Intermedia

$$H_g = \text{水槽水位 (1841.74)} - \text{放水位 (1780.22)} = 61.52\text{m}$$

表--8.2 基準有効落差の計算結果

Q	D	L	V	$V^2 / 2g$	$f_2 L/D$	$\frac{V^2}{2g} (\Sigma f)$	h	H	H <sub>e</sub>
(m/s)	(m)	(m)	(m/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
5.6	1.24	153.5	4.64	1.098	2.07	430	0.42	4.72	56.80

以上の計算結果より基準有効落差として 56.80mを使用する。

3) Municipal

$$H_g = \text{水槽水位 (1777.00)} - \text{放水位 (1694.80)} = 82.20\text{m}$$

表--8.3 基準有効落差の計算結果

Q	D	L	V	$V^2 / 2g$	$f_2 L/D$	$\frac{V^2}{2g} (\Sigma f)$	h	H	H <sub>e</sub>
(m/s)	(m)	(m)	(m/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
5.6	1.52	157.8	3.09	0.487	1.62	1.69	0.51	2.20	80.00
7.0	1.52	157.8	3.86	0.760	1.62	2.64	0.46	3.10	79.10

以上の計算結果より基準有効落差として 79.60mを使用する。

San Cancio  
 Intermedia 水力発電所取水口地点の流況曲線図  
 図-8.1(1)

TYPICAL FLOW DURATION CURVE AT INTAKE SITE

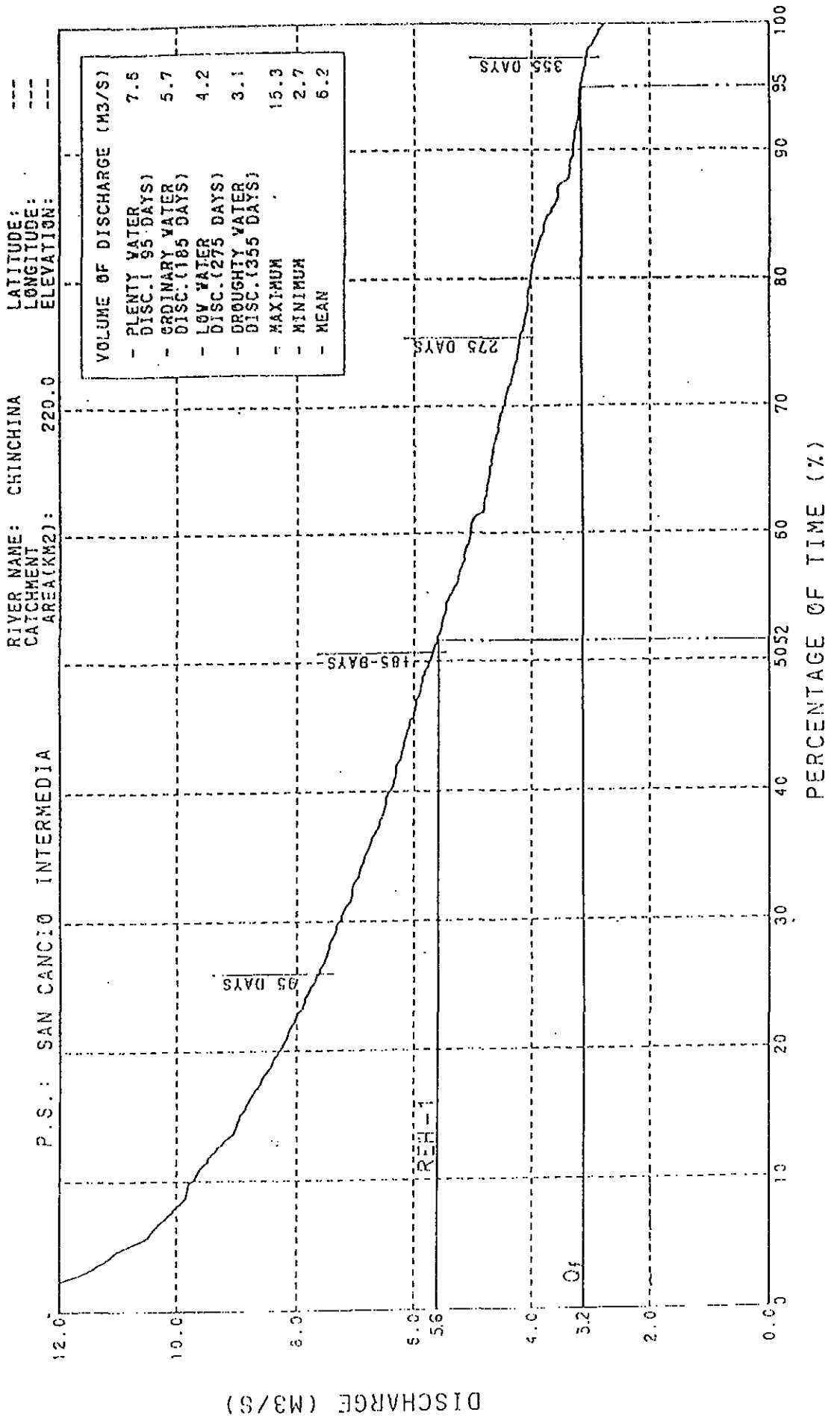
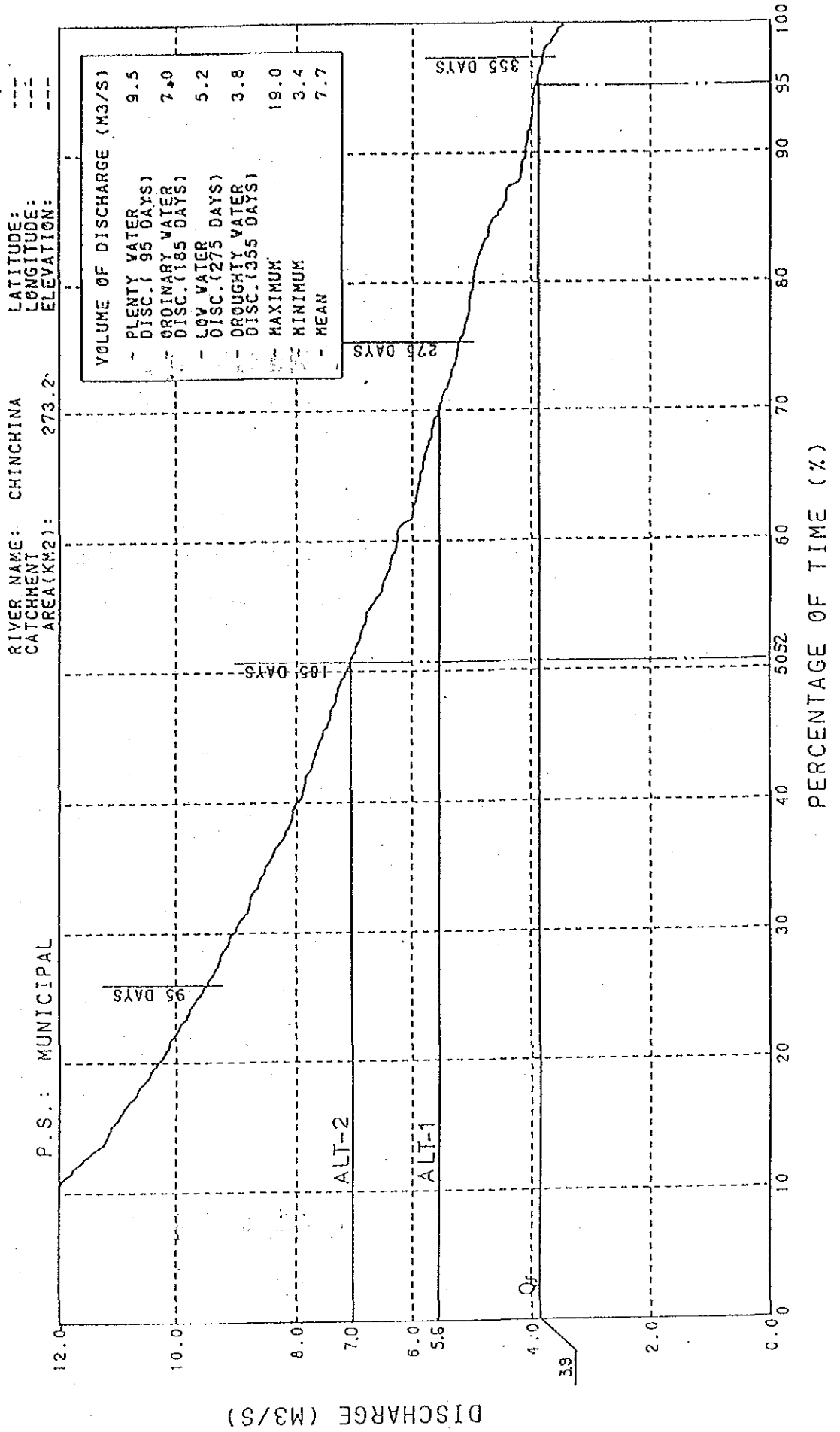




図-8.1(2) Municipal 水力発電所取水口地点の流況曲線図

TYPICAL FLOW DURATION CURVE AT INTAKE SITE



## 8.2 発電出力

発電出力は、使用水量（ $Q$ ）と基準有効落差（ $H_e$ ）より求まる理論出力に機器の合成効率を乗じて次式で算定する。

$$P = 9.8 \times Q \times H_e \times \eta$$

ここに、

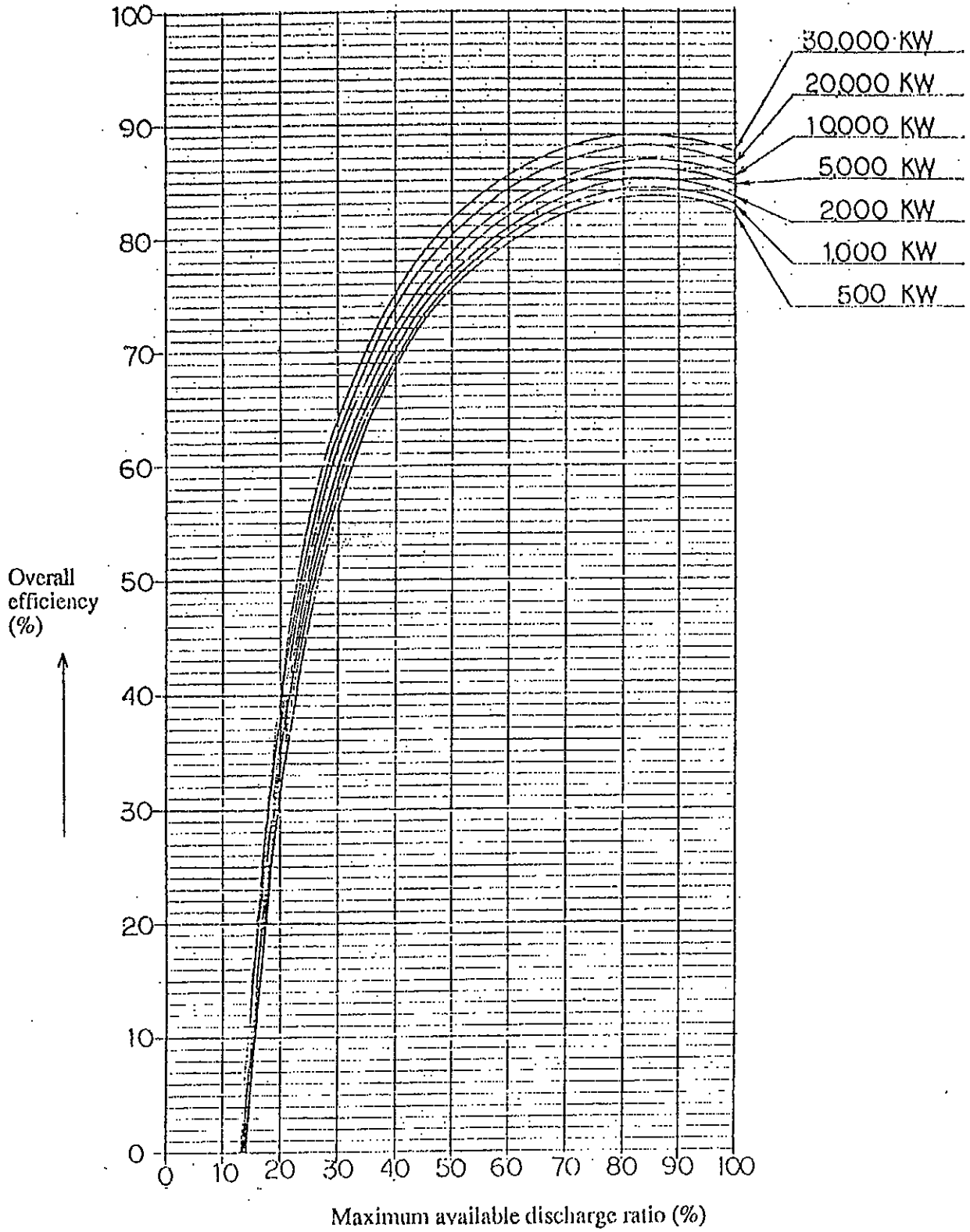
- $P$  : 発電出力 (kW)
- $Q$  : 任意の使用水量 ( $m^3/s$ )
- $H_e$  : 基準有効落差 (m)
- $\eta$  : 水車及び発電機の合成効率
- 9.8 : 定数 (重力加速度  $m/s^2$ )

合成効率（ $\eta$ ）は水車効率（ $\eta_t$ ）と発電機効率（ $\eta_g$ ）を乗じた総合効率を示す値で、図-8.2 に示す合成効率曲線において最大使用水量比 100%の値に相当する。比較代替案に対する発電出力の計算結果を示すと表-8.4 の通りである。

表-8.4 発電出力の計算

項目 発電所別	①	②	③	④	⑤
	使用水量 $Q$ ( $m^3/s$ )	基準有効 落 差 $H_e$ (m)	$9.8 \times ① \times ②$ 理 論 出 力 (kW)	合成効率 $\eta$	$③ \times ④$ 発 電 出 力 $P$ (kW)
San Cancio	5.6	53.8	2,952	0.830	2,400
Intermedia	5.6	56.8	3,117	0.830	2,500
Municipal (ALT-1)	5.6	79.6	4,368	0.830	3,600
" (ALT-2)	7.0	79.6	5,460	0.835	4,500

Fig. 8.2 Resultant Efficiency Curve of Francis Turbine and Generator



(Source: The above curve is drawn according to the study standard for formulation of hydroelectric development plan (March, 1981).

### 8.3 年間可能発電電力量

発生電力量は、発電出力（kW）、運転時間 t（hr）を乗じた次式で計算する。

$$E = P \cdot t \text{ (kWh)}$$
$$= 9.8 \times Q \times H_e \times \eta \times t$$

ここに P：発電出力（kW）

t：運転時間（hr）

水力発電所が年間を通じて事故停止もせず、点検維持補修停止もしないものと仮定した場合に、1年間に発生が可能な電力量（年間可能発電電力量）は次のような方法で算出される。

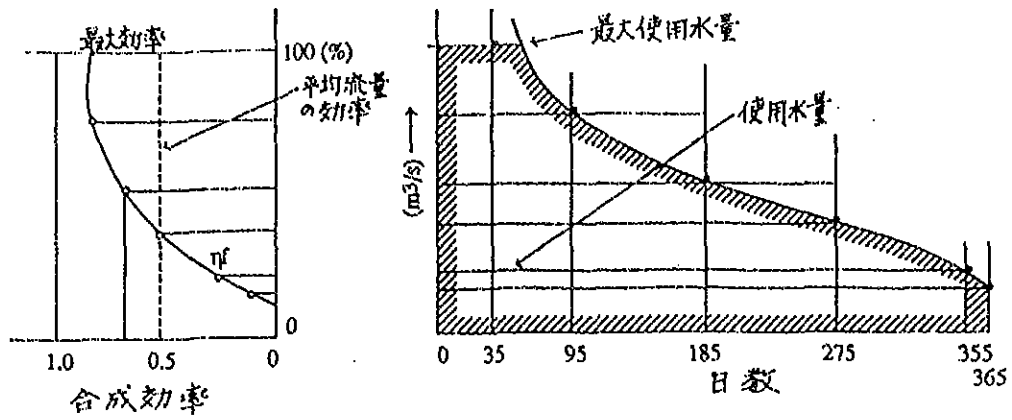
- (1) 流量資料の日流量とそのときの有効落差、合成効率を用いる方法
- (2) 流況図から流況と合成効率を組合せて行う方法
- (3) 平均電水比を用いる方法

本計画地点における年間可能発電電力量の計算は次のような理由で、(2)の方法を採択している。

- ① 使用する流量資料は、本発電所の取水口地点での観測記録ではなくて、約 0.6km 上流にある CHEC 所管の Bocatoma 測水所のデータから換算したものであること。
- ② Bocatoma 測水所と取水口地点の両方で同時観測した記録が皆無のため、単純に両方の流域面積比を用いて換算した流量資料であること。
- ③ (3) の平均電水比を用いて計算する方法も流況図を用いるが、(2)の方法に比較して精度の粗い目算方法であること。

流況曲線図から流況と合成効率を組合せて、年間可能発電電力量を概算する流況一効率法の計算要領を示すと次の通りである。





最大使用水量 =  $\frac{m^3}{t}$  , 有効落差  $H_e = m$

① 日順	② 日数	③ 使用水量 ( $m^3/t$ )	④ 負担率 $\frac{\text{使用水量}}{\text{最大使用水量}}$	⑤ 合成効率 $\eta$	⑥ 発電力 (kW)	⑦ 平均発電力 (kW)	⑧ 発電電力量 (kWh)
最大							
95	95						
185	185-95 90						
275	275-185 90						
355	355-275 80						
365	365-355 10						
計	365					( )	

- ① の頭切日順は、最大使用水量取水可能日数を挿入する。
- ② の日数は、計算段と直上段の日順の差である。本例では、便宜的に流況代表日数を採った。
- ③ 最大使用水量で頭打ちした日順の流量を使用水量とする。
- ④ 使用水量を最大使用水量で割ったものを入力負担率とし、合成効率；⑤を読み取り記入する。
- ⑥  $9.8 \times Q \times H_e \times \eta$
- ⑦ 計算段と直上段の発電力の平均値
- ⑧ ⑦×②×24が計算日数間の発電電力量で、その合計値が年間可能発電電力量となる。

図-8.3 流況-効率法による年間可能発電電力量の計算要領

### 8.3.1 年間可能発電電力量の計算

流況一効率法によって比較代替案毎の年間可能発電電力量を計算した結果を示すと次の通りである。

表-8.5 年間可能発電電力量

項目 発電所別	最大使用水量 Q ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	定格出力 P (kW)	ユニット数	年間可能 発電電力量 (MWh)
San Cancio	5.6	1,200	2	18,471
Intermedia	5.6	1,250	2	19,743
Municipal (ALT-1)	5.6	1,800	2	29,944
" (ALT-2)	7.0	2,250	2	34,767

表-8.6-(1) 年間可能発電電力量の計算 ( San Cancio )

最大使用水量 2.8m<sup>3</sup>/s×2ユニット, 基準有効落差53.8m, 水車形式: フランス水車

日順	日数	使用水量 (m <sup>3</sup> /s)	負担率	合成効率	発電力 (kW)	平均電力 (kW)	発電電力量 (MWh)
			使用水量 最大使用水量				
最大	187	5.6	1.0	0.830	2,450	2,450	10,995
192	5	5.5	0.982	0.832	2,412	2,431	291
200	8	5.4	0.964	0.835	2,377	2,394	459
205	5	5.3	0.946	0.837	2,338	2,357	282
210	5	5.2	0.928	0.839	2,300	2,319	278
215	5	5.1	0.910	0.840	2,258	2,279	273
220	5	5.0	0.892	0.841	2,217	2,237	268
225	5	4.8	0.857	0.844	2,135	2,176	261
234	9	4.7	0.839	0.843	2,088	2,111	455
244	10	4.6	0.821	0.842	2,042	1,022	245
252	8	4.5	0.803	0.841	1,995	2,018	387
258	6	4.4	0.785	0.840	1,948	1,971	283
265	7	4.3	0.767	0.837	1,897	1,922	322
270	5	4.2	0.750	0.836	1,851	1,874	224
277	7	4.1	0.732	0.833	1,800	1,825	306
289	12	4.0	0.714	0.831	1,752	1,776	511
298	9	3.9	0.696	0.827	1,700	1,726	372
304	6	3.8	0.678	0.823	1,648	1,674	241
310	6	3.7	0.660	0.820	1,599	1,623	233
315	5	3.6	0.642	0.814	1,545	1,572	188
320	5	3.4	0.607	0.805	1,443	1,494	179
325	5	3.3	0.589	0.798	1,388	1,415	169
335	10	3.2	0.571	0.791	1,334	1,361	326
348	13	3.1	0.553	0.786	1,284	1,309	433
356	8	3.0	0.535	0.777	1,228	1,256	241
360	4	2.9	0.517	0.767	1,172	1,200	115
365	5	2.7	0.482	0.750	1,067	1,119	134
計	365	---	---	---	---	( 1,811 )	18,471

表-8.6-(2) 年間可能発電電力量の計算 ( Intermedia )

最大使用水量 2.8 m<sup>3</sup>/s × 2 ユニット, 基準有効落差 56.8 m, 水車形式: フランス水車

日順	口数	使用水量 (m <sup>3</sup> /s)	負担率	合成効率 $\eta$	発電力 (kW)	平均電力 (kW)	発電電力量 (MWh)
			使用水量 最大使用水量				
最大	187	5.6	1.0	0.830	2,587	2,587	16,610
197	5	5.5	0.982	0.832	2,547	2,567	308
200	8	5.4	0.964	0.835	2,509	2,528	485
205	5	5.3	0.946	0.837	2,469	2,489	298
210	5	5.2	0.928	0.839	2,428	2,448	293
215	5	5.1	0.910	0.840	2,384	2,406	288
220	5	5.0	0.892	0.841	2,340	2,362	283
225	5	4.8	0.857	0.844	2,255	2,297	275
234	9	4.7	0.839	0.843	2,205	2,230	481
244	10	4.6	0.821	0.842	2,155	2,180	523
252	8	4.5	0.803	0.841	2,106	2,130	408
258	6	4.4	0.785	0.840	2,057	2,081	299
265	7	4.3	0.767	0.837	2,003	2,030	341
270	5	4.2	0.750	0.836	1,954	1,978	237
277	7	4.1	0.732	0.833	1,901	1,927	323
289	12	4.0	0.714	0.831	1,850	1,875	540
298	9	3.9	0.696	0.827	1,795	1,822	393
304	6	3.8	0.678	0.823	1,740	1,767	254
310	6	3.7	0.660	0.820	1,688	1,714	246
315	5	3.6	0.642	0.814	1,631	1,659	199
320	5	3.4	0.607	0.805	1,523	1,577	189
325	5	3.3	0.589	0.798	1,465	1,494	179
335	10	3.2	0.571	0.791	1,408	1,436	344
348	13	3.1	0.553	0.786	1,356	1,382	431
356	8	3.0	0.535	0.777	1,297	1,326	254
360	4	2.9	0.517	0.767	1,238	1,267	121
365	5	2.7	0.482	0.750	1,127	1,182	141
計	365	—	—	—	—	( 1,953 )	19,743

表-8.6-(3) 年間可能発電電力量の計算 (Municipal)

① 代替案 (ALT-1)

最大使用水量 2.8m<sup>3</sup>/s × 2ユニット, 基準有効落差79.6m, 水車形式: フランス式水車

日順	日数	使用水量 (m <sup>3</sup> /s)	負担率 使用水量	合成效率 η	発電力 (kW)	平均電力 (kW)	発電電力量 (MWh)
			最大使用水量				
最大	252	5.6	1.0	0.830	3,625	3,625	21,924
256	4	5.5	0.982	0.832	3,569	3,597	345
262	6	5.4	0.964	0.835	3,517	3,543	510
265	3	5.3	0.946	0.837	3,460	3,488	251
271	6	5.2	0.928	0.839	3,403	3,431	494
277	6	5.1	0.910	0.840	3,341	3,372	485
285	8	5.0	0.892	0.841	3,280	3,310	635
295	10	4.9	0.875	0.842	3,218	3,249	779
301	6	4.8	0.857	0.844	3,160	3,189	459
305	4	4.7	0.839	0.843	3,090	3,125	300
310	5	4.6	0.821	0.842	3,021	3,055	366
315	5	4.4	0.785	0.840	2,883	2,952	354
320	5	4.2	0.750	0.836	2,739	2,811	337
326	6	4.1	0.732	0.833	2,664	2,701	388
335	9	4.0	0.714	0.831	2,592	2,628	567
346	11	3.9	0.696	0.827	2,515	2,553	673
352	6	3.8	0.678	0.823	2,439	2,477	356
358	6	3.7	0.660	0.820	2,366	2,402	345
360	2	3.6	0.642	0.814	2,285	2,325	111
365	5	3.4	0.607	0.805	2,135	2,210	265
計	365	---	---	---	---	( 3,002 )	29,944

表-8.6-(4) 年間可能発電電力量の計算 (Municipal)

② 代替案 (ALT-2)

最大使用水量  $3.5 \text{ m}^3/\text{s} \times 2$  ユニット, 基準有効落差 79.6m, 水車形式: フランス水車

日順	口数	使用水量 ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	負担率 使用水量	合成効率 $\eta$	発電力 (kW)	平均電力 (kW)	発電電力量 (MWh)
			最大使用水量				
最大	185	7.0	1.0	0.835	4,559	4,559	20,241
190	5	6.9	0.985	0.838	4,510	4,534	544
195	5	6.8	0.971	0.840	4,455	4,482	537
200	5	6.7	0.957	0.843	4,405	4,430	531
205	5	6.6	0.942	0.846	4,355	4,380	525
210	5	6.4	0.914	0.848	4,233	4,294	515
216	6	6.3	0.90	0.850	4,177	4,205	605
222	6	6.2	0.885	0.850	4,111	4,144	596
225	3	6.0	0.857	0.850	3,978	4,044	291
230	5	5.9	0.842	0.850	3,912	3,945	473
240	10	5.8	0.828	0.850	3,845	3,878	930
246	6	5.7	0.814	0.850	3,779	3,812	548
252	6	5.6	0.80	0.850	3,713	3,746	539
260	8	5.5	0.785	0.848	3,638	3,675	705
265	5	5.3	0.757	0.845	3,493	3,565	427
271	6	5.2	0.742	0.843	3,419	3,456	497
277	6	5.1	0.728	0.840	3,341	3,382	487
285	8	5.0	0.714	0.837	3,264	3,302	633
295	10	4.9	0.70	0.835	3,191	3,227	774
301	6	4.8	0.685	0.832	3,081	3,136	451
305	4	4.7	0.671	0.829	3,039	3,060	293
310	5	4.6	0.657	0.825	2,960	2,999	359
315	5	4.4	0.628	0.816	2,800	2,880	345
320	5	4.2	0.60	0.808	2,647	2,723	326
326	6	4.1	0.585	0.803	2,568	2,607	375
335	9	4.0	0.571	0.799	2,493	2,530	546
346	11	3.9	0.557	0.792	2,409	2,451	647
352	6	3.8	0.542	0.787	2,332	2,370	341
358	6	3.7	0.528	0.781	2,254	2,293	330
360	2	3.6	0.514	0.772	2,167	2,210	106
365	5	3.4	0.485	0.760	2,015	2,088	250
計	365	---	---	---	---	( 3,436 )	34,767

## 第 9 章 修復計画

現状復旧案に限らず改良による出力増加案にとっても、その計画立案に当っては、スクラップアンドビルト方式ではなくて現存施設を最大限利用して、発電機能の再生或いは増加を図るものとする。尚、修復計画立案に際しては、電力連系公社 (ISA, Interconexión Eléctrica S. A.) が1987年6月に発刊した評価基準に準拠した。

### 9.1 修復計画案の策定

既に 4.3にも述べた通り、3発電所共水圧管を除き規模の大小はあるが、改造あるいは新設を必要としている。

発電機器設備や変圧器についても新品の調達、取替が必要である。

修復計画に当っては3発電所が稼働中である事を考慮し、3発電所を一体として発電停止期間が最短となる様配慮するものとし上流側の修復工事による下流側発電所への影響が少なくなる様に下流側から修復に着手するものとした。

