

6.4 洪水解析

6.4.1 概要

スタディに必要な洪水量の種類は以下の通りである。

- ① Naranjo川のダム設計洪水量
- ② Paquita川の発電所放水口部の洪水量
- ③ 工事期間中の河流処理対策に用いる洪水量
- ④ 環境影響評価に用いるPaquita川のCerritos地点の洪水量

上記の設計洪水量は、各々その目的および重要度が異なる。

ダム設計洪水量は最も重要度が高いので、可能最大洪水量(Probable Maximum Flood 以降 PMFと呼ぶ)を採用する。

その他の洪水量は流量データを用いた確率計算によるものとし、重要度に応じた確率洪水量を採用することとした。

6.4.2 洪水量の算定に用いる資料

(1) 気象データ

洪水解析で気象データが用いられるのは、PMFの算出においてである。

i) PMP解析に必要なデータ

PMPの算出に必要な気象データは降雨データと露点または気温、相対湿度、蒸気圧等のデータである。この条件を満足する観測所データは計画流域の西方約40kmの地点にあるPlayon、同じく計画流域北端にあるCopey de dota、そして計画流域内のNaranjilloである。しかし、Copey de dotaおよびNaranjilloは降雨以外のデータの期間が僅か4年および3年と短く、既往最大の露点を求めるには精度的に問題がある。

そのため、解析に用いる気象データは18カ年と期間の長いPlayon地点を基に、Naranjillo, Providencialに換算する方法とした。

ii) 流出解析に必要なデータ

流出解析を行うためには流量データに対応する期間の降雨データが必要である。洪水波形は求めようとする地点の実測値を用いるのが最も望ましい。幸い、計画ダム地点であるLos Llanos測水所で幾つかの洪水波形が観測されている。この解析に用いる降雨データの条件は以下の通りである。

- ① 流域を代表し得る事
- ② 刻々と変化する流量に追従する時間単位のデータである事
- ③ PMP算定に対応する時期のデータである事

この条件を検証するために、時間降雨データが有効な流域近傍を含む Naranjillo, Providencia, Copey de dota, P. II Savegre, Rio Nranjo の 5 箇所について、幾つかの既往洪水波形と照合した。

Fig. 6-11 にハイエットおよびハイドログラフを示す

その結果、洪水時には常に降雨がある観測所は Naranjillo と Providencia であり、特に最大洪水量が記録された 1993 年 10 月 26 日では先鋭化したハイドログラフとハイエットグラフが酷似していた。また、流出解析の手法は数値解析によるユニットハイドログラフを用いたため、途中の流出メカニズムよりもむしろ結果を重視するところから、この両観測所データを採用した。

(2) 洪水流量データ

洪水解析で用いるデータは、PMP を算定する過程で用いられる流出解析に必要な実測洪水波形と、確率解析で用いられる年最大流量のピーク流量である。

前者は上述のようにダム地点である Los Llanos 測水所の洪水波形を用いた。後者は観測期間が長い Londres 測水所データを基本とした。ダム地点での算定には高水時の Londres と Los Llanos の相関性より換算式を導きそれを適用した。

他地点においては、Londres データをもとにハリケーン時の降雨分布と流域面積比を用いて算定した。

Los Llanos 及び Londres 測水所における実測最大洪水流量を Table 6-16 に示す。

6.4.3 計画地点の確率洪水量

(1) Londres 測水所地点

基本となる当測水所の年最大のピーク流量データは 1971 年から 1993 年の 24 カ年である。

確率解析を行うには、先ず実績データを基に関数式の諸係数を求め、適合する分布関数を選定する必要がある。

その検討の結果、Log Pearson Type III を採用した。

以下に確率洪水量を示す。(Fig. 6-14 参照)

Return Period (Year)	Probable Flood (m ³ /s)
10	630
20	770
100	1,120
1,000	1,760
10,000	2,610

(2) 計画ダム地点

Londresデータから計画ダム地点への換算方法は、Los LlanosとLondresの高水流量実績の相関性から換算式を求めた。

ここで、前項の低水量解析と異なるのは、相関に用いるデータを流況曲線に変換した事である。すなわち、前者は発生日時に対応する相関であるのに対し、当解析では発生頻度に対応するものである。

Fig. 6-12は 両測水所の日平均流量の上位35番目以上の関係を示したものである。相関計算は上位20と35について算定した。

$$\text{上位20番目までのケース} \quad Q_d = 0.61 \times Q_L \quad - 9 \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

$$\text{上位35番目までのケース} \quad Q_d = 0.56 \times Q_L \quad - 5 \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