長期間の発電停止につながる工種は下記となる。

- 既設発電機器及基礎撤去 → 基礎改造及び新機器据付
- San Cancio取水設備の修復
- “ 水槽の拡張
- Intermedia水路の改造
- Municipal 水槽の拡張

発電機及び基礎の修復中の発電停止は避けられない為、この停止期間に当該発電所の他の土木施設も修復するものとする、と同時に下流側発電所停止につながる様考慮するものとした。

#### San Cancio 取水設備

San Cancio 取水設備で取水された水は下流側の Intermedia, Municipal 発電所を通り Rio Chinchinaに放流される為本施設の修復期間中は、3発電所共停止する事になる。

既設の取水設備はコンクリートが劣化している事及び堤頂迄堆砂している事を考慮し既設の取水堰を砂防ダムとして利用し下流側に新たな取水設備を設けるものとした。

San Cancio 水槽

水槽の拡張工事に当っては、下流側発電所の発電停止をさける為、バイパスを設け既設余水吐を通して下流発電所への送水が続けられる構造とする。

Intermedia 導水路

Intermedia の導水路は、現在素掘りであり蓋付きのコンリート製に変える必要がある。

コンクリート製導水路とするには、既設導水路にライニングするケースと既設導水路際に新たな別ルート of 導水路を設けるケースが考えられる。

両案の比較を表-9.1 に示す。

表-9.1 ライニング案の別ルート案の比較

	ライニング案	別ルート案
工事期間中 (Intermedia 及Municipal)	34ヶ月	23ヶ月
発電停止期間 Intermedia Municipal	7台・月 15台・月	14台・月 32台・月
売電ロス	$60.8 \times 10^6$ ペソ	$30.4 \times 10^6$ ペソ
水路工事	掘削が別ルート案より 少ない	掘削がライニング案に比べ $10,000 \text{ m}^3$ 増える。
Intermediaの 水路工事費 (直接費)	$227.0 \times 10^6$ ペソ	$262.1 \times 10^6$ ペソ
売電ロス +水路工事費	$287.8 \times 10^6$ ペソ	$292.5 \times 10^6$ ペソ
工事の集中度	短期間で多種工事を集中的 に完了させる必要あり	ライニング案に対して集中 度低い。
年度別投資額	短年度に集中する	同上

以上より工事費は若干高いが他の条件を考慮して別ルート案を採用した。



以上より、San Cancio, Intermediaについては $Q = 5.6 \text{ m}^3/\text{s}$ 、Municipal については  $5.6 \text{ m}^3/\text{s}$  と  $7.0 \text{ m}^3/\text{s}$  の 2 ケースについて行う。

施設の修復計画を示すと表-9.2 の通りである。

それぞれの修復計画案について、建設工事費を積算し、kW当りの建設コストならびに発電コストを算定比較することによって最適修復計画を選定する。

表-9.2 SanCancio, Intermedia及びMunicipal 水力発電所の修復計画案

項目		地点別			
		San Cancio	Intermedia	Municipal	
				ALT-1	ALT-2
使用水量 $Q$ ( $\text{m}^3/\text{s}$ )		5.6	5.6	5.6	7.0 (残流域取水 1.4)
最大出力 $P$ (kW)		2,400	2,500	3,600	4,500
流量設備利用率 (%)		88	88	94.5	88
修復 ・ 改造 計 画	取水堰	改造し、排砂門域いは排砂設備を設ける。	なし	現状維持	永久構造物に改造する。
	取水口	常時 $5.6 \text{ m}^3/\text{s}$ を取水可能な施設に設計変更する。	現状維持	現状維持	部分的改修
	沈砂地	部分的改修	部分的改修 (水槽と一体)	部分的改修	部分的改修
	水路	蓋取付工を除いて現状維持。	コンクリート水路に全面的改造。	蓋取付工を除いて現状維持。	通水能力を確保出来るよう嵩上及び蓋取付。
	水槽	改造により調整容量を増加する。	部分的改修	適正規模に改造する。	適正規模に改造する。
	水圧管路	現状維持	現状維持	現状維持	
	発電機器	新品取替	新品取替	新品取替	
発電所建屋		部分的な補修を行って、既設銀屋及び天井クレーンを利用する。ただし、発電機器の基礎部分のみは改造する。			

## 9.2 修復工事費の積算

建設工事費は、発電機器費と土建工事費に分けて積算した。また、外貨ポーションと現地通貨ポーションに分けて積算した後で、1989年9月現在の通貨換算レートを用いて円貨ベースに集計した。

### 9.2.1 発電機器費の積算

発電機器は、FOB of JapanをベースにISAの評価基準に拠ってCIF価格で換算した。発電機器仕様およびFOB価格のを示すと表-9.3の通りである。

CIF価格は表-9.4の通りでCIF/FOB=1.12の比率とした。

表-9.3 発電設備の仕様とFOB価格

項 目		比較代替案		Municipal		
		San Cancio	Intermedia	ALT-1	ALT-2	
仕 様	設計流量 (m <sup>3</sup> /s)	2.8	2.8	2.8	3.5	
	基準有効落差 (m)	53.8	56.8	79.6	79.6	
	理論出力 (kW)	1,476	1,558	2,184	2,730	
	水車機種	横軸フランシス	横軸フランシス	横軸フランシス	横軸フランシス	
	水車出力 (kW)	1,360	1,360	1,900	2,400	
	発電機力率	0.9	0.9	0.9	0.9	
	発電機出力 (kVA)	1,400	1,400	2,000	2,500	
	主変圧器容量 (kVA)	2,800	2,800	4,000	5,000	
F O B 価 格 百 万 円	発 電 機 器	① 水車及び付属機器	51.9	51.9	64.6	69.7
		② 発電機及び付属機器	28.1	28.1	34	34.9
		③=①+② 小計	80	80	98.6	104.6
		④ ユニット数	2	2	2	2
		⑤=③×④ 計	160	160	197.2	209.2
	⑥ 4.16kVスイッチギア、他	13.7	13.7	13.7	13.7	
	⑦ 主変圧器、他	10.2	10.2	13	15	
⑧=⑤+⑥+⑦ 合計	183.9	183.9	223.9	237.9		

表-9.4 発電設備の事業費

(金額単位：百万円)

代替案	San Cancio		Intermedia		Municipal			
					ALT-1		ALT-2	
	外貨分	現地貸分	外貨分	現地貸分	外貨分	現地貸分	外貨分	現地貸分
① FOB 価格	183.9	-	183.9	-	223.9	-	237.9	-
② 運賃・保険	22.1	-	22.1	-	25.9	-	28.5	-
③ 税金	-	41.0	-	41.0	-	49.9	-	52.1
④ 付加価値税	-	24.6	-	24.6	-	30.0	-	31.9
⑤ その他	-	40.5	-	40.5	-	49.3	-	52.3
⑥ 計	206.0	106.1	206.0	106.1	250.8	129.2	266.4	137.3
⑦ Contingency	31.3	-	31.3	-	38.1	-	40.4	-
⑧ Eng. Fee	27.4	-	27.4	-	33.4	-	35.4	-
⑨ 計	264.7	106.1	264.7	106.1	322.3	129.2	342.2	137.3
⑩ 総計	370.8	370.8	370.8	370.8	451.5	451.5	472.5	472.5

### 9.2.2 土建工事費の積算

土建工事費は、主要構造物の復旧或いは改造のための工事数量に CHEC が定める工事単価（表-5.2 参照）を乗じて、現地貨ベースで積算した。

修復計画案毎に積算された土建工事費を比較すると表-9.5 の通りである。

表-9.5 土建工事費の積算（金額単位 10<sup>6</sup> ペソ）

	San Cancio	Intermedia	Municipal	
			ALT-1	ALT-2
取水堰及取水口工事	61.1	0	0	32.9
沈砂池工事	12.4	0	9.8	9.8
水路工事	43.6	262.1	46.9	76.6
水槽工事	25.6	9.3	55.6	63.3
水圧管路工事	0	6.2	0	0
機器基礎工事	13.3	14.6	17.9	19.4
発電所建屋工事	1.2	2.2	1.2	1.2
仮設備	0	0	0	0
その他雑工事	3.0	3.0	3.2	3.2
① 計	160.2	297.4	134.6	205.4
② Contingency ①×0.15	24.0	44.6	20.2	30.8
③ Eng. Fee (①+②)×0.10	18.4	34.2	15.5	23.6
④ 計 ①+②+③	202.6	376.2	170.3	259.8
⑤ Output loss.	28.0	10.6	19.8	19.8
総計 ④+⑤	230.6	386.8	190.1	279.6

### 9.3 経済指標の比較

kW当りの建設コストおよび kWh当りの発電コストの2つの経済指標による比較検討を進めるに当たって、各比較代替案に共通する基本条件を次のように設定した。

① 通貨換算レートは、1989年9月の実勢レートに基づいて次のように設定した。

1 US \$ = 140円  
 1 US \$ = 369.4 pesos  
 1 ペソ = 0.379円

② 新品の発電機器ならびに改修又は改造された構造物の耐用年数は25年とした。

③ 金利は外貨分と現地貨分に分けて次のような条件で計上した。

- 外貨分の金利：年利10%，4ヶ年据置で25年間の元金均等償還方式で計上した。
- 現地貨分の金利：年利21%，1年据置で8年間の元金均等償還方式で計上した。

④ 水力発電所の運転・維持・管理コストは年間を通じて設備容量 (kW) 当り4 U. S. \$ とした。

#### 9.3.1 kW当り建設コストの比較

kW当りの建設コストを、表-9.6 に示す。Municipal はALT-2案が増加出力当り188.8千円/kWと低い値を示している。

表-9.6 kW当り建設コスト比較

項 目	比較代替案	San Cancio	Intermedia	Municipal	
				ALT-1	ALT-2
既設設備出力 (kW)	定格出力 $P_o$	2,320	1,120	2,112	2,112
	現有出力 $P_e$	1,750	900	1,400	1,400
修復後の出力 $P_1$ (kW)		2,400	2,500	3,600	4,500
回復又は増加出力 $\Delta P = P_1 - P_e$ (kW)		650	1,600	2,200	3,100
修復工事費 (百万円)	外貨分 $C_f$	264.7	264.7	322.3	342.2
	現地貨分 $C_l$	193.6	252.7	201.2	243.3
	計 $C = C_f + C_l$	458.3	517.4	523.5	585.5
kW当りの建設コスト (千円/kW)	$C/P_1$	191.0	207.0	145.4	130.1
	$C/\Delta P$	705.1	323.4	238.0	188.8

### 9.3.2 kWh 当りの発電コストの比較

kWh 当りの発電コストは次の式で計算される。

$$\text{発電コスト} = \frac{\text{年間発電端経費の合計}}{\text{年間供給電力量}}$$

ここに、年間供給電力量 = 年間可能発電電力量 (E) × 利用率

$$= 0.95 E$$

年間発電端経費の合計額は、図-9.1 に示すように、水力発電所の耐用年数を25年として、その間の運転・維持・管理費 (AOM, 年間4 US\$/kW) に建設工事費および建設資金の金利支払額を加算した総額を耐用年数で平均した値である。

kWh当りの発電コストの計算結果を示すと表-9.7 の通りである。年間供給電力量当りの発電コストは MunicipalのALT-2案が 1.7円/kWh, 増加電力量当りの発電コストも MunicipalのALT-2案が 2.1円/kWh とそれぞれ最低値を示している。

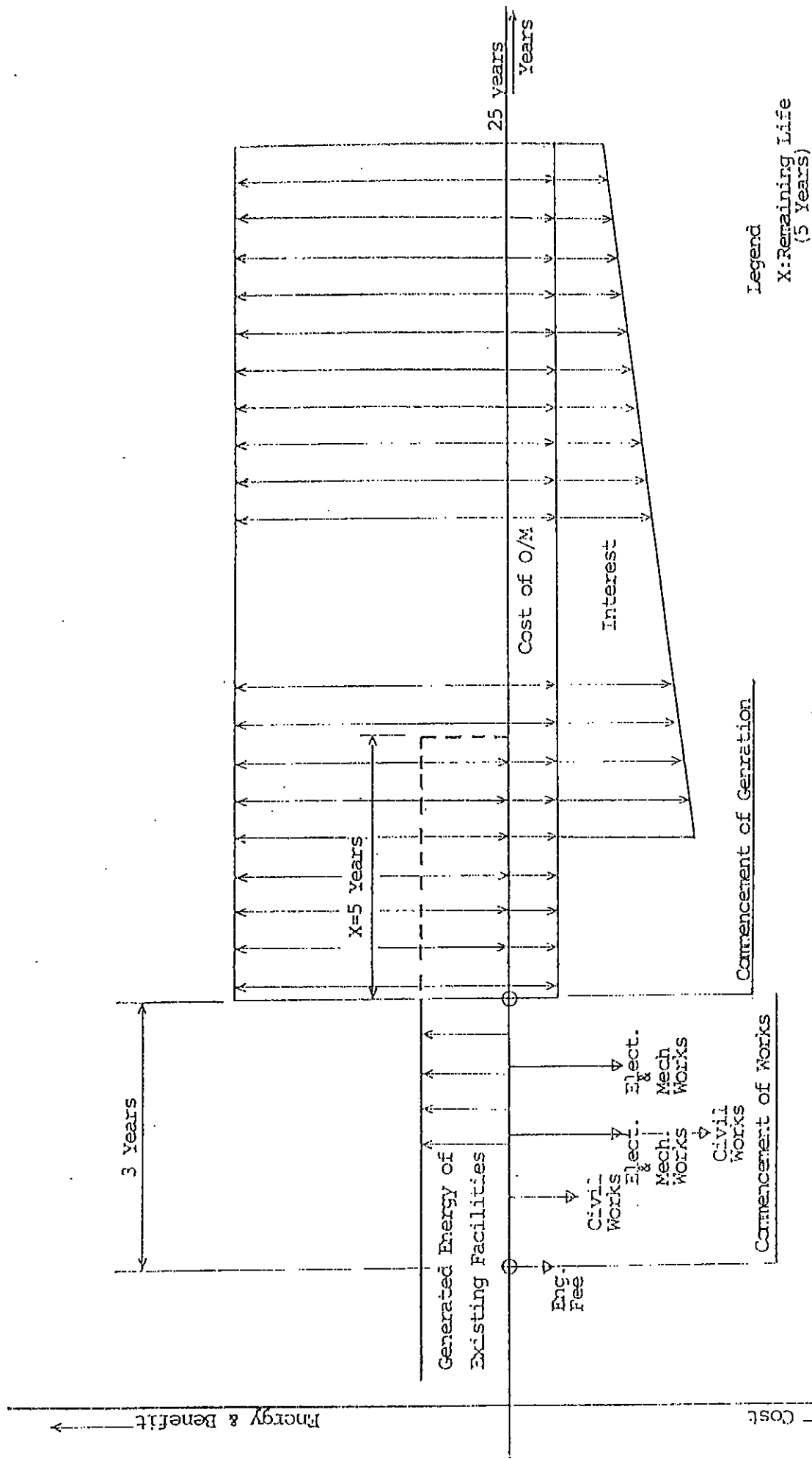


図-9.1 水力発電所の修繕計画における費用と収入

表-9.7 kWh当りの発電コスト比較

項目		比較代替案	San Cancio	Intermedia	Municipal	
					ALT-1	ALT-2
既設発電設備 の現在能力		出力 $P_e$ (kW)	1,750	900	1,400	1,400
		電力量 $E_e$ (GWh)	8.44	3.33	5.94	5.94
修復計画	出力 $P_1$ (kW)		2,400	2,500	3,600	4,500
	電力量 $E_1$ (GWh)		18.5	19.7	29.9	34.8
	回復又は 増加電力	出力 $\Delta P = P_1 - P_e$ (kW)	650	1,600	2,200	3,100
		電力量 $\Delta E = E_1 - E_e$ (GWh)	10.1	16.4	24.0	28.9
発電端 経費の 合計  (百万円)	建設工事費  $C_1 = C_{i1} + C_{\ell 1}$	外貨分 $C_{i1}$	264.7	264.7	322.3	342.2
		現地貨分 $C_{\ell 1}$	193.6	252.7	201.2	243.3
		計	458.3	517.4	523.5	585.5
	支払金利  $C_2 = C_{i2} + C_{\ell 2}$	外貨分 $C_{i2}$	426.2	426.2	518.9	550.9
		現地貨分 $C_{\ell 2}$	196.7	256.7	204.4	247.2
		計	622.9	682.9	723.3	798.1
運転・維持・管理費 $C_3 = 4U.S.\$ \times P_1 \times 254 \times 140円/U.S.\$$		33.6	35.0	50.4	63.0	
合計 $\Sigma C_i = C_1 + C_2 + C_3$		1,114.8	1,235.3	1,297.2	1,446.6	
25年間平均年間発電経費 (百万円) $C = \Sigma C_i \div 25$		44.5	49.4	51.8	57.8	
発電 コスト (円/kWh)	$E_1$ 当り $C / (E_1 \times 0.95)$	2.5	2.6	1.8	1.7	
	$\Delta E$ 当り $C / (\Delta E \times 0.95)$	4.6	3.2	2.8	2.1	



## 第10章 財務分析

財務分析の方法としては、費用便益分析と呼ばれている一般的な方法を採用する。つまり、修復を行なった後の収益性 (with project) から修復を行なわなかった場合の収益性 (without project) を差引いた増分費用・便益を投資に対する収益性とみなす。そして選定された修復計画案について収支バランスの財務計画を行なうものとする。なお国家経済的観点からの投資の妥当性を評価する経済分析は主報告書の中に記述してあるので参照されたい。

### 10.1 分析の前提条件

財務分析を行なうに当たって、設定した前提条件を要約すると次の通りである。

#### (1) 既存発電所の残存寿命

新品に取替えなかった場合、古い既存の発電設備が稼働する残存寿命は、一律に平均5年間と設定した。

#### (2) 建設コストの見積り

建設コストは内貨・外貨別に1989年9月の市場価格で見積られている。なお、外貨 (U. S. \$) と内貨 (col. \$) の交換レートは DNPが定めた U. S. \$ 1=col. \$ 369.4 で設定している。

建設コストには、予備費および技術管理費が含まれている。土地収用費および補償費は含まれていない。

発電設備の FOB コストは、日本国内価格で見積られている。また、CIF価格は ISAが通常水力発電プロジェクトに適用している対 FOBコスト比率 (FOB 価格 : CIF価格 = 1.00 : 1.12) を用いて算定した。

#### (3) サービスライフ

収益性評価のためのプロジェクトのサービスライフは修復後25年間と設定した。

各年次の減価償却費は ICEL が採用している定額法によって算定した。なお、この場合施設別の耐用年数は次のように設定し、残存価格は“0”としてある。

- ① 土木構造物の耐用年数 …………… 50年
- ② 発電設備の耐用年数 …………… 25年

(4) 運転、維持管理費

通常、運転維持管理費は、施設の投資規模に応じて発生する固定費と電力生産量に比例して増減する変動費からなっているが、本調査では ISAが水力発電所の運転維持管理費の予算化に通常適用させる平均的コスト、即ち、年間を通じて設備容量 (kW) 当り U. S. \$ 4.0を適用する。

(5) 便益の推定

1988年12月の ICELの売電単価 U. S. \$ 13.36/MWh (col \$4,936.18/MWh) および発電高 U. S. \$ 2,942.36/MW (col \$ 1,086,909.69/MW) の需要高を財務的便益単価とする。

年間の収益はこの単価に発電端年間供給電力量と定格出力をそれぞれ乗じて算出する。

(6) 割引率

純現在価値 (NPV) 及び費用便益率 (C/B レシオ) の算定に適用させる割引率は、コロンビア国の実質金利の推定から割引率は年率 7.6%と設定した。

(7) 資金の調達条件

外貨ならびに内貨の資金調達のための借入条件は次の通りである。

① 外貨の借入条件

- 年 利： 10%
- 元本支払期間： 25年間（うち4年間据置期間を含む）
- 支払条件： 元本均等払い

② 内貨の借入条件

- 年 利： 21%
- 元本支払期間： 8年間（うち1年間据置期間を含む）
- 支払条件： 元本均等払い

(8) 固定価格表示

コロンビア国のインフレーションは年24%～30%の範囲で変動しているが、便益及び費用ストリームに表示する価格は1989年の固定価格とする。

(9) 収益性の指標

収益性を評価する方法としては、一般的に用いられる次の3つの指標によるものとする。

- ① 費用便益比 (Cost-Benefit Ratio: C/B レシオ)
- ② 純現在価値 (Net Present Value: NPV)
- ③ 内部収益率 (Internal Rate of Return: IRR)

これらの指標はwithとwithout projectのキャッシュフローを用いて算定される。

## 10.2 収益性の比較

発電計画の各代替案の現金の流入と現金の流出を示すキャッシュフローに基づいて収益性を求めると表-10.1の通りである。

表-10.1 比較代替案別の収益性指標

代替案	費用便益比 (C/B)	純現在価値 (NPV) (百万円)	内部収益率 (IRR)
Municipal ALT-1	0.89	32	8.8
Municipal ALT-2	0.86	51	9.2
Intermedia	1.37	(-) 75	4.6
San Cancio	1.40	(-) 69	4.6

総資本の立場からの財務分析の結果、最も収益性（収益率及び収益額の大きい）のよい修復案は、Municipal ALT-2案である。

## 10.3 財務計画

選定された修復計画案に対して財務的観点からキャッシュフローを検討した。財務計画として必要な損益計算書及び資金繰表を表-10.2に示す。本計画で、2002年より利益を生み出すことになり、その総額は380百万円となる。

Table - 10.2 PROJECTED FINANCIAL STATEMENTS

(1) PROJECTED REVENUE AND EXPENDITURE STATEMENT (at 1989 Price)  
 == Municipal : ALT-2 ==  
 (2) PROJECTED FUNDS FLOW STATEMENT (Constant Price at 1989)  
 == Municipal : ALT-2 ==

Year	(A) (B) Operating Expenditure (US\$:1000)			(C) Net Benefit (A)-(B)			(A) Sources			(B) Application (US\$:1000)			Cash Balance (A)-(B)			
	Year in Order	Total Operating Revenue	G/M Cost	Depreciation	Interest on Investment	Total	Year in Order	Year in Order	Year in Order	Long/Short Term Borrowing	Balance Brought Forward	Construction Progress		Debt Service Interest	Principal	Total
1989	-6	83.5	5.6	0.0	0.0	5.6	77.9	-6	77.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	77.9
1990	-5	83.5	5.6	0.0	0.0	5.6	77.9	-5	77.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	77.9
1991	-4	83.5	5.6	0.0	0.0	5.6	77.9	-4	77.9	0.0	0.0	118.2	0.0	0.0	0.0	118.2
1992	-3	83.5	5.6	0.0	11.8	17.4	56.1	-3	77.9	0.0	0.0	118.2	11.8	0.0	0.0	130.7
1993	-2	83.5	5.6	0.0	23.6	29.2	54.2	-2	77.9	0.0	0.0	59.1	59.1	23.6	0.0	82.8
1994	-1	83.5	5.6	0.0	29.5	35.2	48.3	-1	77.9	0.0	0.0	587.3	587.3	29.5	0.0	616.8
1995	0	56.7	5.6	0.0	128.2	133.8	-77.1	0.0	51.1	0.0	0.0	1778.7	1778.7	128.2	0.0	1906.9
1996	1	56.7	5.6	132.5	395.4	528.5	-471.8	1	-81.4	132.5	0.0	1418.0	390.4	390.4	219.3	2027.6
1997	2	454.6	18.0	132.5	576.8	727.3	-272.7	2	354.1	132.5	0.0	436.6	576.8	576.8	219.3	796.2
1998	3	454.6	18.0	132.5	530.8	681.3	-226.7	3	354.1	132.5	0.0	436.6	530.8	530.8	340.5	871.3
1999	4	454.6	18.0	132.5	472.6	623.1	-168.5	4	354.1	132.5	0.0	436.6	472.6	472.6	340.5	813.1
2000	5	454.6	18.0	132.5	414.4	564.9	-110.3	5	354.1	132.5	0.0	436.6	414.4	414.4	340.5	754.9
2001	6	454.6	18.0	132.5	356.3	506.7	-52.1	6	354.1	132.5	0.0	436.6	356.3	356.3	340.5	696.7
2002	7	454.6	18.0	132.5	206.0	356.4	98.1	7	354.1	132.5	0.0	436.6	206.0	206.0	340.5	546.4
2003	8	454.6	18.0	132.5	193.9	344.3	110.3	8	354.1	132.5	121.6	436.6	193.9	193.9	340.5	401.1
2004	9	454.6	18.0	132.5	181.7	332.2	122.4	9	354.1	132.5	121.6	436.6	181.7	181.7	340.5	255.3
2005	10	454.6	18.0	132.5	169.6	320.1	134.5	10	354.1	132.5	255.3	436.6	169.6	169.6	340.5	101.1
2006	11	454.6	18.0	132.5	157.5	308.0	146.6	11	354.1	132.5	401.1	436.6	157.5	157.5	340.5	559.0
2007	12	454.6	18.0	132.5	145.4	295.9	158.7	12	354.1	132.5	559.0	436.6	145.4	145.4	340.5	729.0
2008	13	454.6	18.0	132.5	133.3	283.8	170.8	13	354.1	132.5	729.0	436.6	133.3	133.3	340.5	911.2
2009	14	454.6	18.0	132.5	121.2	271.6	183.0	14	354.1	132.5	911.2	436.6	121.2	121.2	340.5	1105.5
2010	15	454.6	18.0	132.5	109.0	259.5	195.1	15	354.1	132.5	1105.5	436.6	109.0	109.0	340.5	1311.9
2011	16	454.6	18.0	132.5	96.9	247.4	207.2	16	354.1	132.5	1311.9	436.6	96.9	96.9	340.5	1550.4
2012	17	454.6	18.0	132.5	84.8	235.3	219.3	17	354.1	132.5	1550.4	436.6	84.8	84.8	340.5	1761.0
2013	18	454.6	18.0	132.5	72.7	223.2	231.4	18	354.1	132.5	1761.0	436.6	72.7	72.7	340.5	1933.7
2014	19	454.6	18.0	132.5	60.6	211.1	243.5	19	354.1	132.5	1933.7	436.6	60.6	60.6	340.5	2158.6
2015	20	454.6	18.0	132.5	48.5	198.9	255.7	20	354.1	132.5	2158.6	436.6	48.5	48.5	340.5	2325.6
2016	21	454.6	18.0	132.5	36.3	186.8	267.8	21	354.1	132.5	2325.6	436.6	36.3	36.3	340.5	2504.6
2017	22	454.6	18.0	132.5	24.2	174.7	279.9	22	354.1	132.5	2504.6	436.6	24.2	24.2	340.5	2695.6
2018	23	454.6	18.0	132.5	12.1	162.6	292.0	23	354.1	132.5	2695.6	436.6	12.1	12.1	340.5	2899.2
2019	24	454.6	18.0	132.5	0.0	150.5	304.1	24	354.1	132.5	2899.2	436.6	0.0	0.0	340.5	3159.7
2020	25	454.6	18.0	132.5	0.0	138.3	316.1	25	354.1	132.5	3159.7	436.6	0.0	0.0	340.5	3472.5
TOTAL		11274.7				8560.2	2733.9									618.0



## 第 11 章 基本設計

### 11.1 施設設計

#### 11.1.1 工作物の設計基準

施設の設計に当り構造物には次の基準を適用する。

- (1) 取水堰は15m以下の重力式コンクリートダムとし設計洪水流量はゲートを設けず越流部より安全に流下出来るようにする。
- (2) 取水口と取水堰の間に土砂吐を設ける。土砂吐の水路幅は堆砂の除去を考慮してCAT D4C 級（全幅1.83m, 重量6.85ton）ブルドーザーの出入が出来るようにする。
- (3) 取水口は河川とほぼ直角に取水出来るように設け、入口に設けたスクリーンを通る流入速度は 0.6～ 1.0m/sec程度とする。
- (4) 沈砂池は 0.075mm粒径以上の粒子が除去できる容量とする。
- (5) 水路（開水路）のFree boardは 0.3mとする。
- (6) 水槽の規模は設計流量の2分間相当の容量とする。