この結果から、計画ダム地点の高水流量はおよそLondres 流量の60%程度と推定される。

この比率は1998年10月のJoanハリケーンの総降水量の比率に匹敵する。

$$\frac{\sum P_d}{\sum P_L} = \frac{348 \text{ mm} \times 143.7 \text{ km}^2}{394 \text{ mm} \times 210.2 \text{ km}^2} = 60\%$$

本検討では以上から上位20番目までのケースでの式を採用し、1971年から1993年の洪水量を Table 6-18 に示す。

確率計算はLondresと同様にLog Pearson Type IIIにより算出した。(Fig. 6-15 参照)

Return Period (Year)	Probable Flood (m ³ /s)
10	380
20	460
100	670
1,000	1,050
10,000	1,540

(3) 発電所地点

Londresから発電所地点への換算は、1988年10月のハリケーン時の降雨分布と流域面積比から算出した。

$$Q_{fp} = Q_{fL} \times \frac{P_{ph}}{P_{1h}} \times \frac{C.A_{pp}}{C.A_1} \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

- Q_{fp} : 発電所地点洪水量
- P_{ph} : " 流域の1988年10月ハリケーンの総降雨量 443 mm
- C.A_{pp} : 発電所地点の流域面積 24.5 km²
- Q_{fL} : Londres 地点洪水量
- P_{1h} : " 流域の1988年10月ハリケーンの総降雨量 394 mm
- C.A₁ : " の流域面積 210.2 km²

Return Period (Year)	Probable Flood (m ³ /s)
10	90
20	100
50	130
100	150

(4) Cerritos地点

LondresからCerritos地点への換算は、1988年10月のハリケーン時の降雨分布と流域面積比から算出した。

$$Q_{fc} = Q_{fL} \times \frac{P_{pc}}{P_{1h}} \times \frac{C.A_{pc}}{C.A_1} \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

- Q_{fc} : 発電所地点洪水量
- P_{pc} : " 流域の1988年10月ハリケーンの総降雨量 491 mm
- C.A_{pc} : 発電所地点の流域面積 70 km²
- Q_{fL} : Londres 地点洪水量
- P_{1h} : " 流域の1988年10月ハリケーンの総降雨量 394 mm

Return Period (Year)	Probable Flood (m ³ /s)
10	260
20	320
50	400
100	470

6.4.4 可能最大洪水量 (PMF)

PMFを算出するに先立ち、可能最大降水量 (Probable Maximum Precipitation 以降PMPと呼ぶ) を算出する必要がある。

次に、実測流量と降雨量の関係から流出解析を行い、これにPMPを適用して、PMFを算出する事となる。

PMFでの具体的方法は一旦、18カ年と期間の長いPlayon地点でのPMPを求め、この計算過程を流出解析に用いるNaranjilloおよびProvidenciaデータに適用し、標高による補正を行ってから両実測降雨量を用いて計画流域のPMPを算出する事とした。尚、これらを検証する目的で、各雨量観測所データの確率解析を行った。

(1) PMP (可能最大降水量) の算定

一般にハリケーンによる降雨は、非地形性降雨によって支配されると考えられる。計画流域における豪雨もハリケーン性の降雨であるのでPMP算定において非地形性降雨として取扱う方法が適当と判断した。

i) 露点

PMPは通常、実測された過去の大豪雨に、露点をもとに算出した最大化率を乗じることによって求められる。この率は、実測豪雨発生時における実際の大気中の水分量と、その豪雨が発生した時期に考えうる可能最大水分量との比率と定義される。この可能最大水分量は、12時間持続露点から求められる。

Playon観測所では気温、相対湿度および蒸気圧のデータは1日3回観測されている。その変動の傾向は朝は低く昼が最も高く、そして夕方には昼よりやや低い。すなわち、日間でSINカーブを描く形となっている。そこで、解析に用いる12時

間持続値として、日平均露点を採用した。

Fig. 6-16 に1976年から1993年に観測されたPlayon地点における最大12時間持続露点を示す。

図よりハリケーンの発生頻度が高い9月、10月での既往最高値は、26.1℃および26.3℃である。年間での最高値は乾期の末期の3月に発生し、その値は27.8℃である。

これらの結果から最大露点を採用するに当り、苦慮する点はハリケーンが通常乾期末期に発生するのは考えにくい事である。一方、気象データの期間が18年と必ずしも長いものではない。そこで、典型的な雨期である5月から11月までの各月毎の確率計算を行った。

項目	露点
実測既往最高(3月)	27.8 °C
50年確率(5月~11月)	27.2 °C (9, 10月は26.3°C)
100年確率(5月~11月)	27.5 °C (9, 10月は26.5°C)
200年確率(5月~11月)	27.8 °C (9, 10月は26.7°C)