#### 11.1.2 主要構造物の改修設計

##### (1) San Cancio 発電所

###### (a) 取水設備

既設の下流側に新設する取水設備の概要は次の通り。

堰形式	重力式コンクリートダム
越流頂レベル	1912.1m
堰高	4.9m
越流頂長	20.0m
設計洪水量	230m <sup>3</sup> /s
設計洪水越流水深	3.4m
土砂吐巾	2.5m
取水口呑口寸法	3.0m × 2.5m
取水位	1912.06m

(b) 導水路

水路の通水容量は水路断面と水路勾配が異なることから流れを不等流として取扱い検討した。

(i) 計算式

水路の流れは次式により任意の断面についてその流量に対応する水位をもとめる。

$$i \cdot \Delta X - \Delta H = \alpha \cdot Q^2 / 2 \cdot g \times (1/A_1^2 - 1/A_2^2) + n^2 \cdot Q^2 / 2 \times (1/R_1^{4/3} A_1^2 + 1/R_2^{4/3} A_2^2) \Delta X \quad (2)$$

ここに

$\alpha$  : 流速分布に関する補正係数 (普通は約 1.1)

$i$  : 底勾配

$H$  : 流れの水深 (m)

$A$  : 断面積 (m<sup>2</sup>)      Suffix (1) は下流断面、(2) は上流断面

$R$  : 径深              Suffix (1) は下流断面、(2) は上流断面

$Q$  : 流量 (m<sup>3</sup>/s)

$n$  : Coefficient of Roughness

適当な距離  $\Delta X$  離れた 2 つの断面間の水位差  $\Delta H$  を仮定すれば上流断面の水位は図-11.1 に示すようになる。

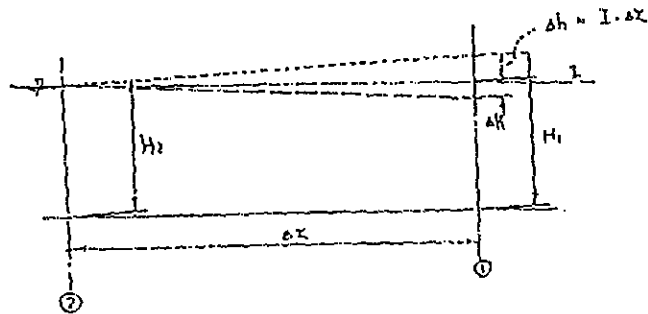


図-11.1 不等流計算

$H_1$ 、 $H_2$  に対する  $A_1$ 、 $R_1$  及び  $A_2$ 、 $R_2$  を求めて (2) 式の右辺に代入し右辺と左辺の値を比較し、一致するまで  $\Delta H$  を修正し続ける。

流れが射流の場合は計算を上流から下流に向かって進める。



## (ii) 粗度係数に影響する事項

既設水路の材質と現状から見て粗度係数に影響している主要な要素には次の事項がありこれらを参考にして値を予測する。

### — Surface Roughness

底質が細い場合の  $n$  の値は小さく、水位の変化による影響は比較的小さい。一方、底質が砂利や玉石である場合の  $n$  の値は一般に大きく、水位が低い時と高い時には特に著しい。

### — 植 生

植物は著しく水路の通水容積を減少させ流れを阻害する。その影響は主として植物の高さ、密生の程度、分布およびその種類によって値は異なる。

### — 断面の規則性

潤辺の不規則性と水路に沿う横断面、大きさおよび形状の変化とを含めて値に影響する。水路横断面、大きさおよび形状の変化が緩やかで一様であれば  $n$  の値はあまり影響しないことがこれらの変化が急激であって、また大小の断面が交互に続く場合には  $n$  の値の増加は 0.005 あるいはそれ以上になることがある。

### — 曲線型

曲線半径が大きく滑らかに湾曲する水路では  $n$  の値は比較的小さいが、蛇行が著しくて湾曲が鋭い場合は  $n$  の値が増加する。

### — 沈澱と洗掘

物質の沈澱は場合によって非常に不規則な水路を比較的一様な水路に変えて、 $n$  を減少させることがあるが、洗掘は逆に  $n$  を増加させる。沈澱による効果は主として堆積する物質に支配される。

### — 水位と流量

水位および流量が増加すれば  $n$  の値は減少する。

### — 浮游材料と掃流材料

浮游物質および掃流物質はエネルギーを消費して水頭損失を生じるか、あるいは見掛け上の水路粗度を増加させる効果がある。

(iii) 粗度係数

各種材料についてのマンニングの粗度係数を表-11.1に示す。

表-11.1 Manning の粗度係数

	最 少	平 均	最 大
鋼	0.010	0.012	0.014
— ロックバーおよび溶接	0.013	0.016	0.017
— リベットおよびねじ			
鋳 鉄			
— 塗装	0.010	0.013	0.014
— 塗装なし	0.011	0.014	0.016
コンクリート			
— 暗渠、直線で堆積物がない	0.010	0.011	0.013
— 暗渠、屈曲部や継目があって若干の堆積物がある。	0.011	0.013	0.014
— 仕上げしたもの	0.011	0.012	0.014
— 打放し、滑らかな木製型枠	0.012	0.014	0.016
— 砂利を露出している古い	0.015	0.016	0.018
コンクリート面			
コンクリート底面はこて仕上げ、側面は次のようにする。			
— 化粧石練り積み	0.015	0.017	0.020
— 雑石練り積み	0.017	0.020	0.024
— 粗石空積み又は捨石	0.020	0.030	0.035
内面に水苔の生えている水路は+0.002を加える。			

(iv) 余裕高

水路の余裕高は水面の不確かさによる安全性を保持するために用いる。余裕高の最小値として0.30mを採用する。

(v) 計算結果

CHRCにより実測された水路縦横断面図を用いて不等流計等を行った結果を図11-2に示す。

計算結果によると、水路延長約2400mの内約900m区間は、 $5.6 \text{ m}^3/\text{s}$ の設計流量の流下能力がない事になるが、現地踏査時の状況より判断して、水路縦横断面実測値に何らかの問題があったものと判断する。

(vi) 結論

水路全区間に亘って既設蓋板が無い部分には、新たに蓋板を設ける。

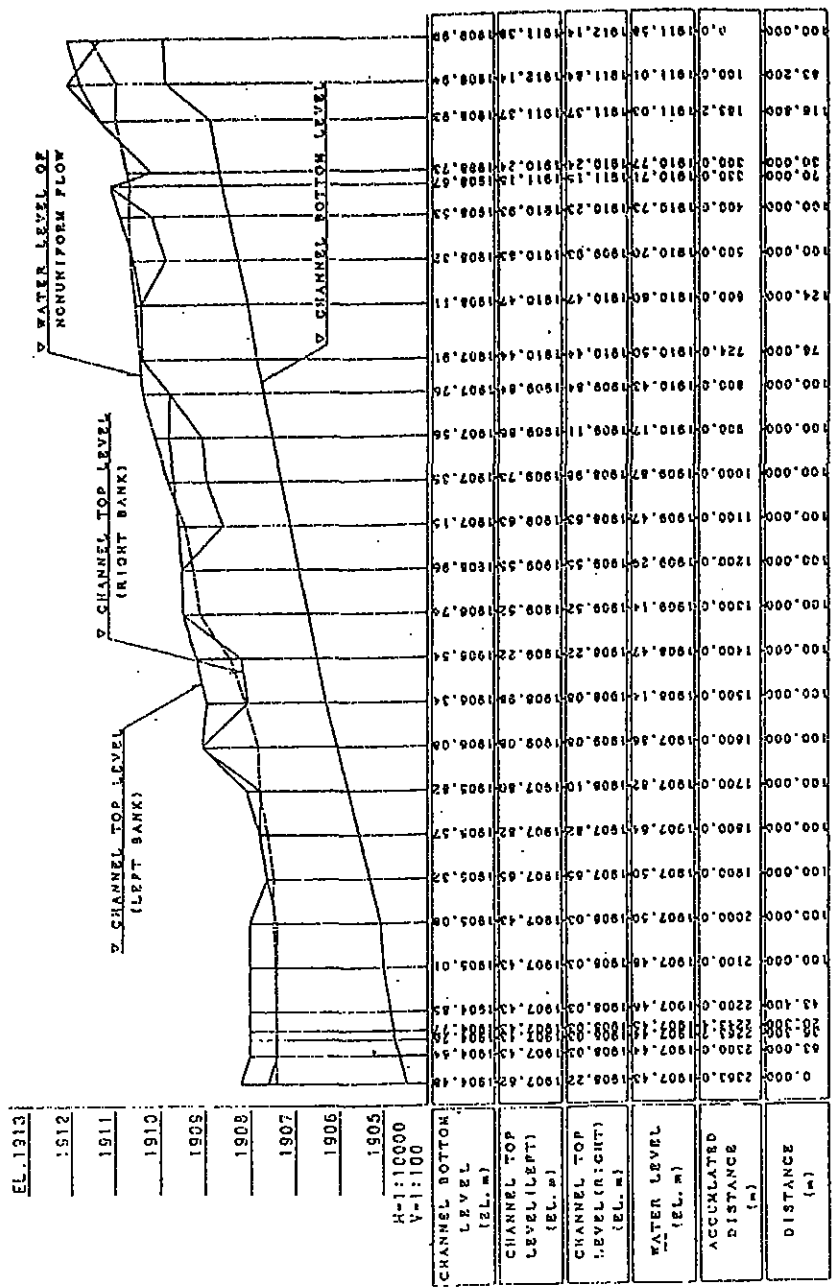


Fig. 11.2 Relation of Water Level and Channel

(c) 沈砂池

(i) 沈降速度

流水中の土砂が流下するときの沈降速度は次式で示される。

$$V_s = (S - 1) g / 18 \nu \times D^2$$

ここに

$V_s$  : 沈降速度 (cm/sec)

$D$  : 球体としての粒子の径 (cm)

$S$  : 粒子の比重

$g$  : 加速度 (980 cm/sec<sup>2</sup>)

$\nu$  : 粘性係数 (cm<sup>2</sup>/sec)

Rubey による石英粒子 ( $s=2.65$   $T=16$  C) の沈降速度と粒径の関係を  
図-11.3に示す。

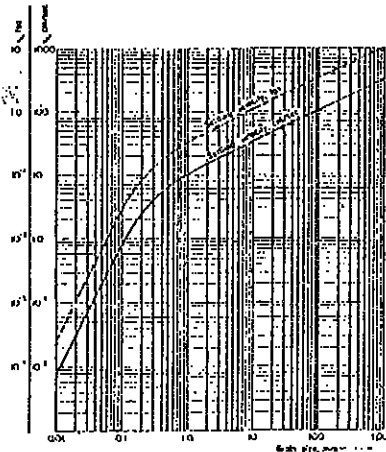


図-11.3 粒径と沈降速度

図-11.3に示す粒径と沈降速度の関係をもとに、沈砂池での流水中の  
除去を検討する。

(ii) 形状

沈砂池の形状は次式により求める。

$$L = h / V \times B \times C$$

ここに

$L$  : 沈砂池の長さ (m)

$h$  : 沈砂池での沈降水深 (m)

$V$  : 土砂の沈降速度 (m/sec)

$B$  : 沈砂池内の平均流速 (m/sec)

$C$  : 係数

既設のNo.1沈砂池を2槽同時に機能させる事により、沈砂池容量を満足するので、No.1沈砂池は改造するが、No.2沈砂池は現状のままとする。

(d) 水 槽

既設水槽は有効貯水量が約60秒分であり容量不足である。  
従って水槽を山側に平面的に拡張し既設部に若干の改造を加え一体化して容量を確保するものとする。

(e) 水圧管路

堅牢であり現状のまま使用する。

(f) 発 電 所

水車及発電機取替の為に発電機基礎は一部撤去改造するが、その他発電所建屋本体は現状のまま利用するものとする。

(2) Intermedia 発電所

(a) 水 路

全延長3400m水路は、パンアメリカンハイウェイ付近のボックスカルバート部(117m)を除きすべて素掘りである。

素掘り区間の水路はすべてライニングしコンクリートカバーを設けるものとする。

取水レベル(Sancancio発電所の放水レベル)、既設カルバートレベル及び水槽水位に見合う水路を設けるには縦断勾配が制約され水路断面は下記となる。

区 間	延 長 (m)	縦断勾配 (%)	水路断面 (W×H)
San Cancio発電所 ～Box 始点	1,800	1.9	2.1m × 1.5m
Box	117	4.5	既 設
Box 終点 ～水 槽	1,223	1.3	2.2m × 1.6m

(b) 水槽／沈砂池

既設の沈砂池と水槽は直列に配置されており水槽容量が若干不足している。

修復計画では San Cancio の沈砂池の機能が補強され、更に水路が全長蓋掛けする事により、沈砂池より下流では水路内への土砂の流入はなくなる事になる。従って本来 Intermedia では沈砂池は必要なくなるので、沈砂池を1部改造し、水槽容量を増大させる。

(c) 水圧管路

既設鉄管路は新しくメンテナンスも行き届いている為現状のままとするが、修復により現在1台の発電機を2台にする為、発電所近くでY分岐させる。

(d) 発電所建屋

既設建屋は堅牢であるが発電機器1台を収容する目的で建設されている。本修復で発電機器2台設置する為には、若干スペースが不足する為、発電所西側にBattery及びUtility室を増設する。

又、発電機の新品への交換の為発電機器基礎の改造が必要となる。

(3) Municipal 発電所

(a) 取水設備

既設堤長1125.3mの取水堰の右岸側に幅2.5mの土砂吐設備を設けると共に堰の越流頂標高1780.635mを嵩上げし1780.95mとする。

取水口は現状のままとし、ゲート、スクリーンのみ新品に交換する。

(b) 沈砂池

取水位の上昇に伴い水槽側壁レベルを全体に50cm嵩上げすると共に老朽化している4基のゲートはすべて新品と交換する。

(c) 導水路

San Cancio と同様に不等流計算を行った結果、7.0m<sup>3</sup>/sを流下させるには水路側壁を全水路50cm嵩上げする必要がある。(図-11.4参照)

尚、水路にはコンクリート製蓋も全水路取り付け。

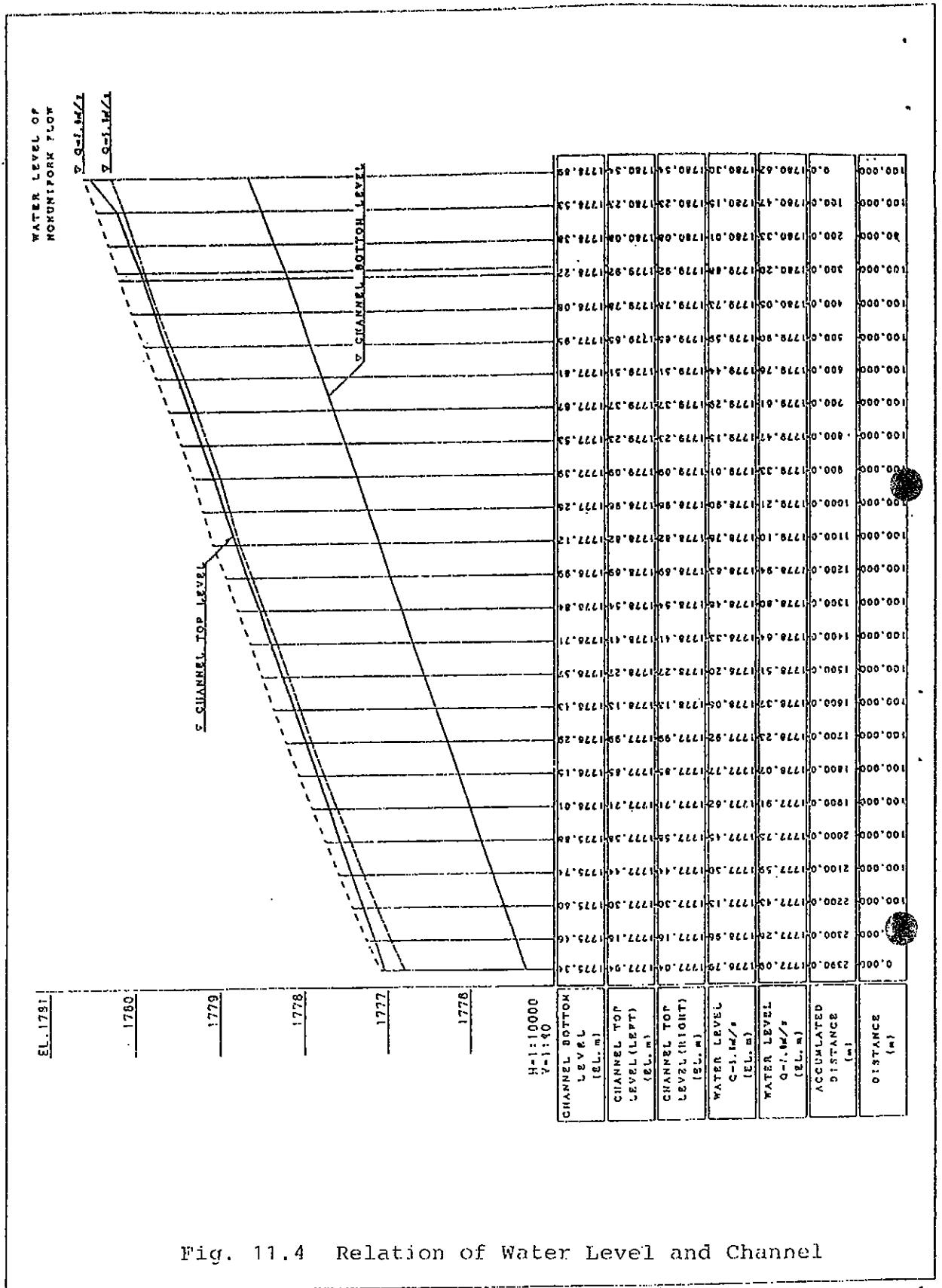


Fig. 11.4 Relation of Water Level and Channel



(d) 水 槽

既設の水槽の有効貯水量は設計流量の約20秒分しかなく目標とする 120秒に対し大巾に不足している。

有効貯水量は取水位の上昇に伴う水槽水位上昇を考慮してもは不足し全面的改造を行う。

しかし、水槽立地場所は地形上の制約により、平面的に大幅な拡大は望めず水深を増す方向での改造とした。

(e) 水圧管路

水圧管路は堅牢で維持管理も行き届いており現状のままとする。

(f) 発電所建屋

建屋は堅牢でスペースも充分あり、発電機器及付属設備の交換に伴う基礎改造工事等を除き現状のままとする。

### 11.1.3 ゲートバルブ類の仕様と諸元

3 発電所の概要を表11.2～表11.4に示す。

表-11.2 ゲート, バルブ類の概要

(1) San Cancio

名称	制水ゲート	排砂ゲート	スクリーン	排砂ゲート	制水ゲート	スクリーン	制水ゲート	スクリーン	排砂ゲート
用途	取水用	土砂吐排砂用	除塵用	沈砂池排砂用 (2門)	沈砂池用	水圧管路取水用	水槽除塵用	排砂ゲート	水槽排砂用 (2門)
型式	鋼板製 スルースゲート	木製 スルースゲート	固定式	鉄板製 スルースゲート	鋼板製 スルースゲート	鉄板製 スルースゲート	固定式	木製 スルースゲート	
幅×高	1.50m×2.50m	2.90m×4.00m	3.0m×1.5m	1.40m×1.40m	2.20m×2.50m	1.40m×1.40m	4.5m×3.00m	1.40m×1.40m	
設計水深	10m	11m	—	5m	5m	5m	—	5m	
止水方式	後方四方水密	後方四方水密	ラック間隔 100mm	後方四方水密	後方四方水密	後方四方水密	ラック間隔 100mm	後方四方水密	
操作方式	スピンドル式	スピンドル式		スピンドル式	スピンドル式	スピンドル式		スピンドル式	
巻揚装置	※エンジン及び 手動	エンジン及び 手動		手動	エンジン及び 手動	エンジン及び 手動		手動	
巻揚速度	0.1m/分	—	勾配 1:03	—	0.1m/分	0.1m/分	勾配 1:03	—	
巻揚人力	10kg	—		—	10kg	10kg		—	

※巻上装置は排砂ゲートを兼用する。

表-11.3 ゲート、バルブ類の概要

(2) Intermedia

名称	制水ゲート	制水ゲート	スクリーン	排砂ゲート
用途	水槽用 (3門)	水槽用 (3門)	水槽除塵用	水槽排砂用 (2門)
型式	鋼板製 スルースゲート	鋼板製 スルースゲート	固定式	木製 スルースゲート
幅×高	1.60m×1.60m	1.60m×1.60m	4.0m×4.5m	1.40m×1.40m
設計水深	5 m	5 m	—	5 m
止水方式	後方四方水密	後方四方水密	ラック間隔 100mm	後方四方水密
操作方式	スピンドル式	スピンドル式		スピンドル式
巻揚装置	エンジン及び 手動	エンジン及び 手動		手動
※巻揚速度	0.1m/分	0.1m/分	勾配 1:03	—
巻揚人力	10kg	10kg		—

※巻揚装置は排砂ゲートと兼用する。

表-11.4 ゲート、バルブ類の概要

(3) Municipal

名称	制水ゲート	排砂ゲート	スクリーン	排砂ゲート	沈砂池用 (3門)	制水ゲート	水圧管路取水用	スクリーン	排水ゲート
用途	取水用 (2門)	土砂吐排砂用	除塵用 (2門)	沈砂池排砂用	沈砂池用 (3門)	水圧管路取水用	水圧管路取水用	水槽除塵用	水槽排水用
型式	鋼板製 スルースゲート	木製 スルースゲート	固定式	鋼板製 スルースゲート	鋼板製 スルースゲート	鋼板製 スルースゲート	鋼板製 スルースゲート	定式	鋼板製 スルースゲート
幅×高	2.0m×1.5m	2.90m×2.30m	5.4m×2.8m	1.20m×1.20m	1.60m×1.60m	2.50m×2.50m	3.00m×2.50m	10.0m×4.0m	
設計水深	10m	11m	-	5m	5m	5m	5m		5m
止水方式	後方四方水密	後方四方水密	ラック間隔 190mm	後方四方水密	後方四方水密	後方四方水密	後方四方水密	ラック間隔 100mm	後方四方水密
操作方式	スピンドル式	スピンドル式		スピンドル式	スピンドル式	スピンドル式	スピンドル式		スピンドル式
巻揚装置	エンジン及び 手動	エンジン及び 手動		手動	エンジン及び 手動	エンジン及び 手動	エンジン及び 手動		手動
※巻揚速度	0.1m/分	-	勾配 1:03	-	0.1m/分	0.1m/分	0.1m/分	勾配 1:03	-
巻揚人力	10kg	-		-	10kg	10kg	10kg		-

※巻揚装置は排砂ゲートと兼用する。

#### 11.1.4 発電機器の標準仕様

発電機器として、水車・発電機の仕様を次の様に定めた。

##### (1) 水車・発電機の台数

水車・発電機の補修、点検が交互に行えること並びに発電機器の停止による損益を軽減することから水車・発電機は2台を設置することとした。

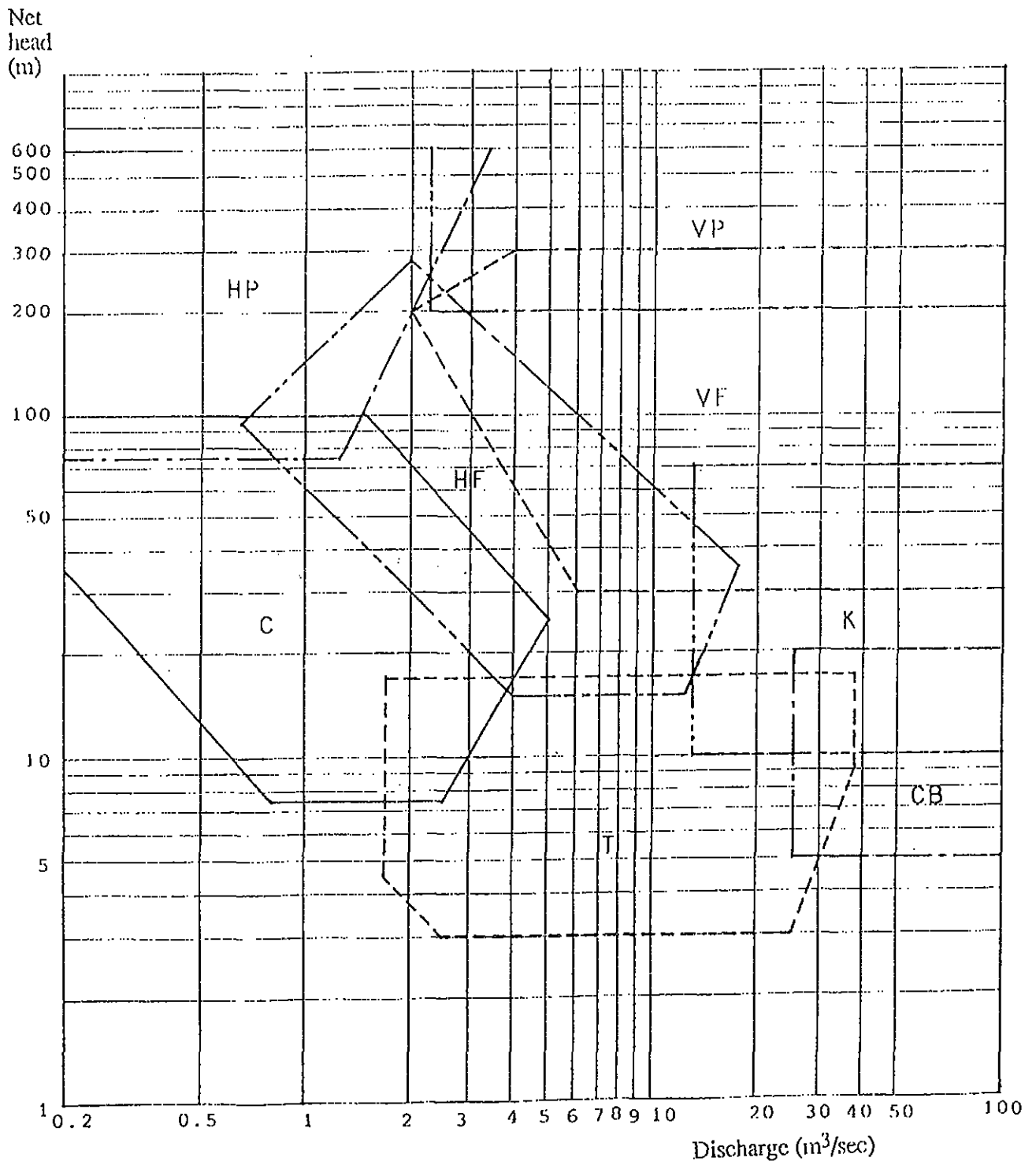
##### (2) 水車の仕様

###### 1) 機種

計画地点の有効落差および流量が決定されれば、図-11.5から水車の機種が選定される。

修復発電計画の最適案に対する機種の選定は次の通りとなる。

発電所	代替案	修復発電計画		機種の選定
		水車1台当りの流量 Q (m <sup>3</sup> /s)	基準有効落差 H <sub>e</sub> (m)	
San Cancio	RRH	2.8	53.8	横軸フランス
Intermedia	RRH	2.8	56.8	同上
Municipal	ALT-2	3.5	79.6	同上



**KEY**

- H = horizontal shaft type
- V = vertical shaft type
- P = Pelton turbine
- F = Francis turbine
- K = Kaplan turbine
- C = cross flow turbine
- T = tubular turbine
- CB = conduit type bulb turbine

(Source: Enterprise Bureau, Gunma Prefectural Government)

**Fig.11.5 Turbine Type Selection Table**

2) 出力

水車1台当りの出力は修復発電計画の最適案に対して次の通りとなる。

発電所	代替案	修復発電計画		水車の予想 効 率 $\eta T$	水車の出力 PT (kW)
		水車1台当りの流量 Q (m <sup>3</sup> /s)	基準有効 落 差 He (m)		
San Cancio	REH	2.8	53.8	0.874	1,360
Intermedia	REH	2.8	56.8	0.874	1,360
Municipal	ALT-2	3.5	79.6	0.879	2,400