以上を比較すると実測既往最高値は雨期の200年確率値に相当する。本スタディでは27.8℃を採用した。

ii) 代表ストームの抽出

Playonにおける1976年以降の比較的大きな40試料のストームについて最大化を行った。

但し、これは代表ストームを抽出する目的の予備検討であるため計算を簡略化した。降雨データは日降雨量を用い、可降水量 (Precipitable water) は標高補正を行わず1,000hPaのまま用いた。Playonの標高は65mと低地であるため、その誤差は少ないが、最大化率は幾分小さめであり、その結果、仮のPMPも若干少なめに計算されている。

Table 6-18、Fig. 6-17 にその結果を示す。

その結果、最も大きな値を示しているのは1998年10月のJoanハリケーンでありこのストームを採用する。

当計画流域付近におけるハリケーン時の降雨分布を Fig. 6-13 に示す。計画流

域内の降雨分布は南側より北側へと減少している。

iii) PMPの算出

前述の露点データと1988年10月のストームデータを用いて、PMPの計算をおこなった。

その計算過程を Table 6-20 に示す。

結果は以下の通りであるが、参考に10,000年確率量を併記した。

(Table 6-23参照)

地 点	実測降雨量 12hr継続最大値 (mm/12hr)	最大化率	PMP		10,000年 確率量 (day)
			(12hr)	(day)	
Playon	195	1.59	310	406	387
Naranjillo	240	1.64	393	447	399
Providencia	214	1.67	358	408	356

iv) ハイエットグラフの作成

計画流域は山岳部で流域面積が147km²と比較的小さいため、流出解析に用いる時間単位は出来る範囲で短くする事が望ましいが、観測データの整備上、1時間とした。

ここで計画地点における流域平均降雨量(1時間毎)はテイセンカット法による比率を用いて次式によって算定された。

$$P_i = 0.76 P_{na} + 0.24 P_{pr} \quad (\text{mm/hr})$$

P_i : i 時における計画地点の流域平均降雨量 (mm/hr)

P_{na} : " Naranjillo 地点の降雨量 "

P_{pr} : " Providencia " "

Fig. 6-18 および Fig. 6-19 にNaranjilloとProvidenciaにおける1988年10月ハリケーン時の継続時間と最大降雨量の関係を示す。

この図から僅か10時間前後の間に降雨が集中する豪雨であった事が判る。

PMFの算定ではこの関係 (Depth-Duration Curve) を基に、さらに、最大の洪水量が発生するように、出現順序にかかわらず任意に組合わされた連続する降雨のうち最大となるものを抽出し、流出計算の試行錯誤をして降雨強度を並び換

えた。PMPの時間分布を Fig. 6-20, Table 6-21 に示す。

(2) ユニットハイドログラフの作成

Naranjo川流域において大洪水を引きおこすような豪雨の発生時期はハリケーンの発生時期と一致している。

本計画の場合、計画ダム地点であるLos Llanos測水所において幾つかの洪水波形が観測されている。

その内、最も先鋭化し且つ最大流量であったのは1993年10月26日の高水記録である。ピーク流量は144 m³/sで前述のLondresから換算された計画地点年最大流量 (Table 6-22 参照) の24年中の第5位に相当する。

Fig. 6-11 にハイドログラフおよびハイツグラフを示す。

流出解析は数々の手法が提案されている。本計画で用いる手法は、上記の観測資料を有効に活用する方法として、ユニットハイドログラフの理論による相関法の数値解析を行うものとした。

計算から得られたユニットハイドログラフは、凹凸がありマイナス値も含んでいるため、スムージングの修正を加えた。

Fig. 6-21 にダム計画地点におけるユニットハイドログラフを示す。

(3) 有効雨量

ユニットハイドログラフによる流出解析に必要な有効降雨量は全降雨量から損失雨量を差し引いた値となる。

本解析においては損失雨量を下記の手法^{*1}により算定した。

$$R < 100 \text{ mm} \quad R_L = R (1 - 3.6 \times 10^{-4} R^{1.5}) \text{ mm}$$

$$R \geq 100 \text{ mm} \quad R_L = 64 \text{ mm}$$

R : 累加雨量

R_L : 累加損失雨量

(Fig. 6-23, Table 6-21 参照)

(4) PMF (可能最大洪水量)

以上より有効降雨をユニットハイドログラフにより合成し、基底流量 $50\text{ m}^3/\text{s}$ を加算するとPMFのハイドログラフが得られる。基底流量は、雨期の最大月平均流量が $42\text{ m}^3/\text{s}$ であるところから $50\text{ m}^3/\text{s}$ を採用した。