水車の出力 (kW) は次の式で計算される。

$$PT = 9.8 \times Q \times He \times \eta t \quad (\text{kW})$$

3) 回転数

水車の回転数は次の順序により定める。

フランスス水車の場合、比速度Nsの限界は次式で示される。

$$Ns \leq \frac{20,000}{He + 20} + 30 \quad (\text{m-kW}) \quad \dots\dots\dots ①$$

ここで、

He : 基準有効落差 (m)

また、水車の回転数Nは次式で示される。

$$N = Ns \frac{He^{5/4}}{P^{1/2}} \quad (\text{rpm}) \quad \dots\dots\dots ②$$

ここで、

Ns : 比速度 (m-KW) , ①式で求めた値

He : 基準有効落差 (m)

Pt : 水車の出力 (KW)

さらに、発電機の同期速度Nは次式で示される。

$$N = \frac{120 f}{\text{Pole}} = \frac{120 \times 60}{\text{Pole}} = \frac{7200}{\text{Pole}} \quad (\text{rpm}) \quad \dots\dots\dots ③$$

ここで、 f : 周波数

Pole : 極 数



③式で求めるNは、②式で求めたNの値より低くて、それに最も近い値になるような極数を選ぶ。

③式で求めたNの値を②式に代入して比速度Ns を決定する。

修復発電計画の最適案に対し、計算結果を示すと下表の通りとなる。

発電所	代替案	基準有効	水車の出力	極 数	比 速 度	回 転 数
		落 差 He (m)	P1 (KW)	Pole	Ns (m・kW)	N (rpm)
San Cancio	REN	53.8	1,360	6	284	1,200
Intermedia	REN	56.8	1,360	6	284	1,200
Municipal	ALT-2	79.6	2,400	8	185	900

### (3) 発電機の仕様

#### 1) 冷却方式

発電機の冷却は、屋内より大気 of 空気を吸い込み屋外へ直接排気する方式とする。

#### 2) 定格電圧

標準化を計り4.16KVとする。

#### 3) 力 率

大容量の発電機は、電力系統への無効電力供給の目的を考慮して力率を0.8~0.85とするが、小容量の発電機はその必要性が少ないので、経済性を重視して力率を0.9とする。

#### 4) 極 数

発電機の極数は水車の回転数を決める際に、決定されているので、前述の水車の仕様を参照のこと。

5) 発電機の容量

発電機1台当りの容量は修復発電計画の最適案に対して次の通りとなる。

発電所	代替案	修復発電計画		水車の 予想 効率 $\eta_l$	発電機 の予想 効率 $\eta_g$	発電機 の 容量 $P_g$ (kW)	力率	発電機 の 容量 (kVA)
		水車1台 当りの流量 $Q$ ( $m^3/s$ )	有効落差 $H_e$ (m)					
San Cancio	REN	2.8	53.8	0.874	0.95	1.250	0.9	1.400
Intermedia	REN	2.8	56.8	0.874	0.95	1.250	0.9	1.400
Municipal	ALT-2	3.5	79.6	0.879	0.95	2.250	0.9	2.500

発電機の容量 (kW) は次の式で計算される。

$$P_g = 9.8 \times Q \times H_e \times \eta_l \times \eta_g \quad (\text{kW})$$

11.1.5 電気装置の標準仕様

発電機に附属した電気装置並びに変電所の電気設備に対して次の様に機器の仕様を定めた。

(1) 励磁装置

発電機の励磁方式は保守点検の簡便さを重視して、ブラシレス励磁方式とする。

(2) 接地方式

発電機の地絡電流の値を小さくおさえて発電機の保護をするために高抵抗接地の一種である変圧器接地方式とする。

(3) スイッチギア

発電機回路にはスイッチギアとして次の電気品を収納する。

- シャ断器
- 避雷器
- 計測用変流器, 変圧器  
励磁用変圧器
- 所内用変圧器
- 低圧分電盤

(4) 直流装置

発電機の励磁回路への初期励磁並びに制御盤への直流電流供給のために、充電器と鉛バッテリーを設置する。

(5) 制御・保護リレー盤

水車・発電機のスタート、停止及び発電機しゃ断器の同期投入並びに速度調整等に必要な装置は全て水車・発電機制御盤に設置されており、一人の運転員にて操作が出来るものである。

また、発電機の保護リレー盤には発電機回路の保護に必要なリレーが設置されていて、事故の発生によりリレーが動作することで水車・発電機の停止と同時にブザーとフリッカーで運転員に知らせるものとする。

(6) 変電所

San Cancio 及び Intermedia 発電所に於いては、将来13.2kVの配電電圧になることを考慮して、4.16/13.2kVの主変圧器を1台屋外に設置する。

また、13.2kV開閉装置は発電所建物の中に新品のスイッチギアを設置する。

また、Municipal 発電所に於いては、

既存の主変圧器は修復後の発電機器の容量に見合った新しいものに取り替える。

また、13.2kV開閉装置は発電所建物の中に新品のスイッチギアを設置する。

(7) 配電線

San Cancio 及び Intermedia 発電所に於いては、現在配電電圧は4.16kVであるが、将来13.2kVに取り替えられる。

したがって、本調査の段階に於いては、配電線の修復あるいは新設の費用は考慮に入れない。

また、Municipal 発電所に於いては、

本調査の段階に於いては、既存の13.2kV配電線の修復あるいは拡張に係わる費用は考慮に入れない。

## 11.2 施工計画

### 11.2.1 工事施工条件の検討

修復対象発電所は3発電所共現在稼働中であり修復による発電停止期間の短縮化を図る事と下流側発電所の稼働に悪影響を及ぼさない事に留意する必要がある。

その他に水利権等工事施工を拘束する条件は特に無い。

### 11.2.2 準備工事

San Sancio 及び Intermedia 発電所の取水設備の施工に先だって転流工を行う。現河流は流路を左岸側に転流し右岸側を締切る。締切りは上砂による盛土とその表面を流水の浸蝕から保護する蛇籠、土俵等を用いて行う。右岸側の締切った中では取水口、土砂吐と取水堰の一部を施工する。右岸側の施工後、築造された土砂吐を利用して河流を右岸側に切替えてから残りの左岸側を締切り、取水堰の残部を完成させる。河流処理対象流量は工期1年として低いコンクリートダムでもあり年1～3回の確率流量を採用すると15.0m<sup>3</sup>/secとなる。

### 11.2.3 工事用アクセス道路

3発電所へのアクセス道路は以下の通り。

San Sancio はNo.2 沈砂池を除きほぼ全施設に対し車両での進入が可能である。

Intermedia 及びMunicipal 発電所へは車両での進入が可能であるが、河川横断橋の耐荷力が小さく、発電機器の搬入には仮設備が必要となる。

Intermedia 発電所の水路は約 1/3区間が車両でも進入可能であるが残りは不可能である。又、水槽へは車両の進入は不可能であり、水路際のルート又はペンストック際のルートしか進入出来ないが水槽の工事量は少ないので、車両進入ルートの新設は不要と考える。

Municipal 発電所の取水堰、沈砂池はほぼ車両が進入可能であるが水路及び水槽への車両進入は不可能である。水槽の工事量は比較的多く資材、機器、人員の派遣には車両進入ルートが必要であるが、現在右岸側には近接する既設ルートが無く、水路の蓋の上を通路として軽車両の進入を計らざるを得ないと思われる。

11. 2. 4 工事用仮設備

大規模工事ではない為、一般的仮設備のみで特算すべき工事用仮設備はない。

11. 2. 5 工事工程表

全体工事工程表を表11-5に示す。











### 11.3 工事費

#### 11.3.1 積算基本条件

##### (1) 積算方針

###### (a) 積算工事費の構成

プロジェクトに関する概略工事費は以下の項目で構成されている。

土木工事費

直接工事費+予備費+技術管理費

機器工事費

F. O. B + 海上輸送費+陸上輸送費+各種関税+据付費+試験費  
(含輸送保険) (含輸送保険)

+予備費+技術管理費

###### (b) 土木工事費の算定

- 直接工事費は各種工事数量×単価で表わされる。
- 各種工事数量は、添付DWG SC-C-01~SC-C-04, IN-C-01, 02及びMU-C-01~MU-C-05を基に積算した。
- 単価には、直接仮設費(A. I. U)をコロンビアで通常採用されている20%を考慮した。
- 予備費および技術管理費としては、ISAが通常水力プロジェクトに適用している直接工事費に対する下記比率で算定した。

予備費 直接工事費×15%

技術管理費 (直接工事費+予備費)×10%

###### (c) 機器工事費の算定

機器工事費は、ISAが通常水力プロジェクトに適用している。F. O. B及び直接工事費に対する下記比率で算定した。

-- F. O. B	100.0%	
-- 海上輸送費	F. O. B の10.0%	
-- 海上輸送保険	F. O. B の2.0%	
-- TAXES	} P. O. B の22.3%	3.15×1.105
-- LAW 68		2.0×1.105
-- LAW 50		8.0×1.105
-- PROEXPO		5.0×1.105

-- ADDED VALUE TAX	F. O. B の13.4%	上記計の10%
-- 陸上輸送及保険費	F. O. B の 6.0%	
-- 据付費	F. O. B の10.0%	
-- TRST. CONNECTION	F. O. B の 6.0%	
直接工事費 (上記計)	F. O. B の 169.7%	
予備費	F. O. B の17.0%	直接工事費の10%
技術管理費	F. O. B の14.9%	直接工事費+予備費の 8%

(d) 工種分類

プロジェクトの工事費積算は、下記工種分類により行った。

取水ダム及取水口；土工事，既設コンクリート斫り，コンクリート  
玉石コンクリート，鉄筋，ゲート，スクリーン  
蛇籠

沈砂池；土工事，コンクリート，鉄筋，ゲート，スクリーン

導水路；土工事，コンクリート，鉄筋，石積

水槽；土工事，既設コンクリート斫り，コンクリート，鉄筋  
ゲート，スクリーン

水圧鉄管；土工事，コンクリート，鉄筋，管工事

発電所；土工事，コンクリート，鉄筋，建物（新設及改造）  
既設コンクリート斫り

変電所；土工事，コンクリート，鉄筋

また、発電設備については以下の通り分類した。

水車および付属機器

発電機および付属機器

水車・発電機制御盤

発電機用スイッチギア

所内変圧器，分電盤，バッテリー，充電器

主変圧器

13.2KV スイッチギア

(e) 積算年次

積算年次は、ICEI との打合せの結果1989年9月時点で積算した。

(2) 土木工事単価

1989年9月時点の単価として CHEC により準備された単価（前出 5.4）を使用した。

尚、この単価には、工事用仮設のキャンプ、電源、通信施設等の費用も含まれている。

(3) 機器の F. O. B コスト

日本国内メーカー 2 社の相見積りを取りその最低価格の90%を F. O. B コストとした。

11.3.2 土木工事費内訳

3 発電所に対する土木工事費の内訳は次紙の通りである。

No.	Description	Unit	Quantity	Rate	Estimated Amount	Remarks
<b>San Cancio (RBH-1)</b>						
<b>1. Diversion Weir &amp; Intake</b>						
1.1	Earthwork	m <sup>3</sup>	1,700	3,965	6,740,500	
1.2	Concrete Work	"	700	27,625	19,337,500	
1.3	Reinforcing Bar	ton	28	454,000	12,712,000	
1.4	Gate	"	6.9	500,000	3,450,000	
1.5	Screen	"	3.3	500,000	1,650,000	
1.6	Cyclopean Concrete	m <sup>3</sup>	500	14,000	7,000,000	
	Sub Total	-	-	-	50,890,000	
<b>2. Settling Basin</b>						
2.1	Concrete Work	m <sup>3</sup>	60	27,625	1,657,500	
2.2	Reinforcing Bar	ton	3.0	454,000	1,362,000	
2.3	Gate	ton	11.9	500,000	5,950,000	
2.4	Concrete Removal	m <sup>3</sup>	100	14,000	1,400,000	
	Sub Total	-	-	-	10,369,500	
<b>3. Conduction Channel</b>						
3.1	Earthwork	m <sup>3</sup>	700	2,925	2,047,500	
3.2	Concrete Work	m <sup>3</sup>	600	27,625	16,575,000	
3.3	Reinforcing Bar	ton	36.0	454,000	16,344,000	
3.4	Concrete Removal	m <sup>3</sup>	100	14,000	1,400,000	
	Sub Total	-	-	-	36,366,500	

No.	Description	Unit	Quantity	Rate	Estimated Amount	Remarks
4.	Head Tank					
4.1	Earthwork	m <sup>3</sup>	2,100	2,925	6,142,500	
4.2	Concrete Work	"	270	27,625	7,458,750	
4.3	Reinforcing Bar	ton	7.6	454,000	3,450,400	
4.4	Gate	ton	4.1	500,000	2,050,000	
4.5	Screen	ton	3.0	500,000	1,500,000	
4.6	Concrete Removal	m <sup>3</sup>	50	14,000	700,000	
	Sub Total				21,301,650	
5.	Foundation of Equip.					
5.1	Concrete	m <sup>3</sup>	190	27,625	5,248,750	
5.2	Reinforcing Bar	ton	10	454,000	4,540,000	
5.3	Concrete Removal	m <sup>3</sup>	90	14,000	1,260,000	
	Sub Total	-	-	-	11,048,750	
6.	Powerhouse					
6.1	Building (Modification)	m <sup>2</sup>	100	10,000	1,000,000	
	Sub Total	-	-	-	1,000,000	
7.	Substation					
7.1	Excavation	m <sup>3</sup>	88	2,925	257,000	
7.2	Concrete	"	44	27,625	1,216,000	
7.3	Reinforcing Bar	ton	2.2	454,000	999,000	
	Sub Total	-	-	-	2,470,000	
8.	Grand Total				132,596,400	

No.	Description	Unit	Quantity	Rate	Estimated Amount	Remarks
Intermedia (REH-1)						
1. Conduction Channel						
1.1	Earthwork	m <sup>3</sup>	14,400	2,925	42,120,000	
1.2	Concrete Work	"	3,500	27,625	96,687,500	
1.3	Reinforcing Bar	ton	75	454,000	9,450,000	
1.4	Concrete Removal	m <sup>3</sup>	10	14,000	140,000	
	Sub Total	-	-	-	218,397,500	
2. Head Tank						
2.1	Concrete Work	m <sup>3</sup>	10	27,625	276,250	
2.2	Reinforcing Bar	ton	1	454,000	454,000	
2.3	Gate	ton	7	500,000	3,500,000	
2.4	Screen	ton	5	500,000	2,500,000	
2.5	Concrete Removal	m <sup>3</sup>	70	14,000	980,000	
	Sub Total				7,710,250	
3. Penstock						
3.1	Earthwork	m <sup>3</sup>	50	2,925	146,250	
3.2	Concrete Work	m <sup>3</sup>	30	27,625	828,750	
3.3	Reinforcing Bar	ton	2	454,000	908,000	
3.4	Penstock	ton	3	1,000,000	3,000,000	
3.5	Concrete Removal	m <sup>3</sup>	20	14,000	280,000	
	Sub Total				5,163,000	

No.	Description	Unit	Quantity	Rate	Estimated Amount	Remarks
4.	Foundation of Equip.					
4.1	Excavation	m <sup>3</sup>	400	2,925	1,170,000	
4.2	Concrete Work	"	200	27,625	5,525,000	
4.3	Reinforcing Bar	ton	10	454,000	4,540,000	
4.4	Concrete Removal	m <sup>3</sup>	70	14,000	980,000	
	Sub Total				12,215,000	
5.	Powerhouse					
5.1	Building (New)	m <sup>2</sup>	17	50,000	850,000	
5.2	Building (Modification)	m <sup>3</sup>	100	10,000	1,000,000	
	Sub Total				1,850,000	
6.	Substation					
6.1	Excavation	m <sup>3</sup>	88	2,925	257,000	
6.2	Concrete	"	44	27,625	1,216,000	
6.3	Reinforcing Bar	ton	2.2	454,000	994,000	
	Sub Total				2,470,000	
7.	Grand Total				247,805,750	



No.	Description	Unit	Quantity	Rate	Estimated Amount	Remarks
<b>Municipal (ALT-2)</b>						
<b>1. Diversion Weir &amp; Intake</b>						
1.1	Earthwork	m <sup>3</sup>	300	3,965	1,189,500	
1.2	Concrete Work	"	400	27,625	1,050,000	
1.3	Reinforcing Bar	ton	16	454,000	7,264,000	
1.4	Gate	"	6.9	500,000	3,450,000	
1.5	Screen	"	1.6	500,000	800,000	
1.6	Concrete Removal	m <sup>3</sup>	200	14,000	2,800,000	
	Sub Total	-	-	-	26,553,500	
<b>2. Settling Basin</b>						
2.1	Concrete Work	m <sup>3</sup>	50	27,625	1,381,250	
2.2	Reinforcing Bar	ton	2.5	454,000	1,135,000	
2.3	Gate	ton	10.8	500,000	5,400,000	
2.4	Concrete Removal	m <sup>3</sup>	20	14,000	280,000	
	Sub Total				8,196,250	
<b>3. Conduction Channel</b>						
3.1	Earthwork	m <sup>3</sup>	700	2,925	2,047,500	
3.2	Concrete Work	"	1,100	27,625	30,387,500	
3.3	Reinforcing Bar	ton	66.0	454,000	29,964,000	
3.4	Concrete Removal	m <sup>3</sup>	100	14,000	1,400,000	
	Sub Total				63,799,000	

No.	Description	Unit	Quantity	Rate	Estimated Amount	Remarks
4.	Head Tank					
4.1	Earthwork	m <sup>3</sup>	2,400	2,925	7,020,000	
4.2	Concrete Work	"	850	27,625	23,481,250	
4.3	Reinforcing Bar	ton	24.0	454,000	10,896,000	
4.4	Gate	ton	6.0	500,000	3,000,000	
4.5	Screen	ton	5.5	500,000	2,750,000	
4.6	Concrete Removal	m <sup>3</sup>	400	14,000	5,600,000	
	Sub Total				52,747,250	
5.	Foundation of Equip.					
5.1	Concrete	m <sup>3</sup>	280	27,625	7,735,000	
5.2	Reinforcing Bar	ton	14.0	454,000	6,356,000	
5.3	Concrete Removal	m <sup>3</sup>	150	14,000	2,100,000	
	Sub Total				16,191,000	
6.	Powerhouse					
6.1	Building (Modification)	m <sup>2</sup>	100	10,000	1,000,000	
	Sub Total				1,000,000	
7.	Substation	m <sup>3</sup>	94	2,925		
7.1	Excavation	m <sup>3</sup>	47	27,625	275,000	
7.2	Concrete	ton	2.4	454,000	1,298,000	
7.3	Reinforcing Bar				1,090,000	
	Sub Total				2,663,000	
8.	Grand Total				171,150,000	

11.3.3 発電機器予算内訳

3 発電所に対する発電機器の予算内訳は下記の通りである。

(百万円)

FOB Price of Electric & Mechanical Equipment				
No.	Description	San Cancio	Intermedia	Municipal (A.I.T-2)
1	Water Turbine and Auxiliary Equipment	103.8	103.8	139.4
2	Generator and Auxiliary Equipment	42.6	42.6	56.2
3	Turbine and Generator Control Panel	13.6	13.6	13.6
4	Switchgear for Generator	10.2	10.2	10.2
5	Auxiliary Service Trans. Distribution Board Battery and charger	3.5	3.5	3.5
6	Main Transformer	5.2	5.2	10.0
7	33 kV Substation	5.0	5.0	5.0
	Total	183.9	183.9	237.9

#### 11.3.4 年度別工事費

本発電所群は、一連の構造となっている為、年度別工事費は各発電所単独及び3発電所一体の2ケースについて算出した。

年度別土建工事費

(金額単位:10<sup>6</sup>ペソ)

比較代替案 年度	San Cancic						Intermedia				Municipal			
							ALT-1		ALT-2		ALT-1		ALT-2	
	3年度	4年度	2年度	3年度	1年度	2年度	1年度	2年度	1年度	2年度	1年度	2年度		
取水堰及取水口工事	36.7	24.4	0	0	0	0	0	0	0	31.9	0	0		
沈砂池工事	0	12.4	0	0	0	0	0	0	0	8.8	1.0	1.0		
水路工事	43.6	0	209.7	52.4	46.9	0	0	0	0	76.6	0	0		
水槽工事	7.7	17.9	0	9.3	16.7	0	0	0	0	19.9	38.9	44.3		
水圧管路工事	0	0	0	6.2	0	0	0	0	0	0	0	0		
機器基礎工事	3.3	10.0	1.5	13.1	0	0	0	0	0	0	17.9	19.4		
発電所建屋工事	0.6	0.6	0	2.2	0	0	0	0	0	0	1.2	1.2		
仮設備	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
その他雑工事	3.0	0	3.6	2.4	0.6	0	0	0	0	6.6	2.6	2.6		
① 計	94.9	65.3	211.8	85.6	73.0	0	0	0	0	136.9	61.3	62.5		
② Contingency ①×0.15	14.2	9.8	31.8	12.8	11.0	0	0	0	0	20.5	9.2	10.3		
③ Eng. Fee ①÷②×0.10	10.9	7.5	24.4	9.8	8.4	0	0	0	0	15.7	7.1	7.9		
④ 計 ①+②+③	120.0	82.6	268.0	108.2	92.4	0	0	0	0	173.1	77.9	86.7		
⑤ 発電ロスによる損失	3.7	24.3	1.5	9.1	0	0	0	0	0	0	16.8	19.8		
⑥ 総計 ④+⑤	123.7	106.9	269.5	117.3	92.4	0	0	0	0	173.1	97.7	106.5		

3 発電所一体とした年度別土建工事費

(金額単位：10<sup>6</sup> ペン)

比較代替案 年 項目	ALT-1				ALT-2			
	1年度	2年度	3年度	4年度	1年度	2年度	3年度	4年度
取水堰及取水口工事	0	0	36.7	24.4	31.3	0	35.7	24.4
沈砂池工事	8.8	1.0	0	12.4	8.8	1.0	0	12.4
水路工事	45.9	209.7	98.0	0	76.6	209.7	96.0	0
水槽工事	16.7	38.9	17.0	17.9	19.0	44.3	17.0	17.9
水圧管路工事	0	0	8.2	0	0	0	6.2	6
機器基礎工事	0	19.4	16.4	10.0	0	20.9	16.4	10.0
発電所建屋工事	0	1.2	2.8	0.6	0	1.2	2.8	0.6
仮設備	0	0	0	0	0	0	0	0
その他雑工事	0.6	3.2	5.4	0	0.6	3.2	5.4	0
① 計	73.0	273.4	180.5	55.3	136.9	280.3	180.5	55.3
Contingency ①×0.15	11.0	41.0	27.0	9.8	20.5	42.1	27.0	9.3
Eng. Fee ①+②)×0.10	8.4	31.5	20.7	7.5	15.7	32.3	20.7	7.5
④ 計 ①+②+③	92.4	345.9	228.2	82.6	173.1	354.7	228.2	82.6
⑤ 発電ロスによる損失	0	21.3	12.8	24.3	0	21.3	12.3	24.3
⑥ 総計 ④+⑤	92.4	367.2	241.0	106.9	173.1	376.0	241.0	106.9

### 11.3.5 発電停止による売電ロス

各発電所の現有能力が修復期間中に発電停止され売電ロスが生じるものとする。

#### (1) San Cancio 発電所

発電停止期間

1号機 7ヶ月間

2号機 8ヶ月間 計15ヶ月間となる。

出力減 1.75MW

発生電力量減  $8.44\text{GWh} \times 15/24 = 5.28\text{GWh}$

売電ロス 単価は 4,936.18P/MWh

1,086,909.69P/MW とする。

$$1.75\text{MW} \times 1,086,909.69\text{P/MW} + 5.28 \times 10^3 \text{MWh} \times 4,936.18\text{P/MWh} \\ = 27,965,000 \text{ Pesos}$$

年度別売電ロス内訳

3年次 3,719,000 Pesos

4年次 24,246,000 Pesos

#### (2) Intermedia 発電所

発電停止期間 7ヶ月間

出力減 0.9MW

発生電力量減  $3.33\text{GWh} \times 7/12 = 1.94\text{GWh}$

売電ロス

$$0.9\text{MW} \times 1,086,909.69\text{P/MW} + 1.94 \times 10^3 \text{MWh} \times 4,936.18\text{P/MWh} \\ = 10,554,000 \text{ Pesos}$$

年度別売電ロス内訳

2年次 1,508,000 Pesos

3年次 9,046,000 Pesos

#### (3) Municipal 発電所

発電停止期間

1号機 7ヶ月間

2号機 8ヶ月間 計15ヶ月間

出力減 1.4MW

発生電力量減  $5.94\text{GWh} \times 15/24 = 3.71\text{GWh}$

売電ロス

$$1.4\text{MW} \times 1,086,909.69\text{P/MW} + 3.71 \times 10^3 \text{MWh} \times 4,936.18\text{P/MWh} \\ = 19,835,000 \text{ Pesos}$$

年度別売電ロス内訳

すべて2年次となる。



## 第12章 結論及び助言

プレ・フィージビリティ調査（1987年11月から1988年6月までの8ヶ月間）に引続いて実施したChinchina 川に設置されたSan Cancio, Intermedia, Municipal の3水力発電所の修復計画に関するフィージビリティ調査（1988年11月から1990年3月までの17ヶ月間）に対する JICA 調査団の結論をまとめると以下の通りである。

### 12.1 最も実現性の高い設備計画

現在稼働中の当該水力発電所の修復計画において、技術的ならびに経済的な見地から最も実現性の高い修復計画概要を示すと次の通りである。

表-12.1 修復後の最適設備概要

(1) San Cancio 水力発電所

項 目		単 位	記 述 内 容
(1) 発諸 電元 計 画 の	最大使用水量(Q)	m <sup>3</sup> /s	5.6
	基準有効落差(H)	m	53.8
	理論出力	kW	2,952
	最大出力(P)	kW	2,400
	発電機器台数		2
	年間可能発電電力量(E)	GWh	18.5
	設備利用率	%	88
(2) 土 木 構 造 物 の 諸 元	取水堰	型式 寸法	直線重力式コンクリート 高 4.9m 越流頂長 20.0m
	排砂ゲート	型式 ゲート数 寸法	鋼製スルースゲート 1 巾 2.9m 高 4.0m
	取水口	型式 寸法	無圧式 矩形 巾 3.0m 高 2.5m
	取水ゲート	型式 寸法	鋼製スルースゲート 巾 1.9 高 2.5
	沈砂池	形状 寸法	底取り式 矩形 開水路 2槽 巾 9.9 長さ 20.0 平均深さ 2.0 (既設利用)
	土砂吐ゲート	型式 ゲート数 寸法	鋼製スルースゲート 2 巾 1.4 深 1.4
	水路	形状 延長 寸法	RC U型 (カバー付) 2300m 2
	水槽	形状 寸法	矩形 巾 9.5 長 24.8 平均深 3.5
	水槽ゲート	型式 寸法	鋼製スルースゲート 巾 1.4 高 1.4
	水圧管路	条 数 径 亘 長	1 φ 1.24 231.1 (既設利用)

	発電所	形状 寸法	m	地上式 RC構造 (既設利用) 巾12.5 長40.0 高さ 7.0
	放水路	形状 寸法	m	矩形 巾 2.0 深 1.8
(3) 発電機器 設備の 諸元	水車	型式 台数 出力 回転数	kW rpm	横軸フランシス 2台 1,360 1,200
	発電機	型式 台数 出力 極数 回転数	kVA Pole rpm	同期発電機 2台 1,400 6 1,200
	主変圧器	型式 台数 電圧 容量	kV kVA	油入自冷 1 4.16/13.2 2,800
(4) 修復工 事費	発電機器	外貨分 現地貨分	千円 千円	264,700 106,100
	上建工事費	外貨分 現地貨分	千円 千円	0 87,500
	プロジェクトコスト		千円	458,300
	建設コスト	kW 当り kWh 当り	千円/kW 円/kWh	191 24.8

表-12.2 修復後の最適設備概要

(2) Intermedia 水力発電所

項 目		単 位	記述内容
(1) 発諸 電元 計 画 の	最大使用水量(Q)	m <sup>3</sup> /s	5.6
	基準有効落差(H)	m	56.8
	理論出力	kW	3,117
	最大出力(P)	kW	2,500
	発電機器台数		2台
	年間可能発電電力量(E)	GWh	19.7
	設備利用率	%	88
(2) 土 木 構 造 物 の 諸 元	取水堰	型式 寸法	m ナシ
	排砂ゲート	型式 ゲート数 寸法	m ナシ
	取水口	型式 寸法	m ナシ
	取水ゲート	型式 寸法	m ナシ
	沈砂池	形状 寸法	m ナシ
	土砂吐ゲート	型式 ゲート数 寸法	m 鋼製スルースゲート 2 巾 1.4 高 1.4
	水路	形状 延長 寸法	m 1800 1223.0 巾 2.1 深 1.5 巾 2.2 深 1.6
	水槽	形状 寸法	m 矩形(2槽 縦列) 巾 7.9 長 29.0 平均深 4.5
	水槽ゲート	型式 寸法	m 鋼製スルースゲート 巾 1.4 高 1.4
	水圧管路	条数 径 亘長	m 1 φ 1.24 153.5 (既設利用)

	発電所	形状 寸法	m	地上式 RC構造 (一部増設) 巾12.4 長16.2 高さ8.75
	放水路	形状 寸法	m	矩形 巾 2.0 深 1.8
(3) 発電 機器 設備 の 諸 元	水車	型式 台数 出力 回転数	kW rpm	横軸フランス 2台 1,360 1,200
	発電機	型式 台数 出力 極数 回転数	kVA Pole rpm	同機発電機 2台 1,400 6 1,200
	主変圧器	型式 台数 電圧 容量	kV kVA	油入自冷 1台 4.16/13.2 2,800
(4) 修 復 工 事 費	発電機器	外貨分 現地貨分	千円 千円	264,700 106,100
	土建工事費	外貨分 現地貨分	千円 千円	0 146,600
	プロジェクトコスト		千円	517,400
	建設コスト	kW 当り kWh 当り	千円/kW 円/kWh	207 26.3

表-12.3 修復後の最適設備概要

(3) Municipal 水力発電所 (ALT-2)

項目		単位	記述内容
(1) 発 諸 電 元 計 画 の	最大使用水量(Q)	m <sup>3</sup> /s	7.0
	基準有効落差(H)	m	79.6
	理論出力	kW	5,460
	最大出力(P)	kW	4,500
	発電機器台数		2台
	年間可能発電電力量(E)	GWh	34.8
	設備利用率	%	88
(2) 土 木 構 造 物 の 諸 元	取水堰	型式 寸法	直線重力式コンクリート(既設利用) 高 2.5 越流頂長21.0
	排砂ゲート	型式 ゲート数 寸法	鋼製スルースゲート 1 巾 2.9m 高 2.3m
	取水口	型式 寸法	矩形 巾 2.0m 高 1.5m
	取水ゲート	型式 寸法	鋼製スルースゲート 巾 2.0 高 1.5m
	沈砂池	形状 寸法	底取り式 矩形開渠 巾 2.0 高 1.5m
	土砂吐ゲート	型式 ゲート数 寸法	鋼製スルースゲート 巾15.0 長さ27.0 平均深 4.2
	水路	形状 延長 寸法	RC U型(カバー付) 2,400 巾 2.3m 深 2.2m
	水槽	形状 寸法	矩形 巾 9.0 長30.0 平均深 2.8
	水槽ゲート	型式 寸法	鋼製スルースゲート 巾 1.4 高 1.4
	水圧管路	条 径 数 長	1 φ1.52 157.8 (既設利用)

	発電所	形状 寸法	m	地上式 RC構造 (既設利用) 巾12.0 長55.0 高さ8.75
	放水路	形状 寸法	m	矩形 巾 2.0 深 1.8
(3) 発電機器設備の諸元	水車	型式 台数 出力 回転数	kW rpm	横軸フランシス 2台 2,400 900
	発電機	型式 台数 出力 極数 回転数	kVA Pole rpm	同機発電機 2台 2,500 8 900
	主変圧器	型式 台数 電圧 容量	kV kVA	油入自冷 1台 4.16/13.2 5,000
(4) 修復工事費	発電機器	外貨分 現地貨分	千円 千円	342,200 137,300
	土工工事費	外貨分 現地貨分	千円 千円	0 106,000
	プロジェクトコスト		千円	585,500
	建設コスト	kW 当り kWh 当り	千円/kW 円/kWh	130.1 16.8

## 12.2 経済指標

現実性を評価する一般的な指標として電力連系公社（ISA）が1987年6月に発刊した評価基準（General Criteria Vol-1）にkW当りの建設コストと kWh当りの平均発電コストが挙げられている。これ等の経済指数についての検討結果は9章に述べた通りであるが、表-12.1~12.3に挙げた最適修復計画案のケースについて、指標を抜粋して示すと次の通りである。

	San Cancio	Intermedia	Municipal
KW当りの建設コスト (円/kW) ……………	191,000	207,000	130,100
年間供給電力量の平均発電コスト (円/kWh) ……	2.5	2.6	1.7

## 12.3 運転・維持・管理用のマニュアル

維持管理マニュアルは、電力供給の安定確保に万全を期すとともに、施設された設備を常に正常状態に保守するための規則であり、本来各電力会社ごとに独自の運営方針に沿って定められるべきものである。

本Chinchina川の3水力発電所の場合、修復により水車、発電機および主変圧器等の発電機器設備はすべて新品に取替えられるので機器納入メーカーからそれぞれの仕様に対応した運転・維持・管理用のマニュアルが提示される。

したがって、本報告書では主要土木構造物および発電機器設備の保守点検のための汎用管理マニュアルを主報告書の附属資料に収録した。

## 12.4 修復計画に関連する技術的助言

本Chinchina川の3水力発電所の修復計画が実現化し、フェージビリティ調査段階から基本設計ならびに詳細設計の段階に移行していく過程の中で、留意しておくべき事項を参考として記述する。

### (1) 流域内の地形・地質・植生等の調査

出来れば、航空写真から縮尺1/10,000~1/5,000の地形図を図化し、流域内の地形・地質・植生等の特性把握のための現況調査を実施しておくことが望ましい。



(2) 各施設周辺地形図の作成

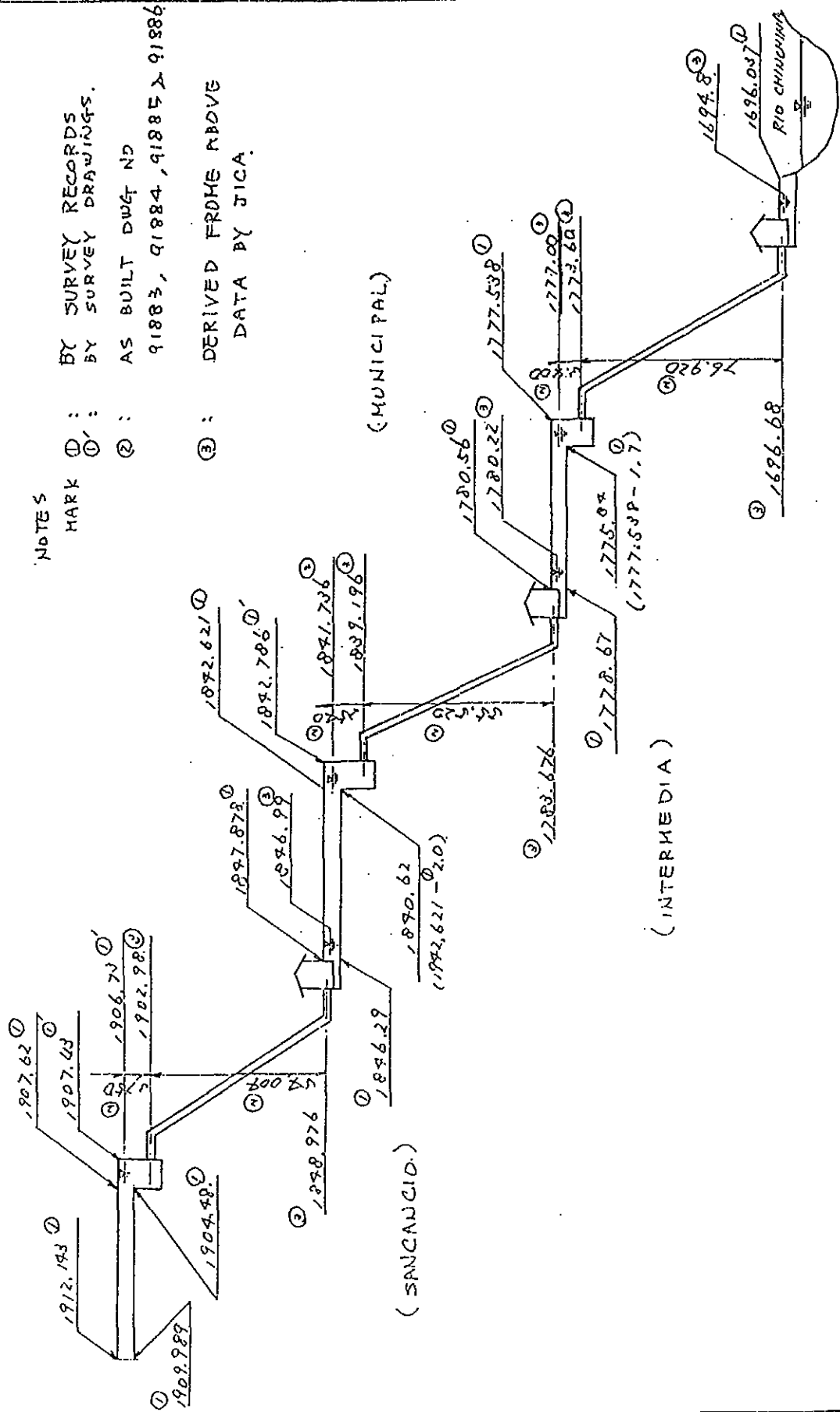
今回のF/S用に実施された測量は各構造物の概形把握に終わっており、周辺地形図がないがより具体的な修復計画立案の為には、地形測量が不可欠である。

(3) 3発電所の相対的關係

今回実施された測量は、各構造物の単体的構造の把握は不能だが、連続する設備間との連結が充分ではない。

その為、AS-BUILT DWG等のデータ等を用いて補完し、3発電所の相対的關係を添付図の如く推定したが、この推定図が正しいか否かの確認をしておく事が望ましい。

# PROFILE OF CASCADE FOR RIO CHINCHINA



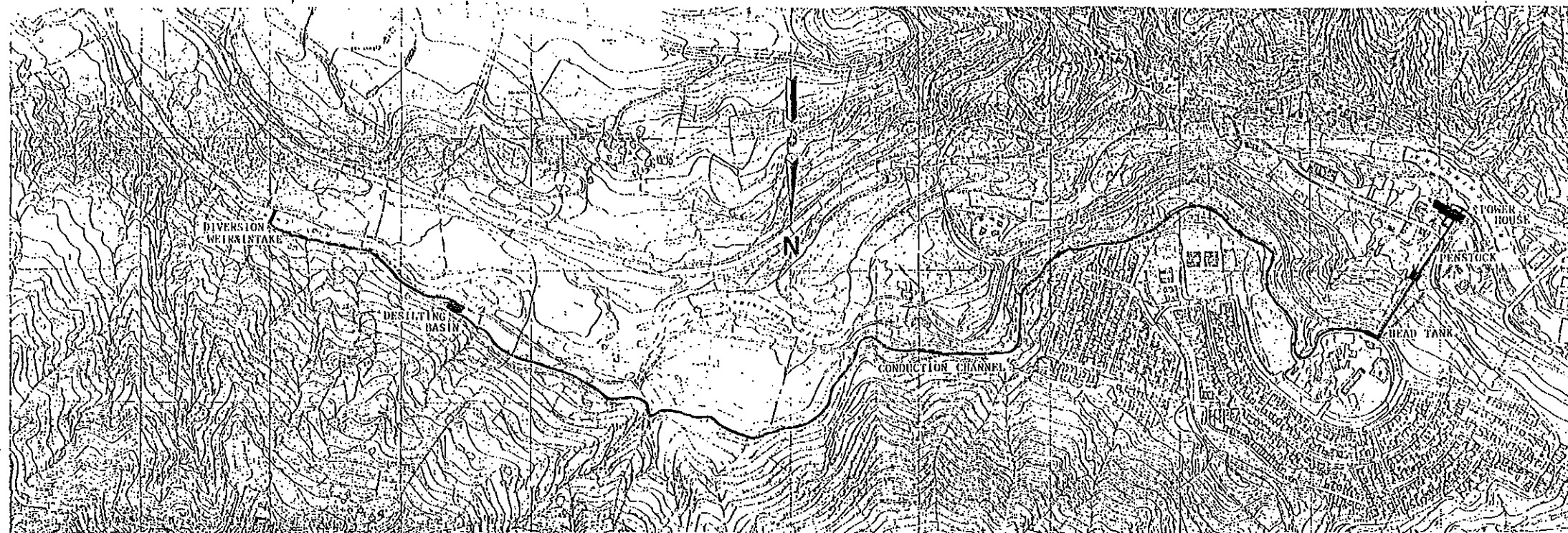
**NOTES**

- MARK ① : BY SURVEY RECORDS  
 ①' : BY SURVEY DRAWINGS.  
 ② : AS BUILT DWG# ND  
 91883, 91884, 91885 & 91886  
 ③ : DERIVED FROM ABOVE  
 DATA BY JICA.

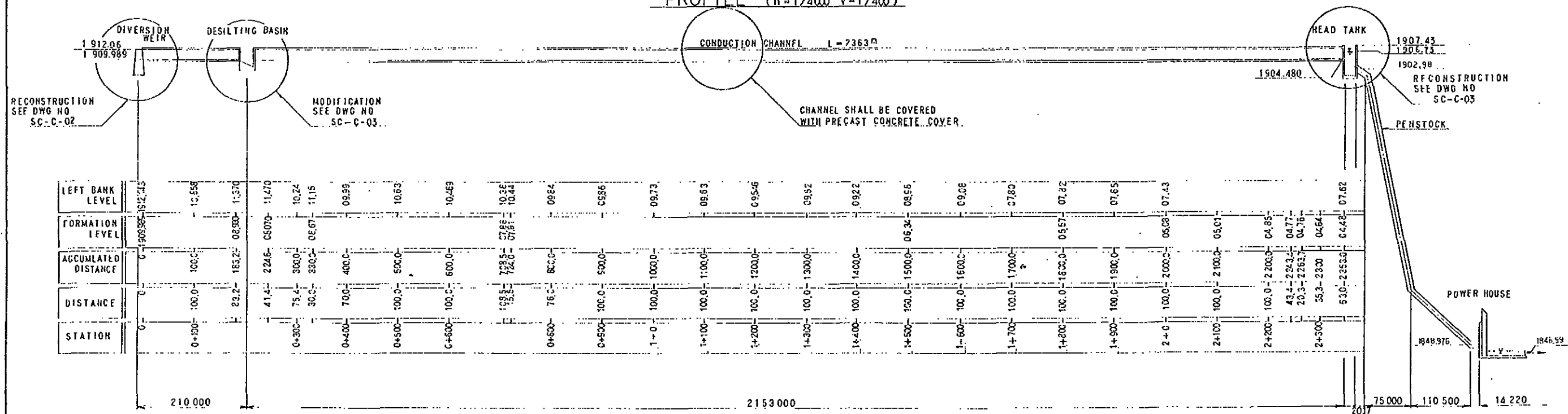
## 圖 面 集

Title	Drawing No.
<u>San Cancio</u>	
General Plan and Profile	SC-C-01
Diversion Weir and Intake	SC-C-02
Desilting Basin and Head Tank	SC-C-03
Powerhouse and Tailrace	SC-C-04
Duration Curves	SC-H-01
Geological Plan	SC-G-01
One Line Diagram	SC-E-01
<u>Intermedia</u>	
General Plan and Profile	IN-C-01
Powerhouse and Tailrace	IN-C-02
Duration Curves	IN-H-01
Geological Plan	IN-G-01
One Line Diagram	IN-E-01
<u>Municipal</u>	
General Plan and Profile	MU-C-01
Diversion Weir and Intake	MU-C-02
Desilting Basin	MU-C-03
Head Tank	MU-C-04
Powerhouse and Tailrace	MU-C-05
Duration Curves	MU-H-01
Geological Plan	MU-G-01
One Line Diagram	MU-E-01

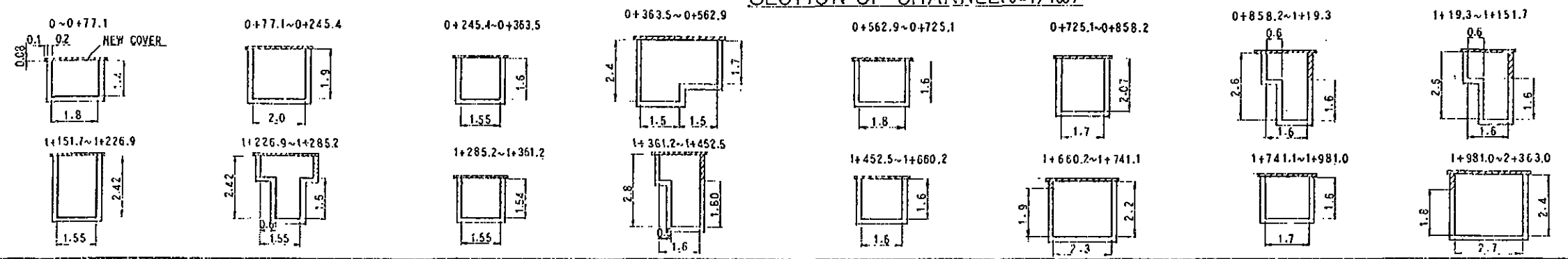
GENERAL PLAN (S = 1/4000)



PROFILE (H=1/4000 V=1/400)



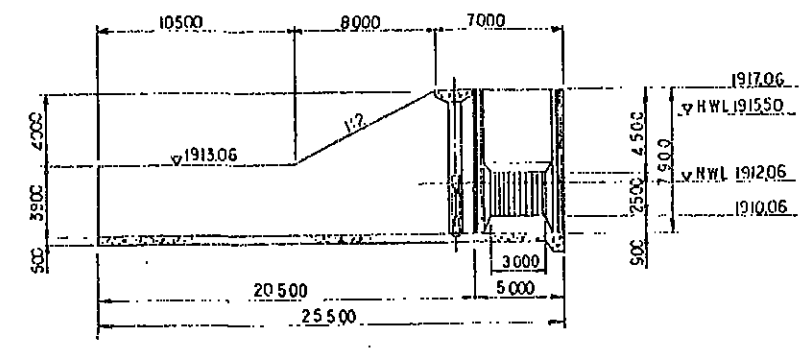
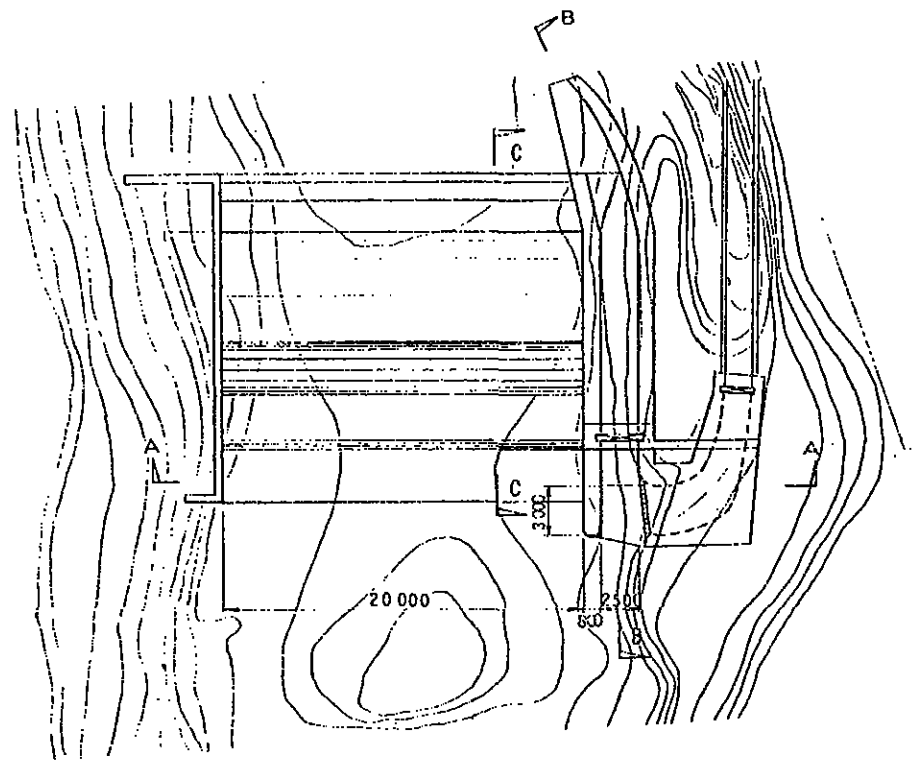
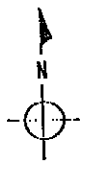
SECTION OF CHANNEL (S=1/100)



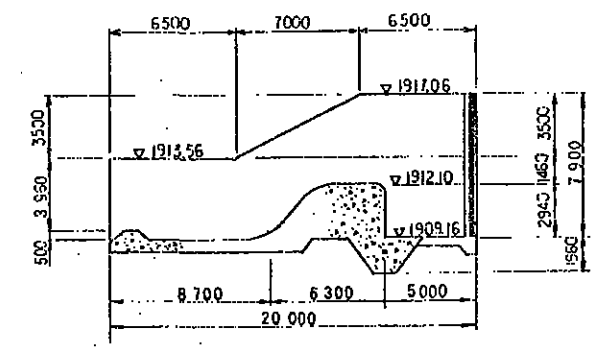
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)	
INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA (ICEL)	
FEASIBILITY STUDY ON SMALL-SCALE POWER PLANTS	
REHABILITATION PROJECT IN THE REPUBLIC OF COLOMBIA	
GENERAL PLAN AND PROFILE	
DRAWING NO.	SC - C - 01
SCALE	1/4000
DATE	

DIVERSION WEIR & INTAKE

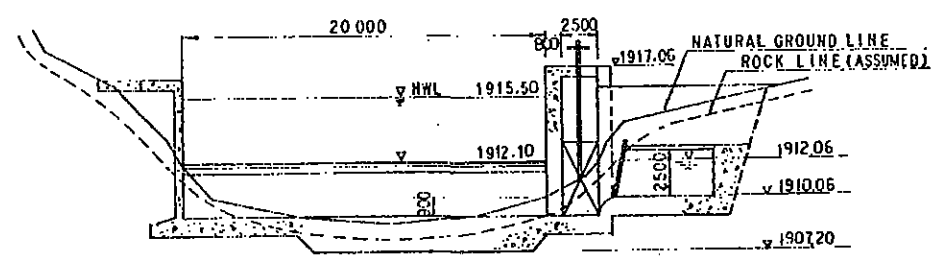
P.L.A.N (S=1/200)



B - B



C - C

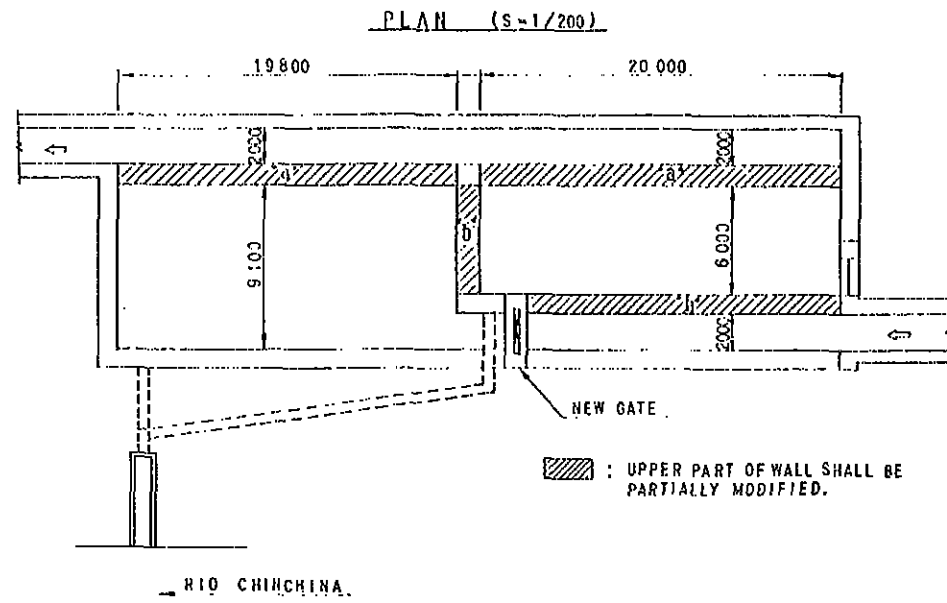


A - A

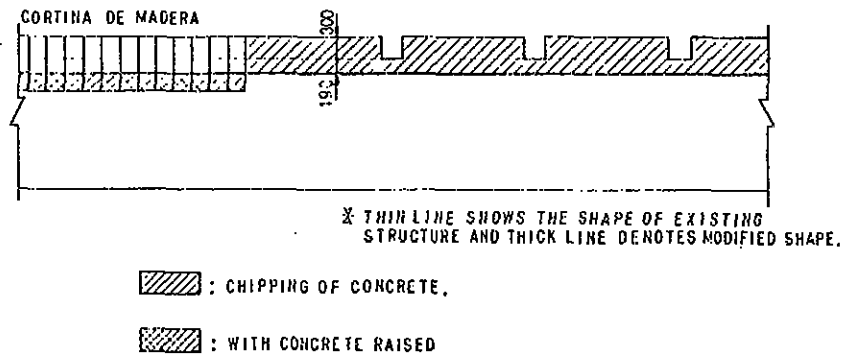
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)			
INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELÉCTRICA (ICE)			
FEASIBILITY STUDY ON SMALL-SCALE POWER PLANTS			
REHABILITATION PROJECT IN THE REPUBLIC OF COLOMBIA			
DIVERSION WEIR AND INTAKE			
DRAWING NO.		SC-C-02	
SCALE	1/200	DATE	

Handwritten initials or mark.

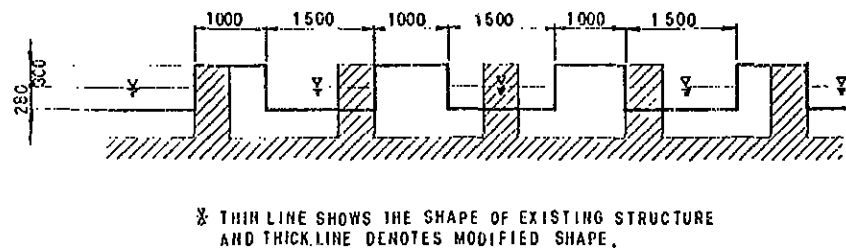
MODIFICATION OF DESILTING BASIN.



DETAIL 'a' (S-1/50)

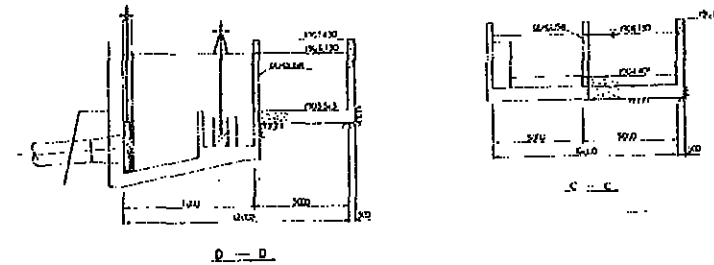
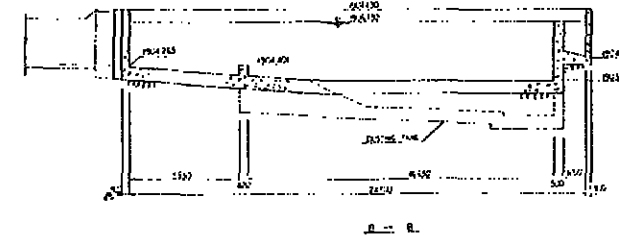
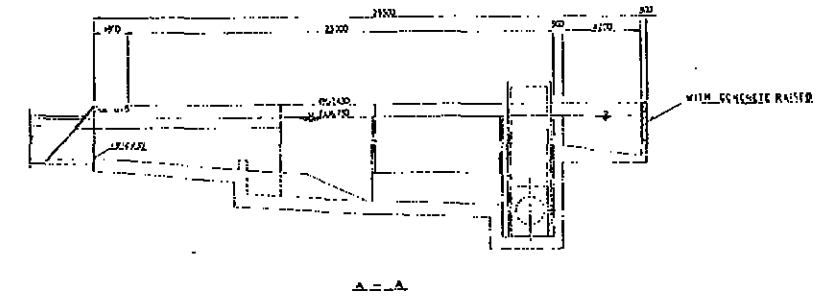
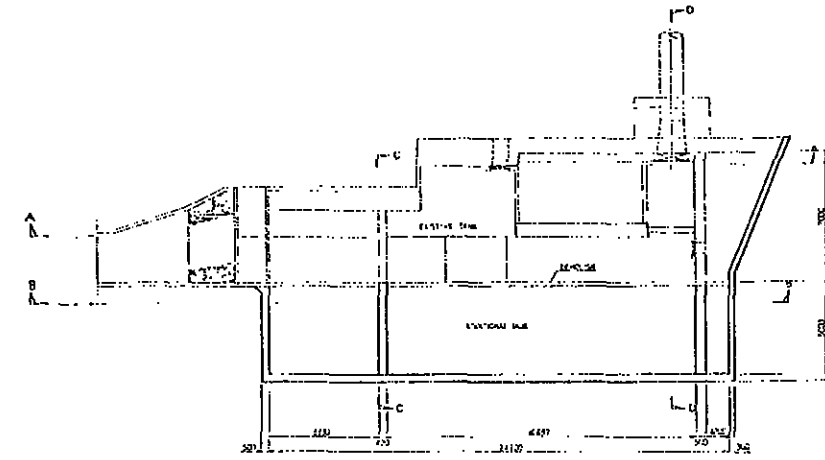


DETAIL 'b' (S-1/50)



RECONSTRUCTION OF HEAD TANK.

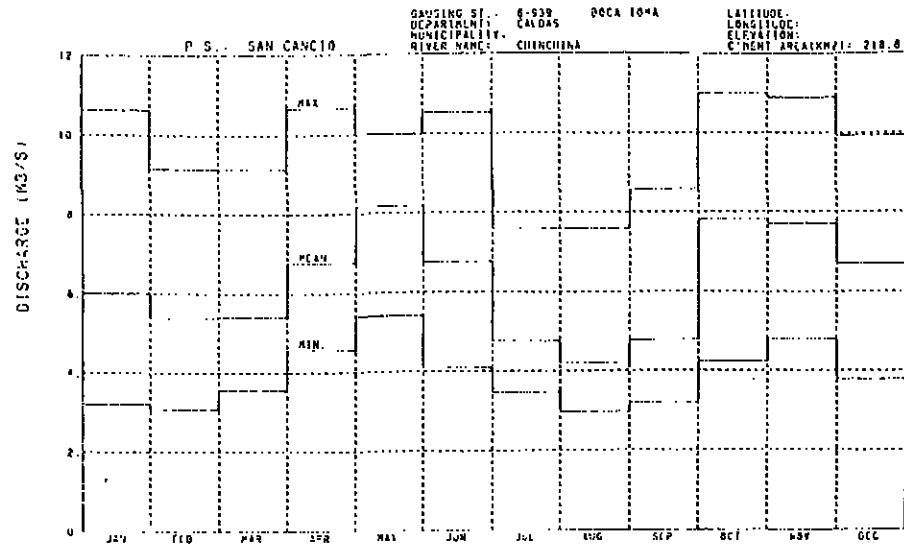
PLAN (S-1/200)



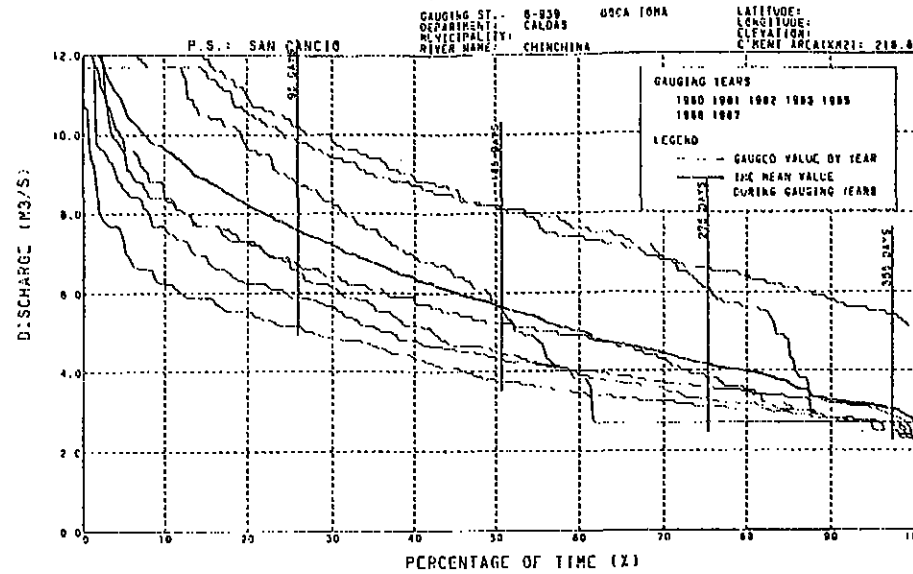
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)			
INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA (ICEL)			
FEASIBILITY STUDY ON SMALL-SCALE POWER PLANTS			
REHABILITATION PROJECT IN THE REPUBLIC OF COLOMBIA			
DESILTING BASIN AND HEAD TANK			
DRAWING NO.		SC - C - 03	
SCALE	1/200	DATE	



(1) MONTHLY MEAN VALUE OF DAILY AVERAGE FLOW AT G.S. SITE



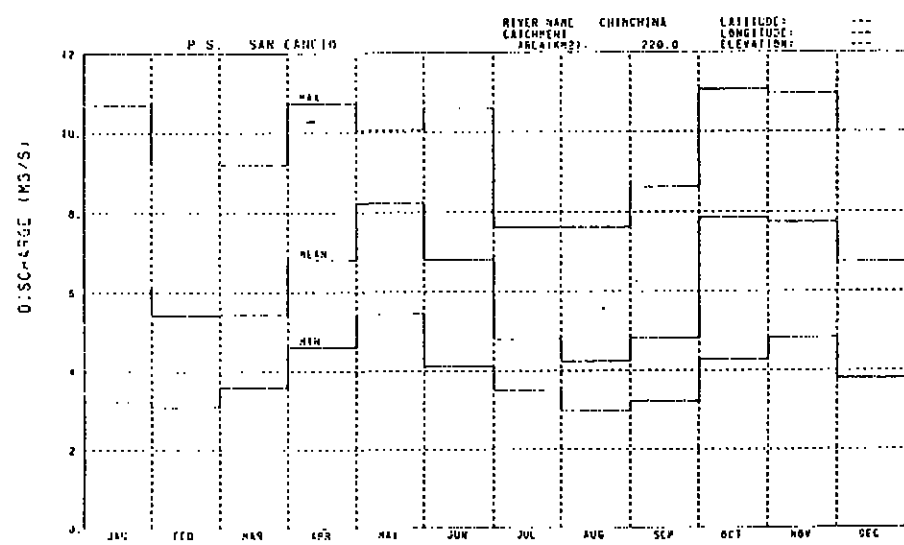
(3) FLOW DURATION CURVE AT GAUGING STATION SITE



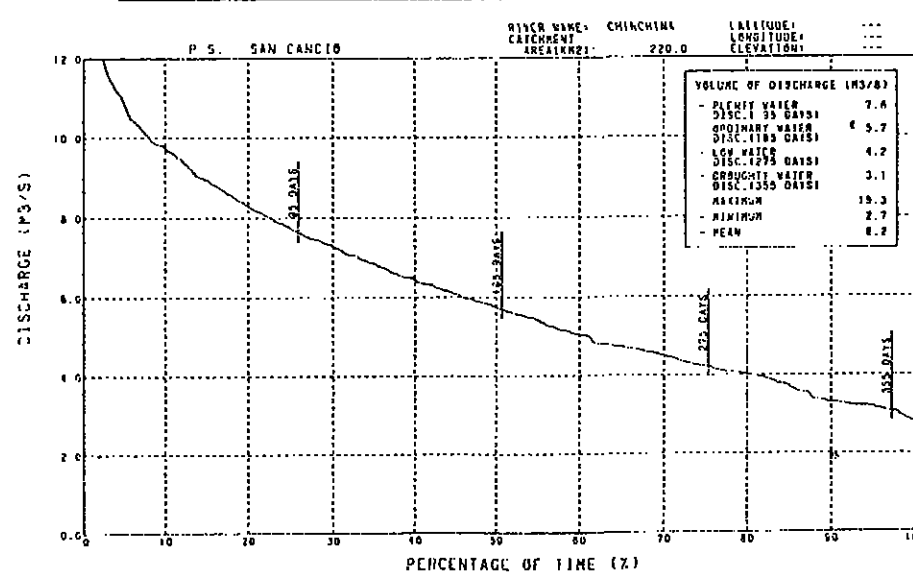
Data of Hydrological Gauging Station

No. of Station	6 - 939
Name of Station	Bocotoma
River	Chinchina
Management	CHEC
Installation Year - Month	---
Coordinates (Deg. - Min.)	---
Latitude	---
Longitude	---
Above Sea Level s.n.m. (m)	---
Long River (km)	---
Catchment Area (km <sup>2</sup> )	---
Water Shed (m)	---
Observation Period	1979 - 1987

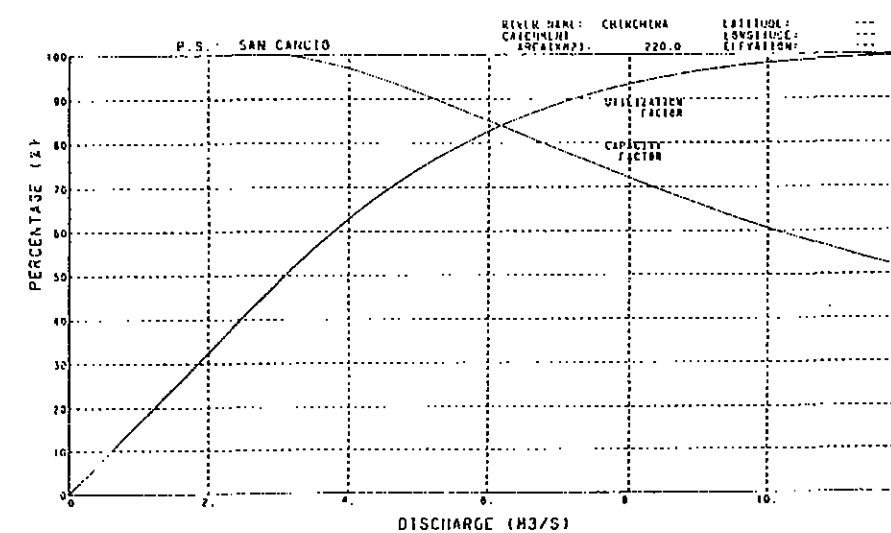
(2) MONTHLY MEAN VALUE OF DAILY AVERAGE FLOW AT INTAKE SITE



(4) TYPICAL FLOW DURATION CURVE AT INTAKE SITE



(5) UTILIZATION & CAPACITY FACTOR



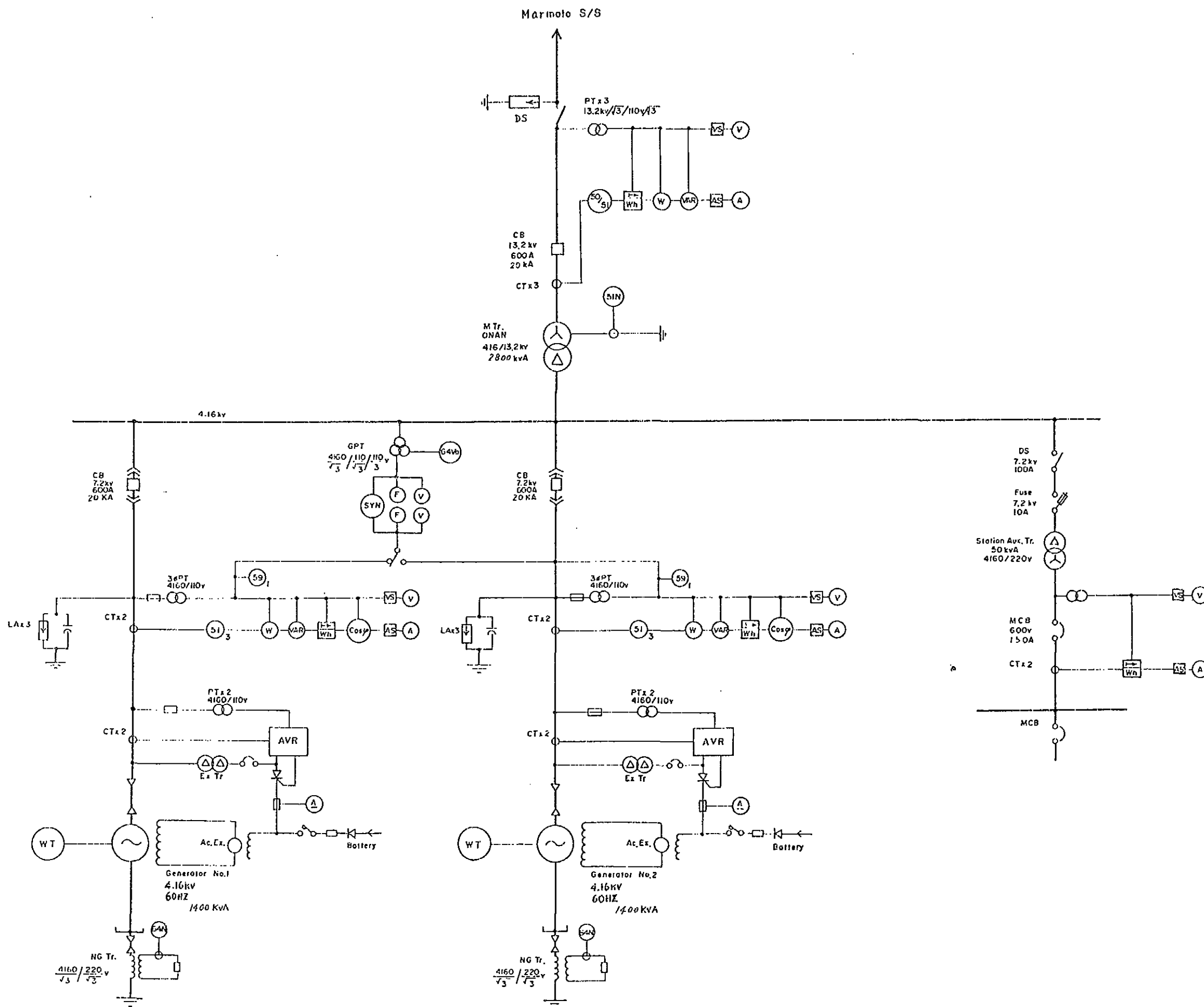
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)  
 INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA (ICEL)  
 FEASIBILITY STUDY ON SMALL-SCALE POWER PLANTS  
 REHABILITATION PROJECT IN THE REPUBLIC OF COLOMBIA

DURATION CURVES

DRAWING NO. SC - H - 01

SCALE DATE





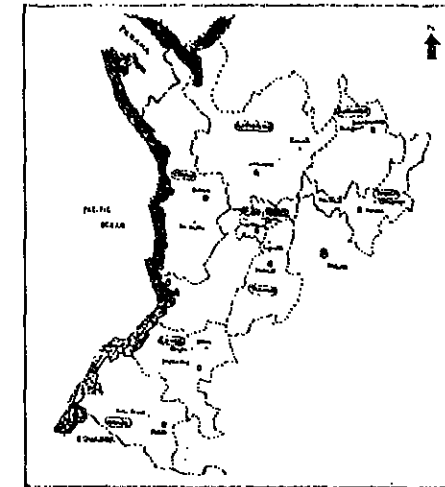
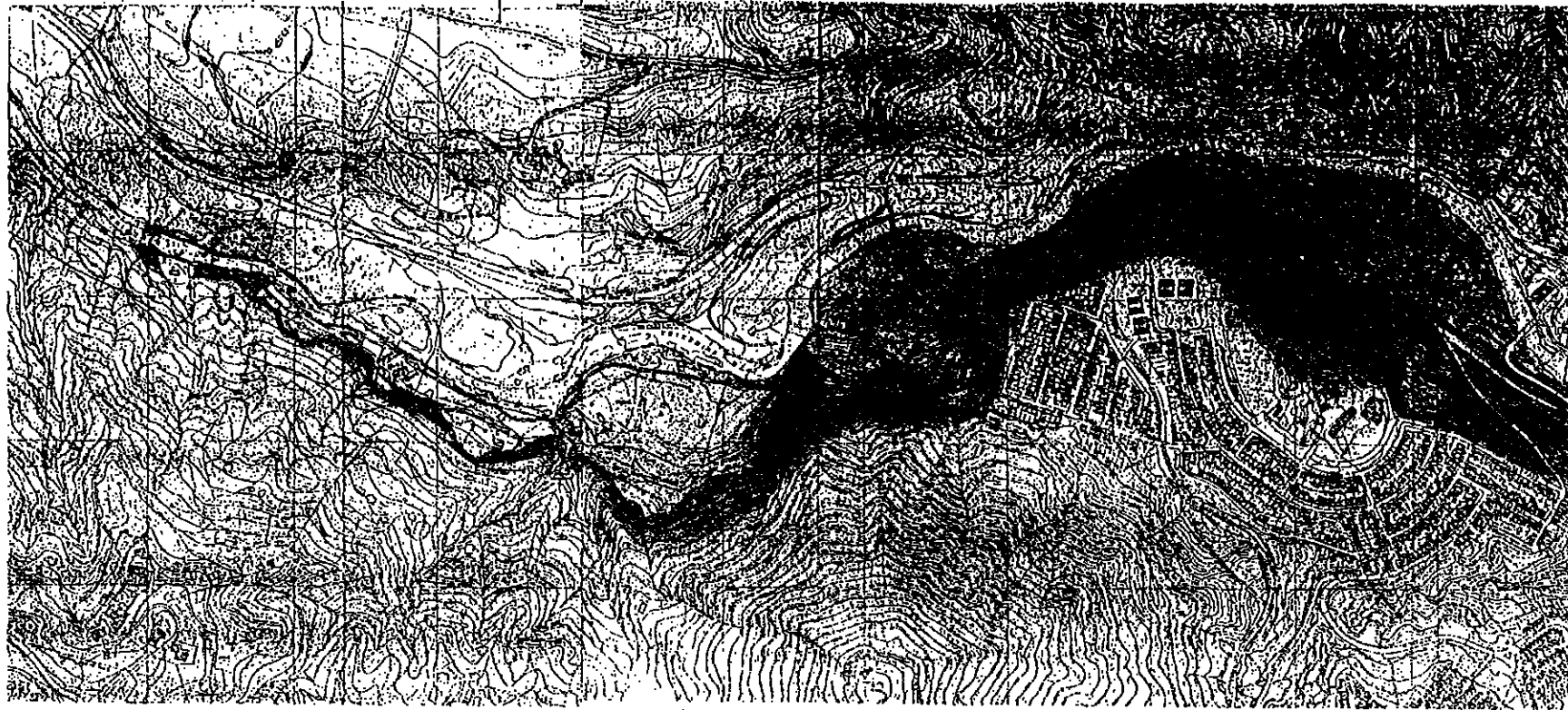
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)  
 INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELÉCTRICA (ICEL)  
 FEASIBILITY STUDY ON SMALL-SCALE POWER PLANTS  
 REHABILITATION PROJECT IN THE REPUBLIC OF COLOMBIA

ONE LINE DIAGRAM  
 San Cancio

DRAWING NO. SC-E-01

SCALE --- DATE

①



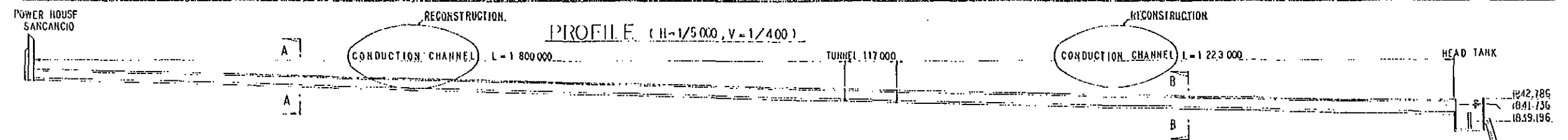
### LEGEND

-  River bed deposits
-  Talus deposits
-  Terrace deposits
-  Old debris flow deposits
-  Andesite lava
-  Crystalline schist
-  Geological boundary
-  Collapse

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)  
 INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA (ICEL)  
 FEASIBILITY STUDY ON SMALL-SCALE POWER PLANTS  
 REHABILITATION PROJECT IN THE REPUBLIC OF COLOMBIA

### Geological Plan San Caucho

DRAWING NO.	SC-G-01
SCALE	1/9,300
DATE	

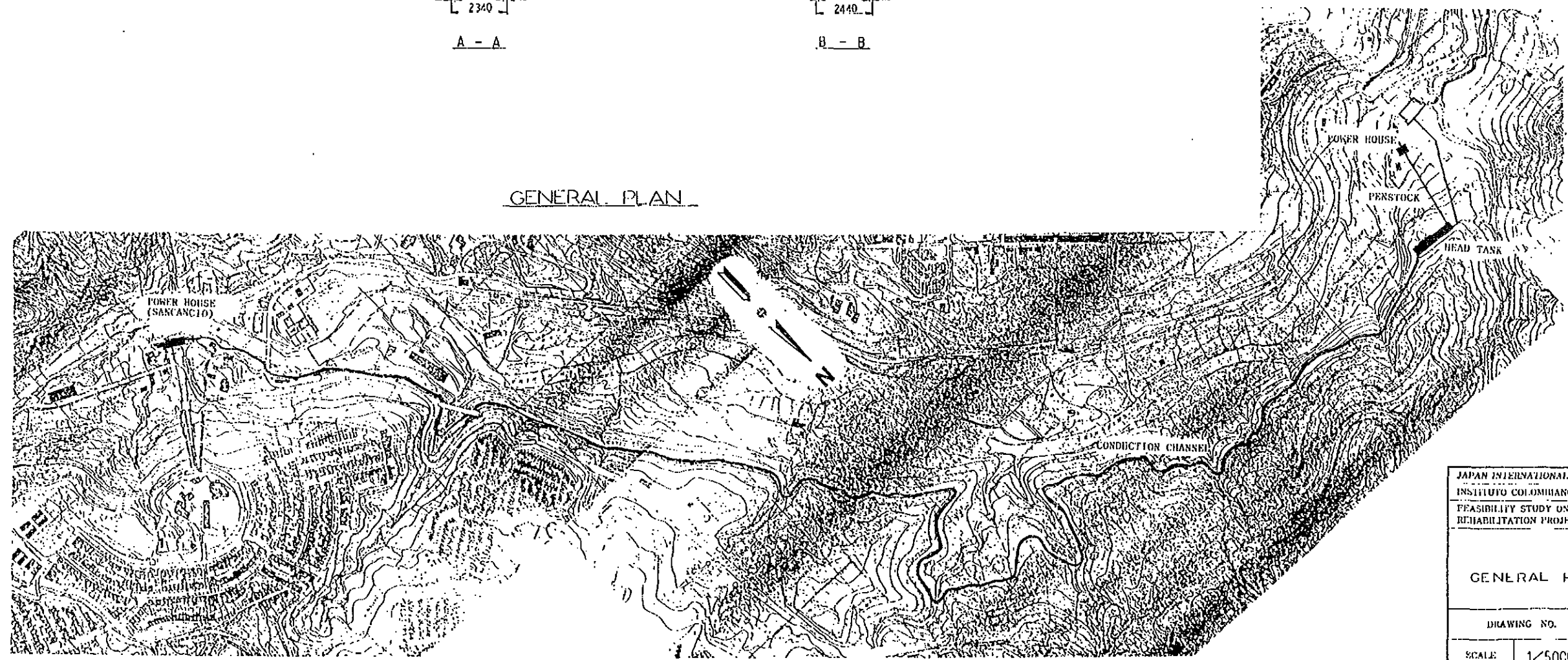


STATION	DISTANCE	ACCUMULATED DISTANCE	FORMATION LEVEL	LEFT BANK LEVEL
0+00	0	0	1845.29	1843.21
0+100	80.0	80.0	1845.67	1843.59
0+200	165.5	165.5	1845.73	1843.65
0+300	240.0	240.0	1845.72	1843.64
0+400	310.0	310.0	1845.73	1843.65
0+500	380.0	380.0	1845.73	1843.65
0+600	450.0	450.0	1845.73	1843.65
0+700	520.0	520.0	1845.73	1843.65
0+800	590.0	590.0	1845.73	1843.65
0+900	660.0	660.0	1845.73	1843.65
1+000	730.0	730.0	1845.73	1843.65
1+100	800.0	800.0	1845.73	1843.65
1+200	870.0	870.0	1845.73	1843.65
1+300	940.0	940.0	1845.73	1843.65
1+400	1010.0	1010.0	1845.73	1843.65
1+500	1080.0	1080.0	1845.73	1843.65
1+600	1150.0	1150.0	1845.73	1843.65
1+700	1220.0	1220.0	1845.73	1843.65
1+800	1290.0	1290.0	1845.73	1843.65
1+900	1360.0	1360.0	1845.73	1843.65
2+000	1430.0	1430.0	1845.73	1843.65
2+100	1500.0	1500.0	1845.73	1843.65
2+200	1570.0	1570.0	1845.73	1843.65
2+300	1640.0	1640.0	1845.73	1843.65
2+400	1710.0	1710.0	1845.73	1843.65
2+500	1780.0	1780.0	1845.73	1843.65
2+600	1850.0	1850.0	1845.73	1843.65
2+700	1920.0	1920.0	1845.73	1843.65
2+800	1990.0	1990.0	1845.73	1843.65
2+900	2060.0	2060.0	1845.73	1843.65
3+000	2130.0	2130.0	1845.73	1843.65
3+100	2200.0	2200.0	1845.73	1843.65

SECTION OF CHANNEL (S=1/100)  
(NEW CONDUCTION CHANNEL)



GENERAL PLAN

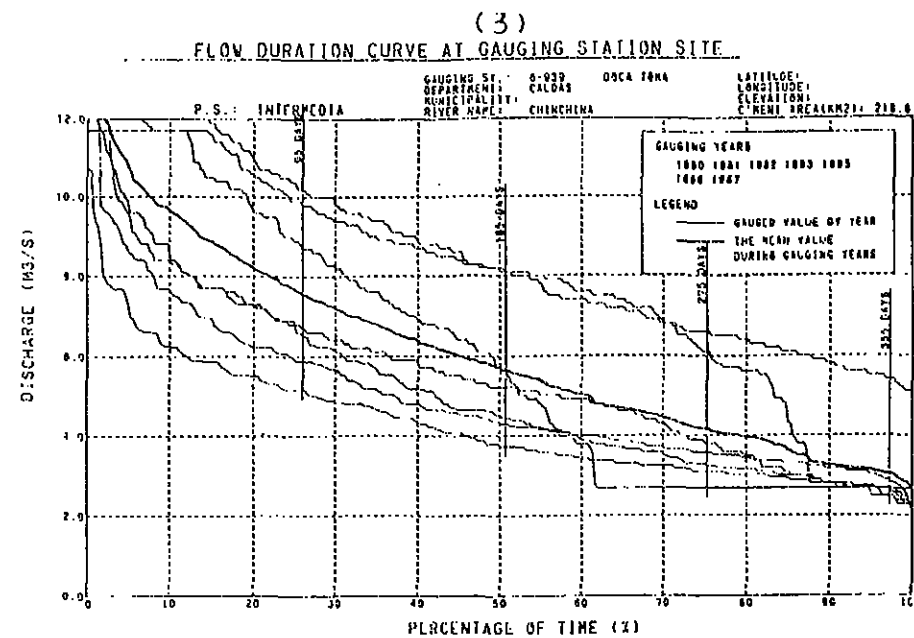
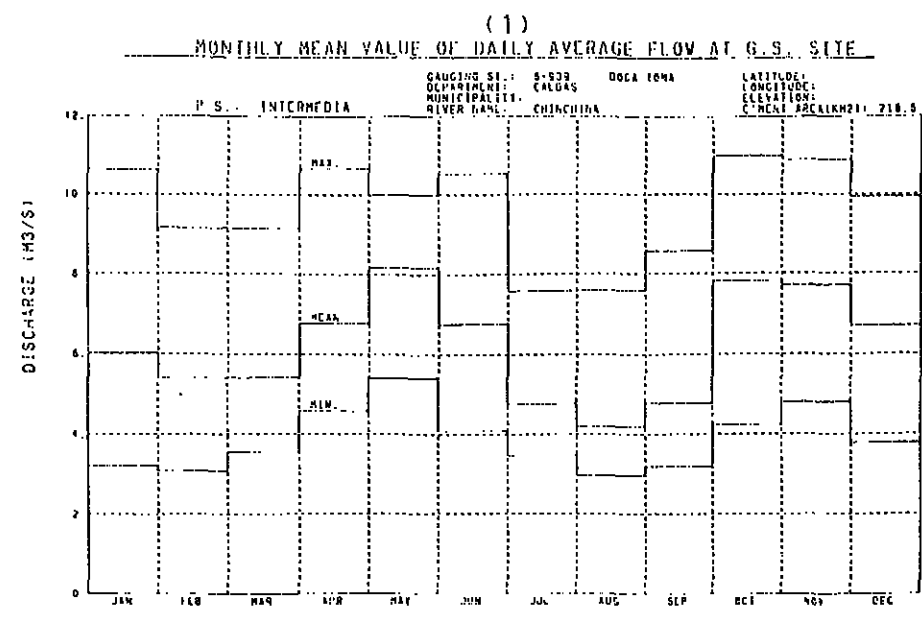


JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)  
 INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELÉCTRICA (ICE)  
 FEASIBILITY STUDY ON SMALL SCALE POWER PLANTS  
 REHABILITATION PROJECT IN THE REPUBLIC OF COLOMBIA

GENERAL PLAN AND PROFILE

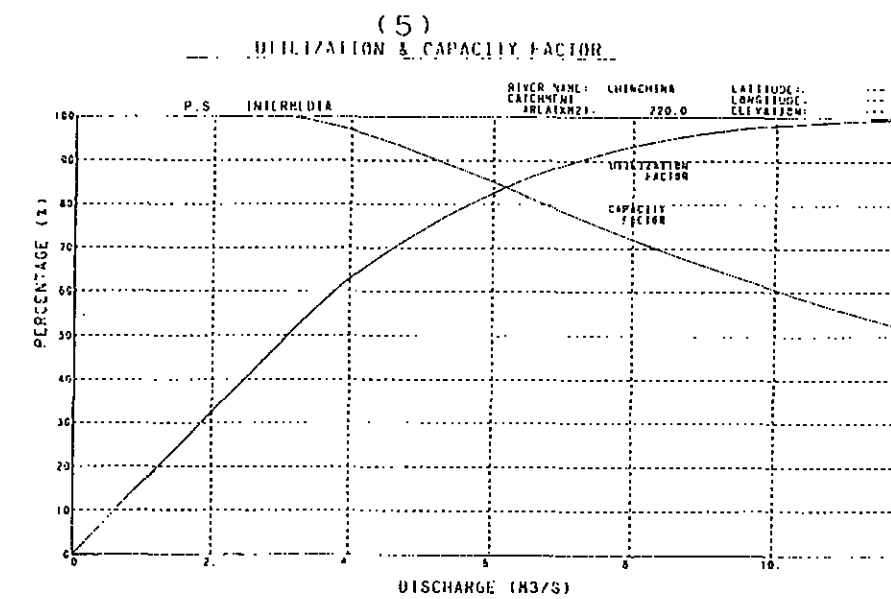
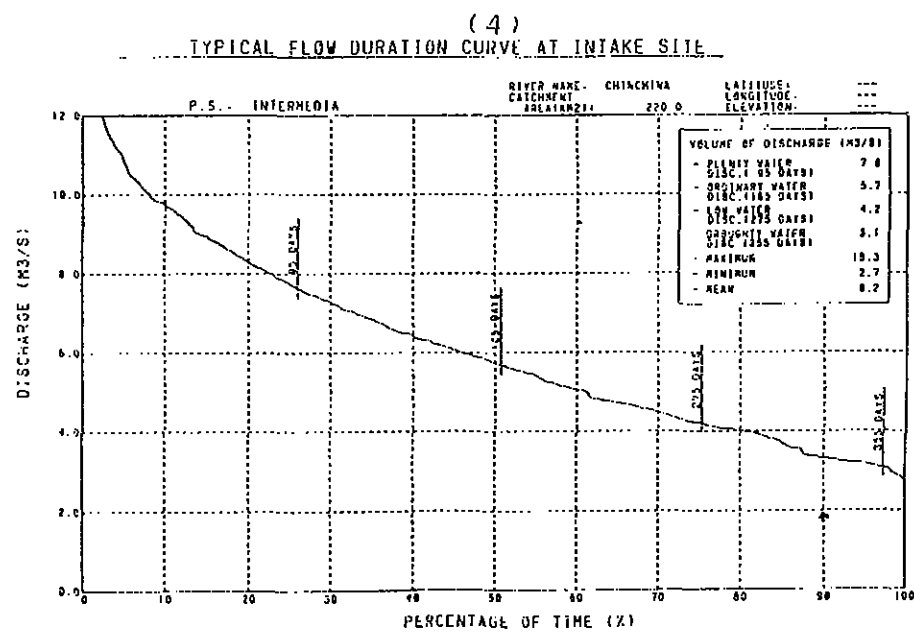
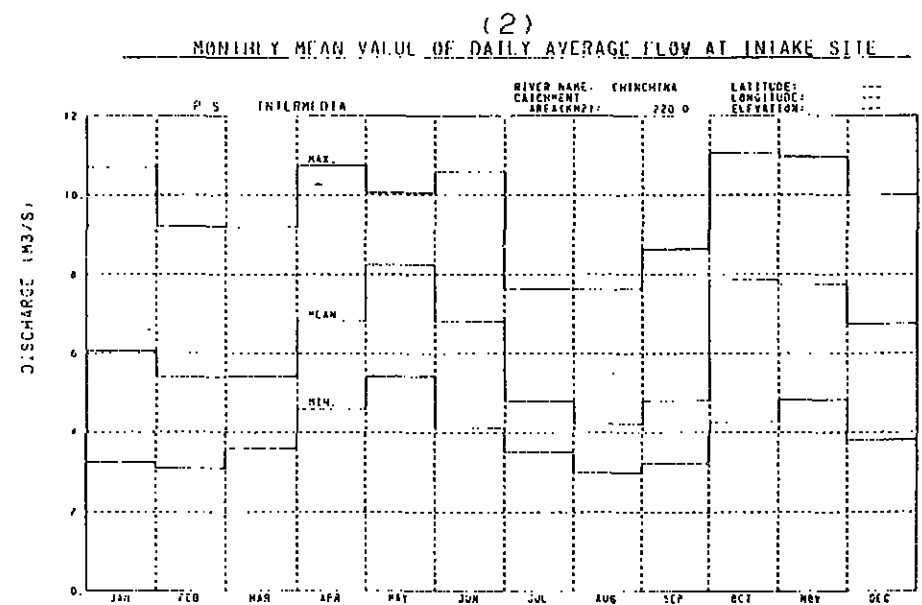
DRAWING NO.	IN-C-01
SCALE	1/5000
DATE	





Data of Hydrological Gauging Station

No. of Station	6 - 939
Name of Station	Bocatoma
River	Chinchina
Management	CHEC
Installation Year - Month	---
Coordinates (Deg. - Min.)	---
Latitude	---
Longitude	---
Above Sea Level s.n.m. (m)	---
Long River (km)	---
Catchment Area (km <sup>2</sup> )	---
Water Shed (m)	---
Observation Period	1979 - 1987

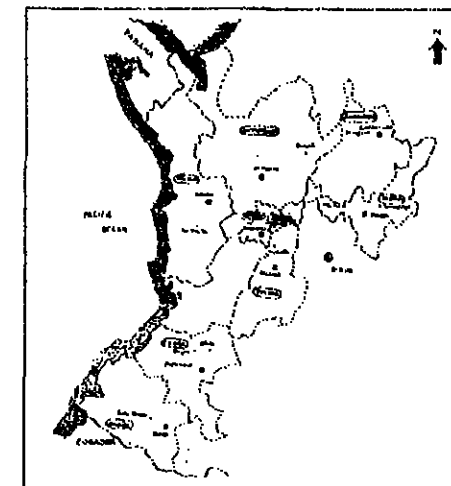
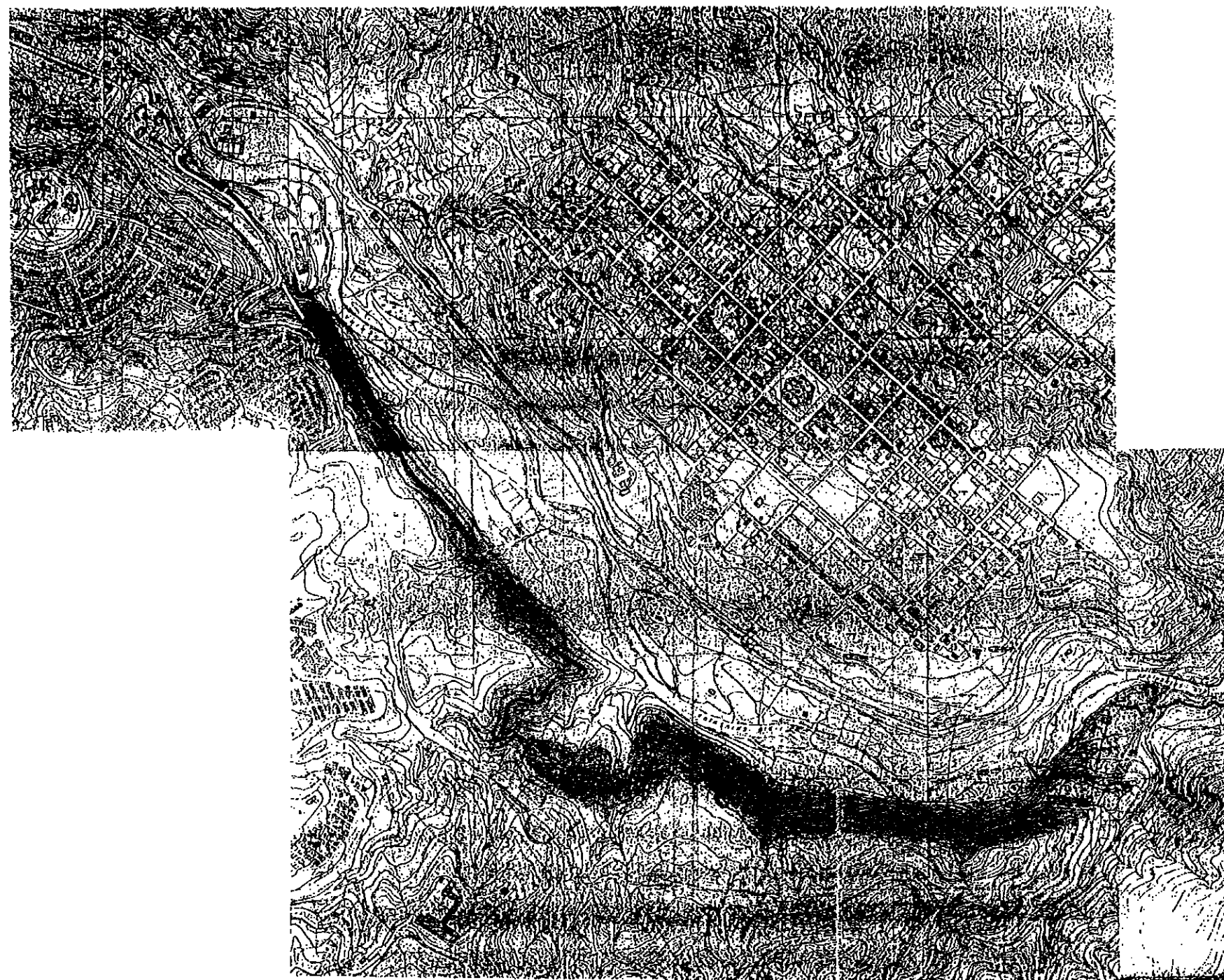


JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)  
INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELÉCTRICA (ICEL)  
FEASIBILITY STUDY ON SMALL-SCALE POWER PLANTS  
REHABILITATION PROJECT IN THE REPUBLIC OF COLOMBIA








DURATION CURVES

DRAWING NO. IN - H - 01

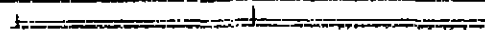
SCALE: --- DATE: ---

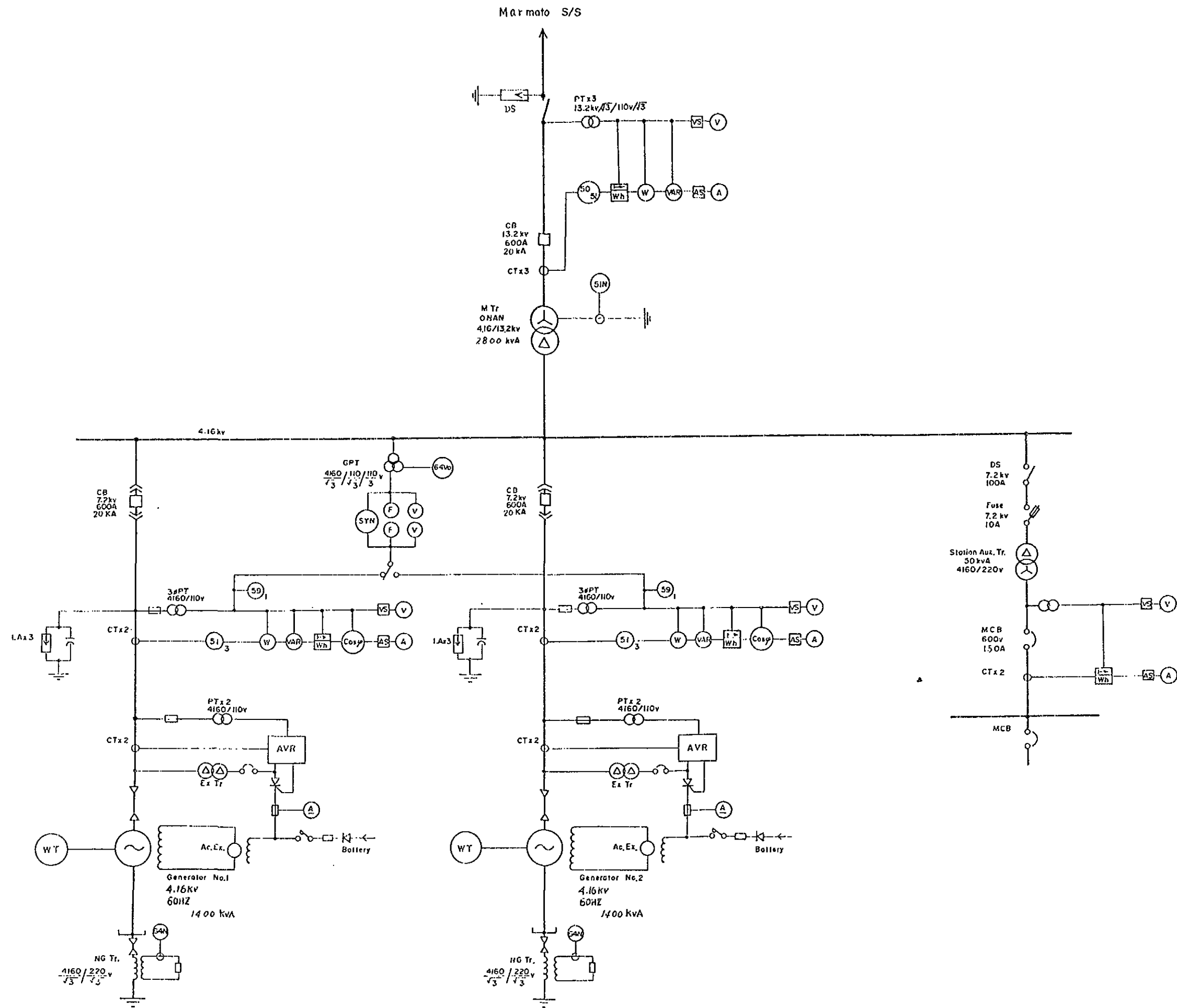


### LEGEND

-  River bed deposits
-  Detritus
-  Talus deposits
-  Terrace deposits
-  Old debris flow deposits
-  Geological boundary
-  Collapse

<small>JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)          INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELÉCTRICA (ICÉJ)          FEASIBILITY STUDY ON SMALL-SCALE POWER PLANTS          REHABILITATION PROJECT IN THE REPUBLIC OF COLOMBIA</small>			
<b>Geological Plan</b> <b>Intermedia</b>			
DRAWING NO		IN-G-01	
SCALE	1/9,300	DATE	

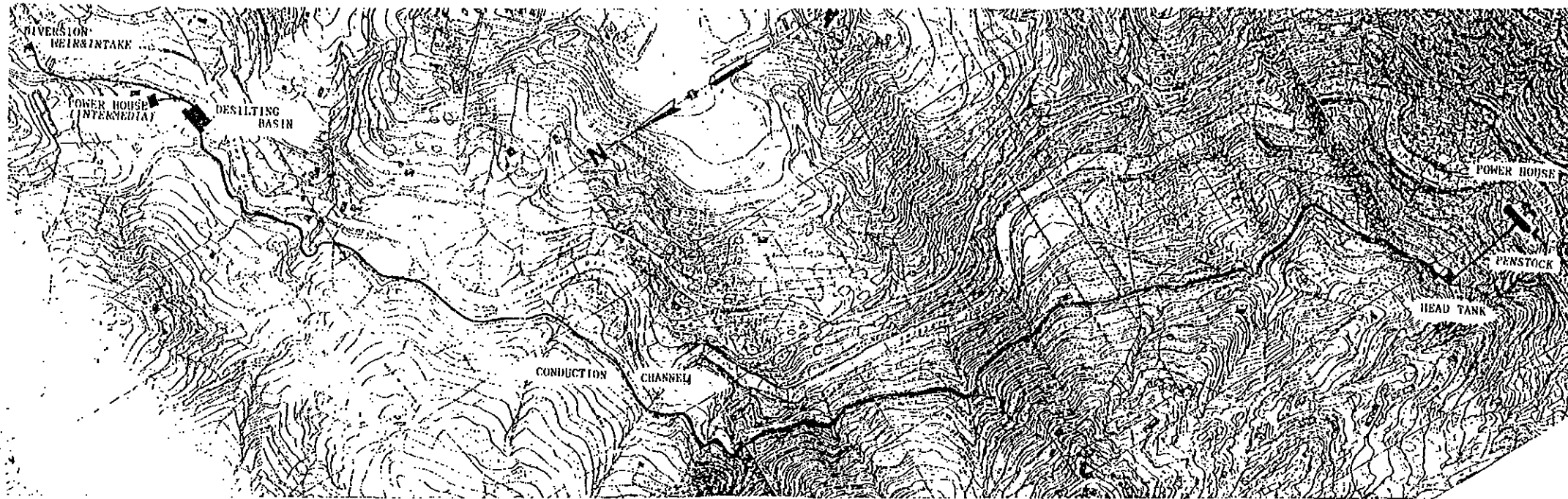




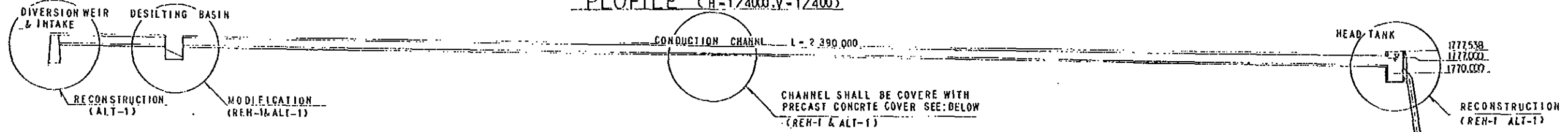
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)			
INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA (ICRE) S.A.			
FEASIBILITY STUDY ON SMALL-SCALE POWER PLANTS			
REHABILITATION PROJECT IN THE REPUBLIC OF COLOMBIA			
ONE LINE DIAGRAM			
<i>Intermedia</i>			
DRAWING NO.		IN-E-01	
SCALE	---	DATE	



GENERAL PLAN (S=1/4000)

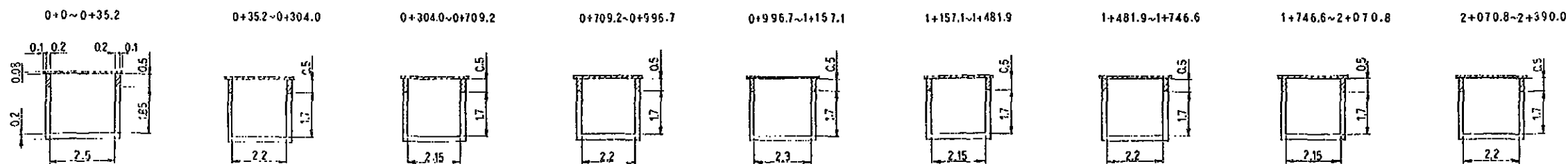


PROFILE (H=1/4000, V=1/400)



LEFT BANK LEVEL	1778.56	1780.20	1780.01	1779.80	1779.60	1779.79	1779.22	1779.19	1779.06	1778.94	1778.82	1778.59	1778.79	1778.38	1778.24	1778.05	1777.95	1777.89	1777.69	1777.55	1777.45	1777.26	1775.99	1776.72		
FORMATION LEVEL	1778.56	1780.20	1780.01	1779.80	1779.60	1779.79	1779.22	1779.19	1779.06	1778.94	1778.82	1778.59	1778.79	1778.38	1778.24	1778.05	1777.95	1777.89	1777.69	1777.55	1777.45	1777.26	1775.99	1776.72		
ACCUMULATED DISTANCE	0	100.0	200.0	260.0	300.0	400.0	500.0	600.0	700.0	800.0	900.0	1000.0	1100.0	1200.0	1300.0	1400.0	1500.0	1600.0	1700.0	1800.0	1900.0	2000.0	2100.0	2200.0	2300.0	2390.0
DISTANCE	0	100.0	100.0	60.0	40.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	90.0	
STATION	0+0	0+100	0+200	0+300	0+400	0+500	0+600	0+700	0+800	0+900	1+000	1+100	1+200	1+300	1+400	1+500	1+600	1+700	1+800	1+900	2+000	2+100	2+200	2+300	2+390	

SECTION OF CHANNEL (S=1/100)



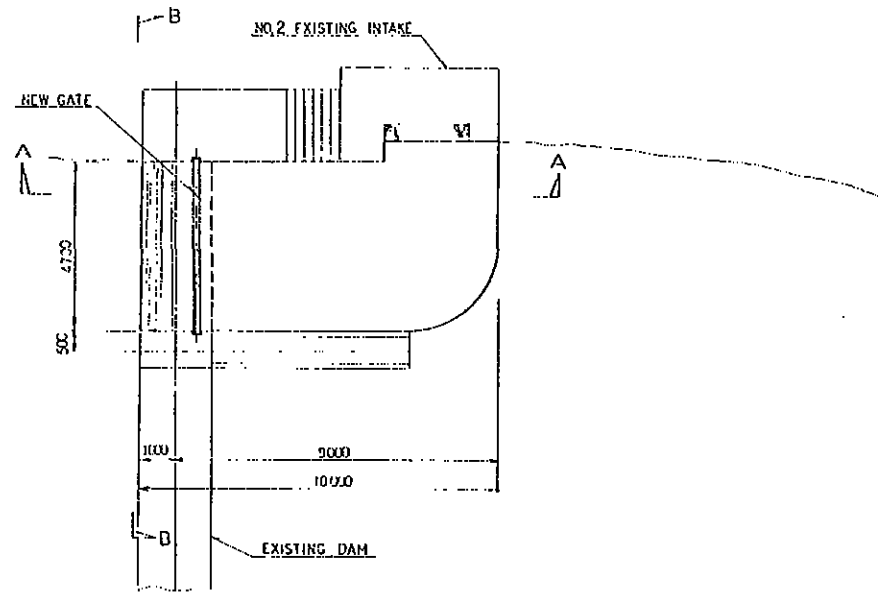
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)  
 INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELÉCTRICA (ICEL)  
 FEASIBILITY STUDY ON SMALL-SCALE POWER PLANTS  
 REHABILITATION PROJECT IN THE REPUBLIC OF COLOMBIA

GENERAL PLAN AND PROFILE (ALT-2)

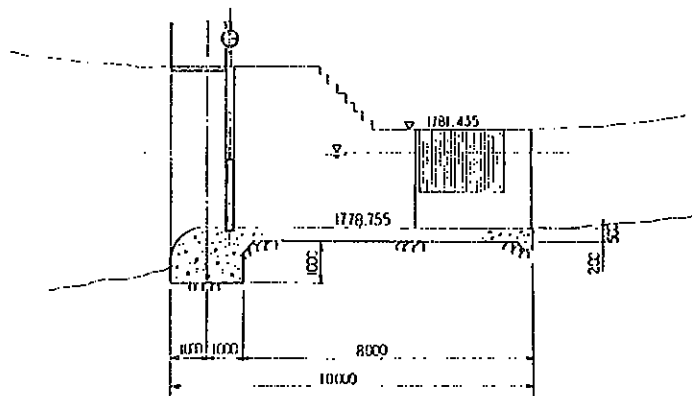
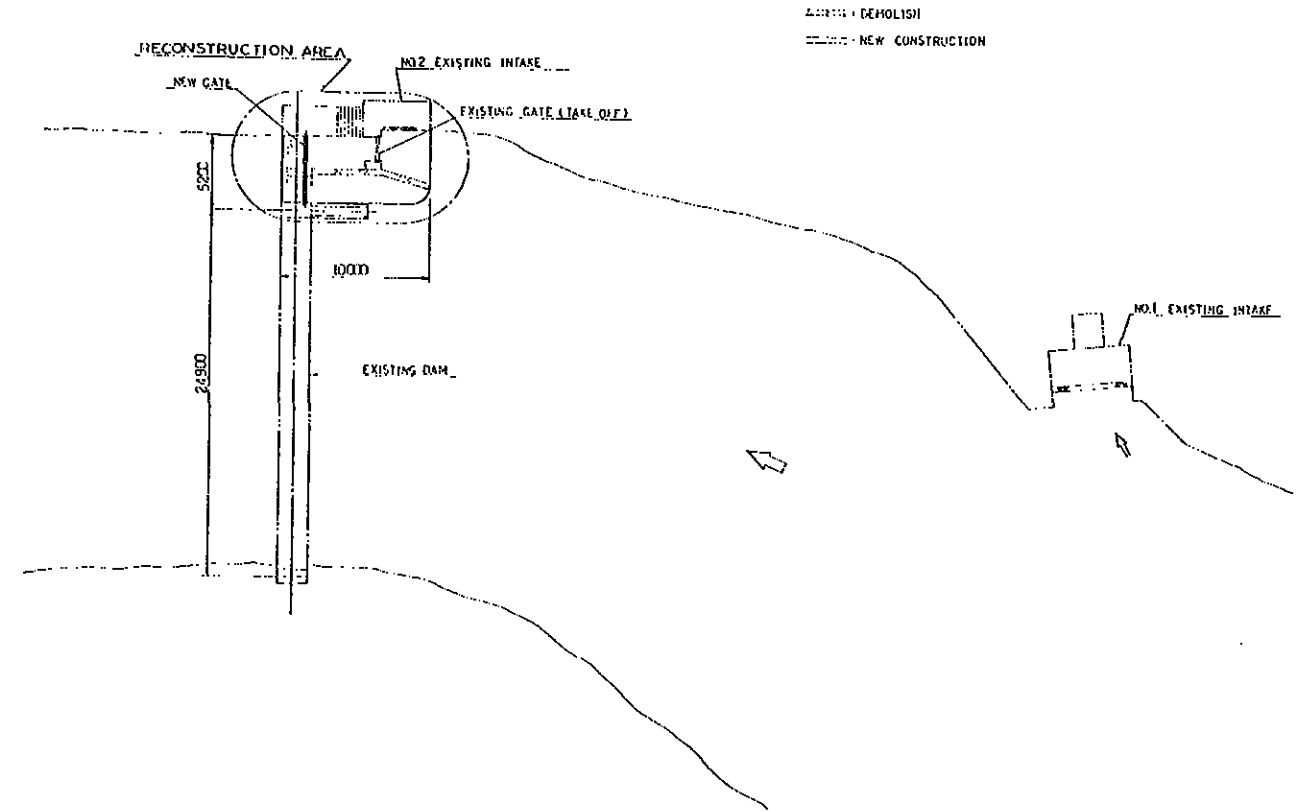
DRAWING NO.		MU-C-01	
SCALE	1/4000	DATE	



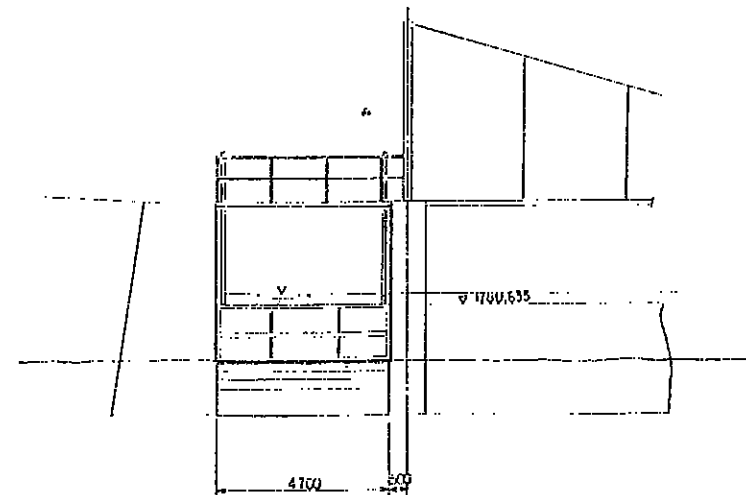
### DIVERSION WEIR & INTAKE PLAN (S=1/100)



### LOCATION OF RECONSTRUCTION AREA (S=1/250)



A - A



B - B

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)  
 INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELÉCTRICA (ICEL)  
 FEASIBILITY STUDY ON SMALL-SCALE POWER PLANTS  
 REHABILITATION PROJECT IN THE REPUBLIC OF COLOMBIA

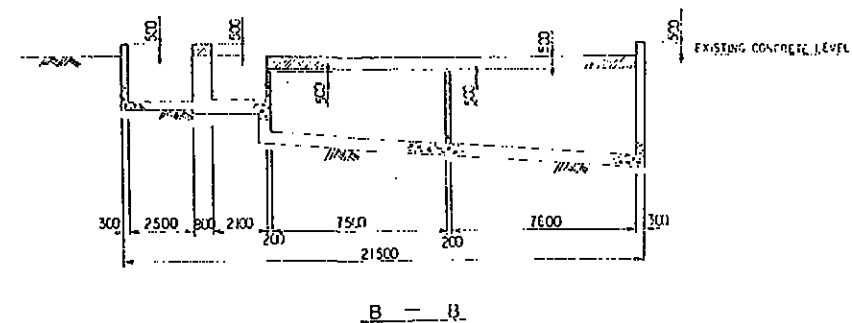
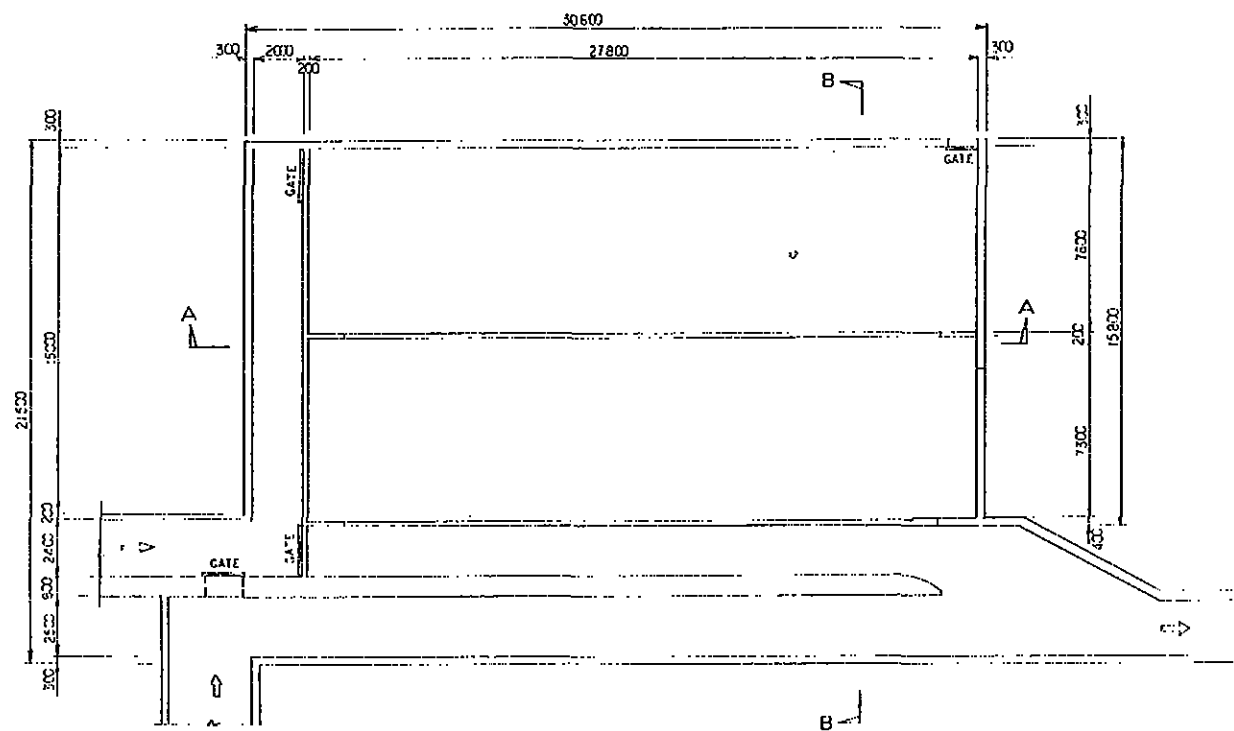
### DIVERSION WEIR AND INTAKE (ALT-2)

DRAWING NO.	MU-C-02
-------------	---------

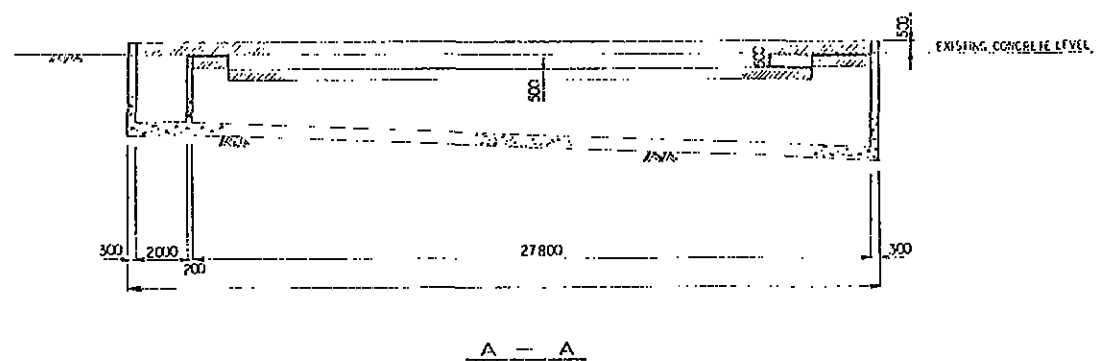
SCALE	1/100	DATE	
-------	-------	------	--

20/12

DESILTING BASIN  
PLAN (S=1/150)



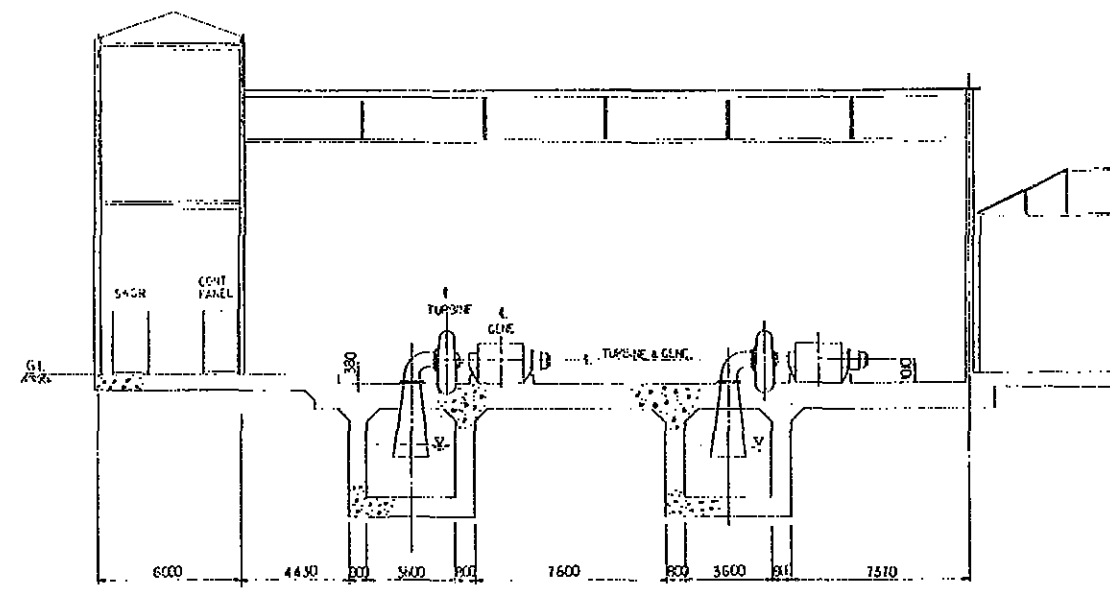
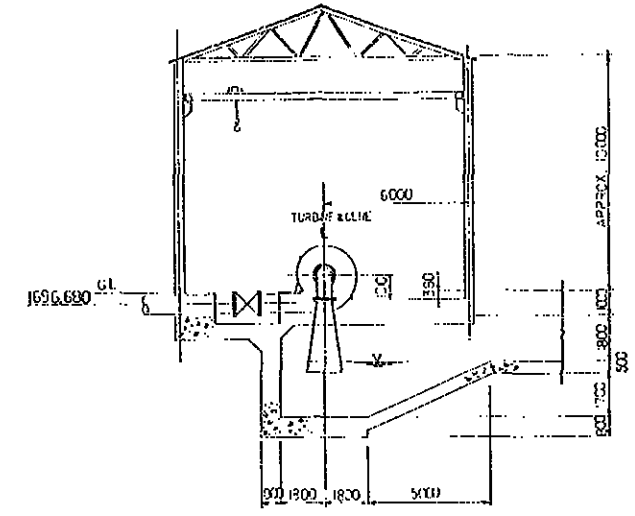
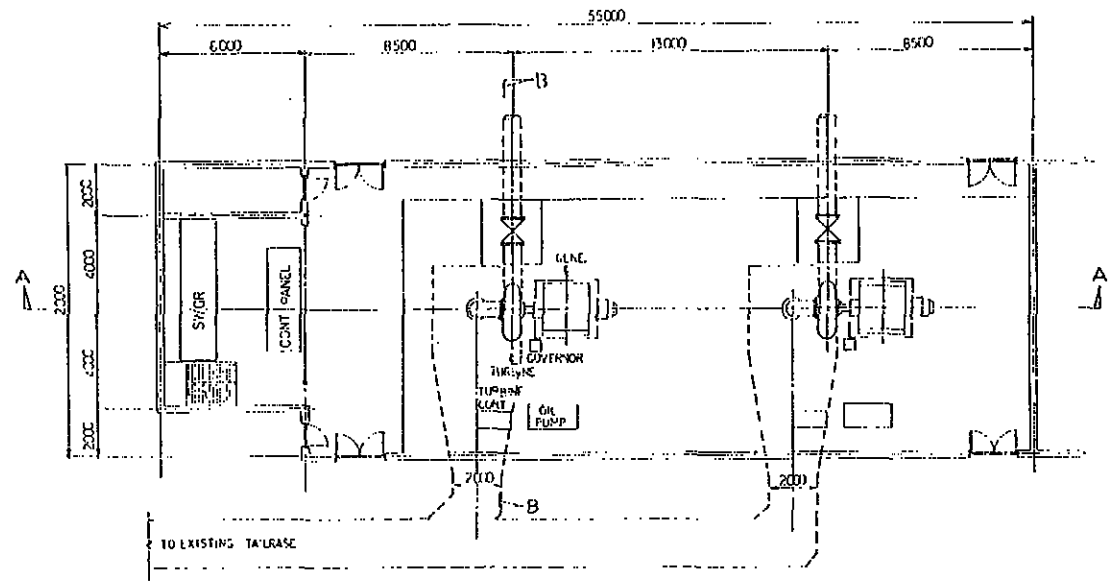
WITH CONCRETE RAISED



JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)			
INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA (ICE)			
FEASIBILITY STUDY ON SMALL-SCALE POWER PLANTS REHABILITATION PROJECT IN THE REPUBLIC OF COLOMBIA			
DESILTING BASIN (ALT-2)			
DRAWING NO.		MU-C-03	
SCALE	1/150	DATE	



# POWERHOUSE & TAIL RACE PLAN (S-1/150)



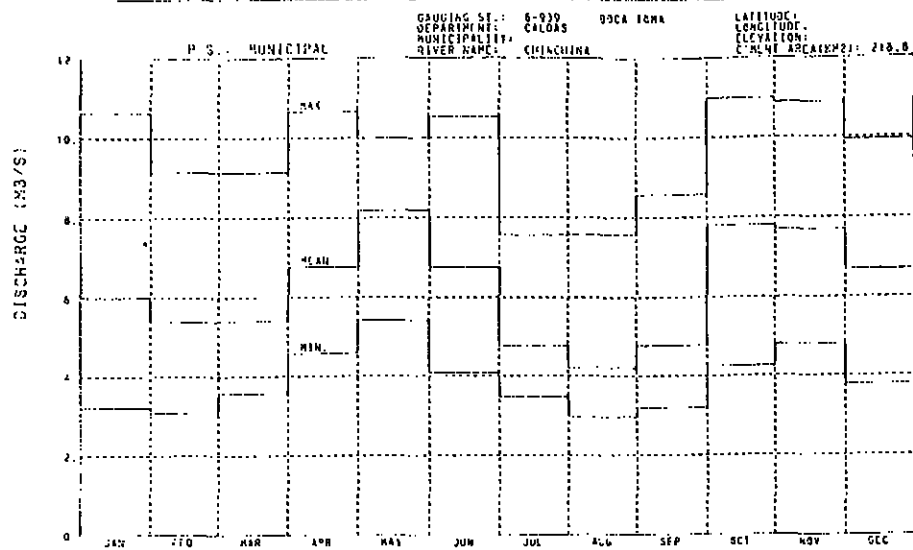
A - A

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)			
INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA (ICEL)			
FEASIBILITY STUDY ON SMALL-SCALE POWER PLANTS REHABILITATION PROJECT IN THE REPUBLIC OF COLOMBIA			
POWERHOUSE AND TAILRACE (ALT-2)			
DRAWING NO.		MU - C - 05	
SCALE	1/150	DATE	

5/2/81

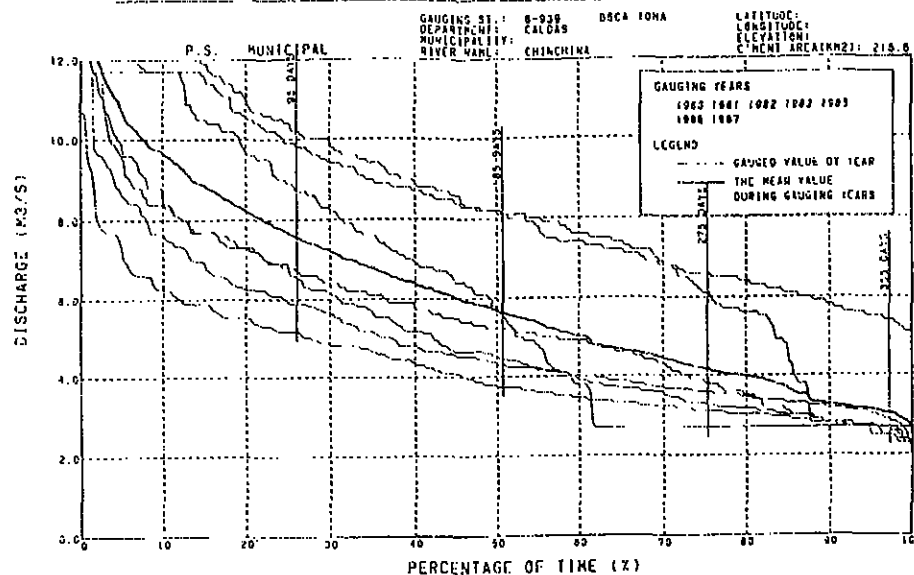
(1)

MONTHLY MEAN VALUE OF DAILY AVERAGE FLOW AT G.S. SITE



(3)

FLOW DURATION CURVE AT GAUGING STATION SITE

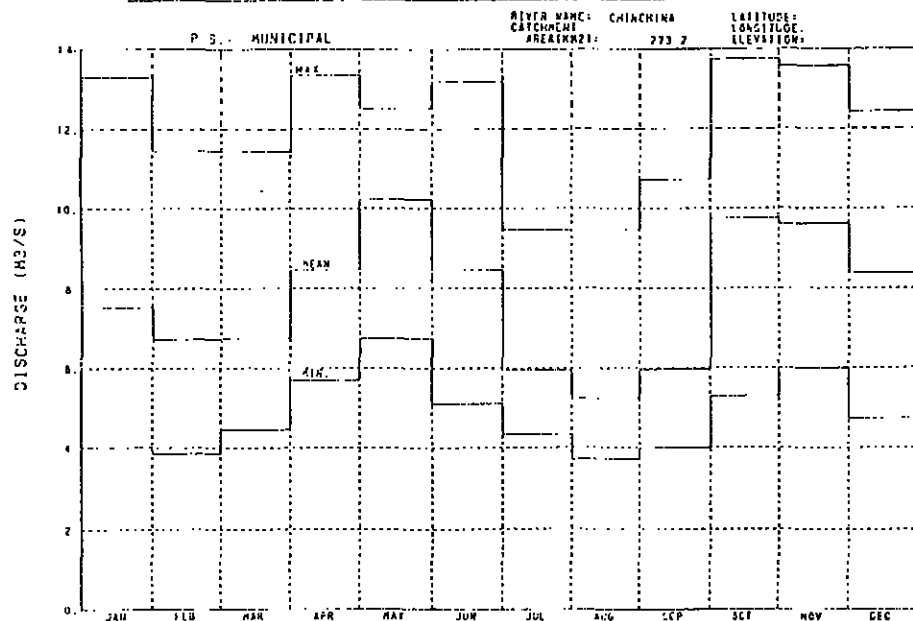


Data of Hydrological Gauging Station

No. of Station	6-939
Name of Station	Bocatorma
River	Chinchina
Management	CHEC
Installation Year - Month	
Coordinates (Deg. - Min.)	
Latitude	
Longitude	
Above Sea Level s.n.m. (m)	
Long River (km)	
Catchment Area (km²)	
Water Shed (m)	
Observation Period	1979 - 1987

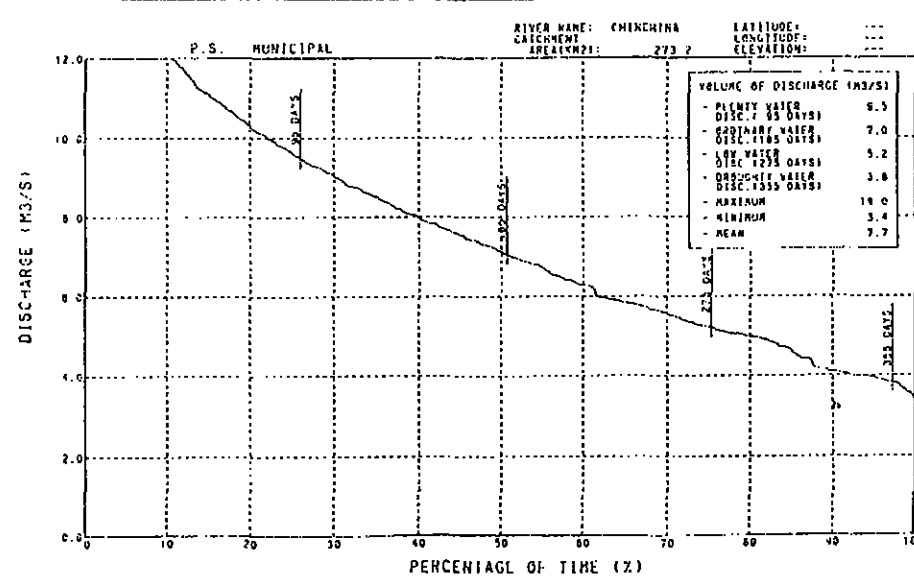
(2)

MONTHLY MEAN VALUE OF DAILY AVERAGE FLOW AT INTAKE SITE



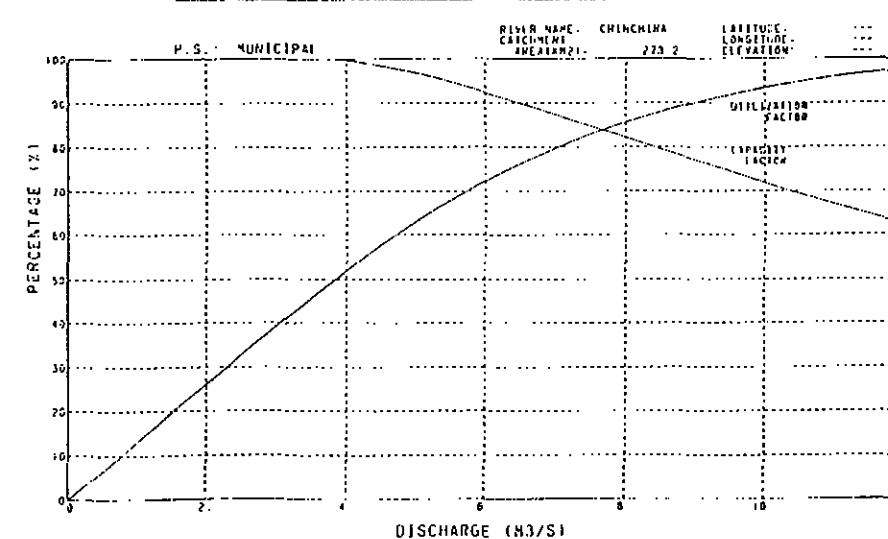
(4)

TYPICAL FLOW DURATION CURVE AT INTAKE SITE



(5)

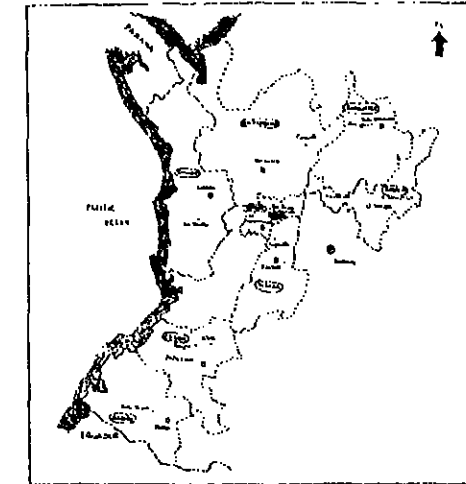
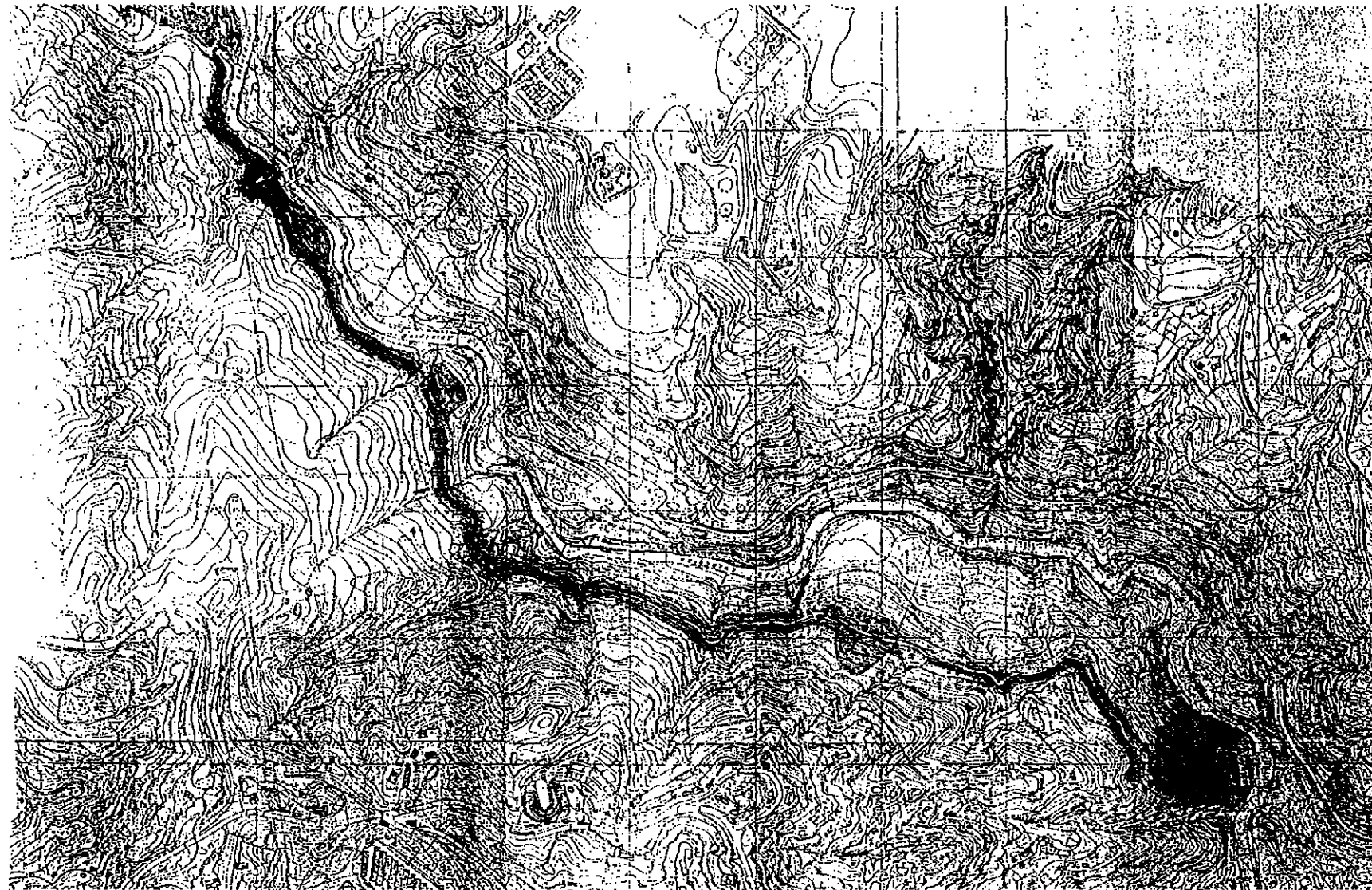
UTILIZATION & CAPACITY FACTOR












JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)  
 INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA (ICPEL)  
 FEASIBILITY STUDY ON SMALL-SCALE POWER PLANTS  
 REHABILITATION PROJECT IN THE REPUBLIC OF COLOMBIA

DURATION CURVES

DRAWING NO.	M U - H - 0 1
SCALE	---
DATE	



### LEGEND

-  River bed deposits
-  Detritus
-  Talus deposits
-  Terrace deposits
-  Old debris flow deposits
-  Sandstone
-  Crystalline schist
-  Geological boundary
-  Collapse

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)		
INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA (ICEL)		
FEASIBILITY STUDY ON SMALL SCALE POWER PLANTS REHABILITATION PROJECT IN THE REPUBLIC OF COLOMBIA		
<b>Geological Plan</b> <b>Municipal</b>		
DRAWING NO.	MU-G-01	
SCALE	1/9,300	DATE