その結果、計画ダム地点におけるPMFは $1,590\text{ m}^3/\text{s}$ と算定された。これは、前述の10,000年確率洪水量 ($1,540\text{ m}^3/\text{s}$) に相当する。

計画ダム地点PMF : $1,600\text{ m}^3/\text{s}$

Table 6-25, Fig.6-24 に結果を示す。

*1 中安 米蔵 ; 第7回建設省直轄技術研究会 1953年

Fig. 6-1 Location Map of Runoff and Meteorological Gauging Stations

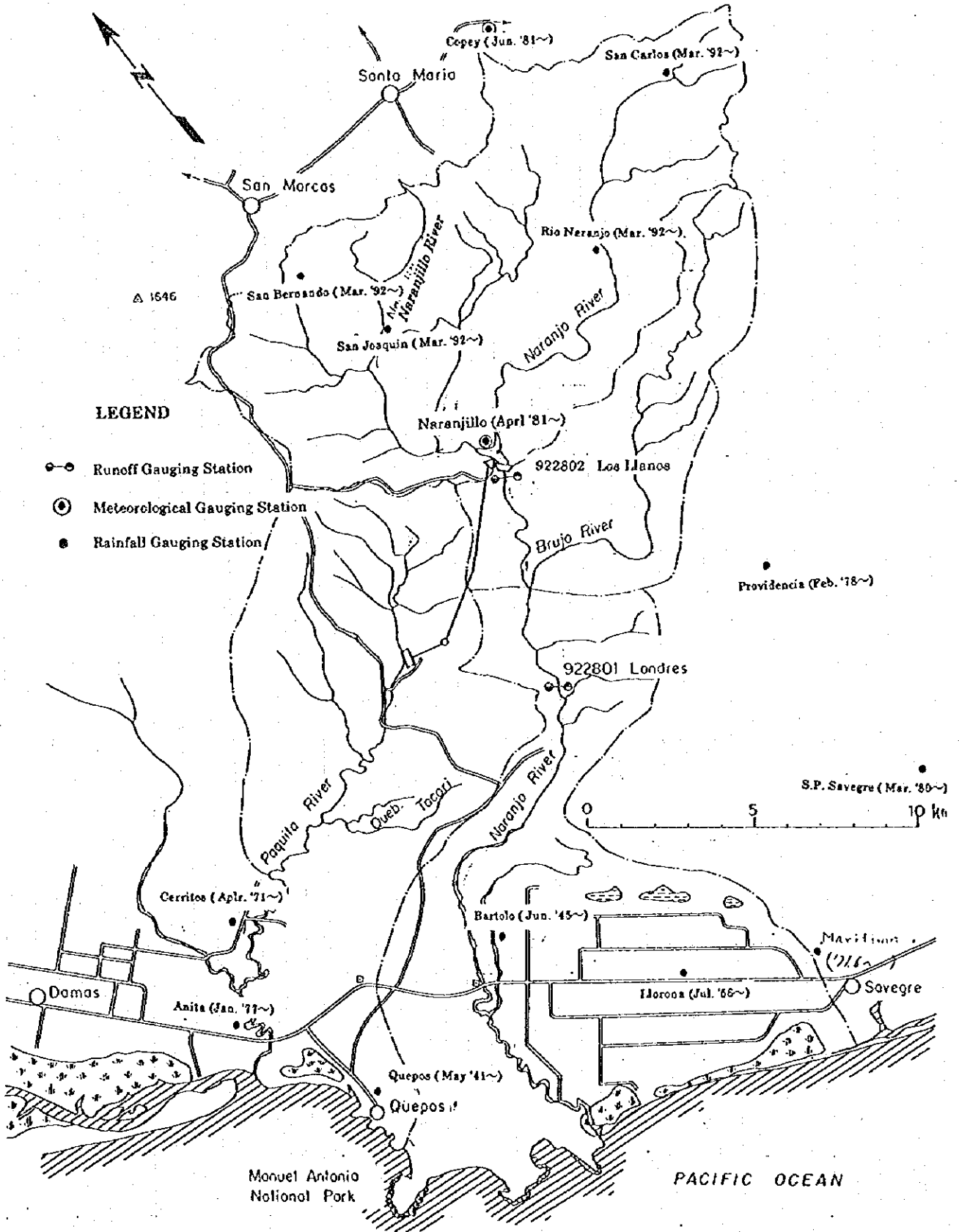


Fig. 6-2 Annual Isohyetal Map of Project Region

(period: 1970 to 1989)

S = 1/200 000

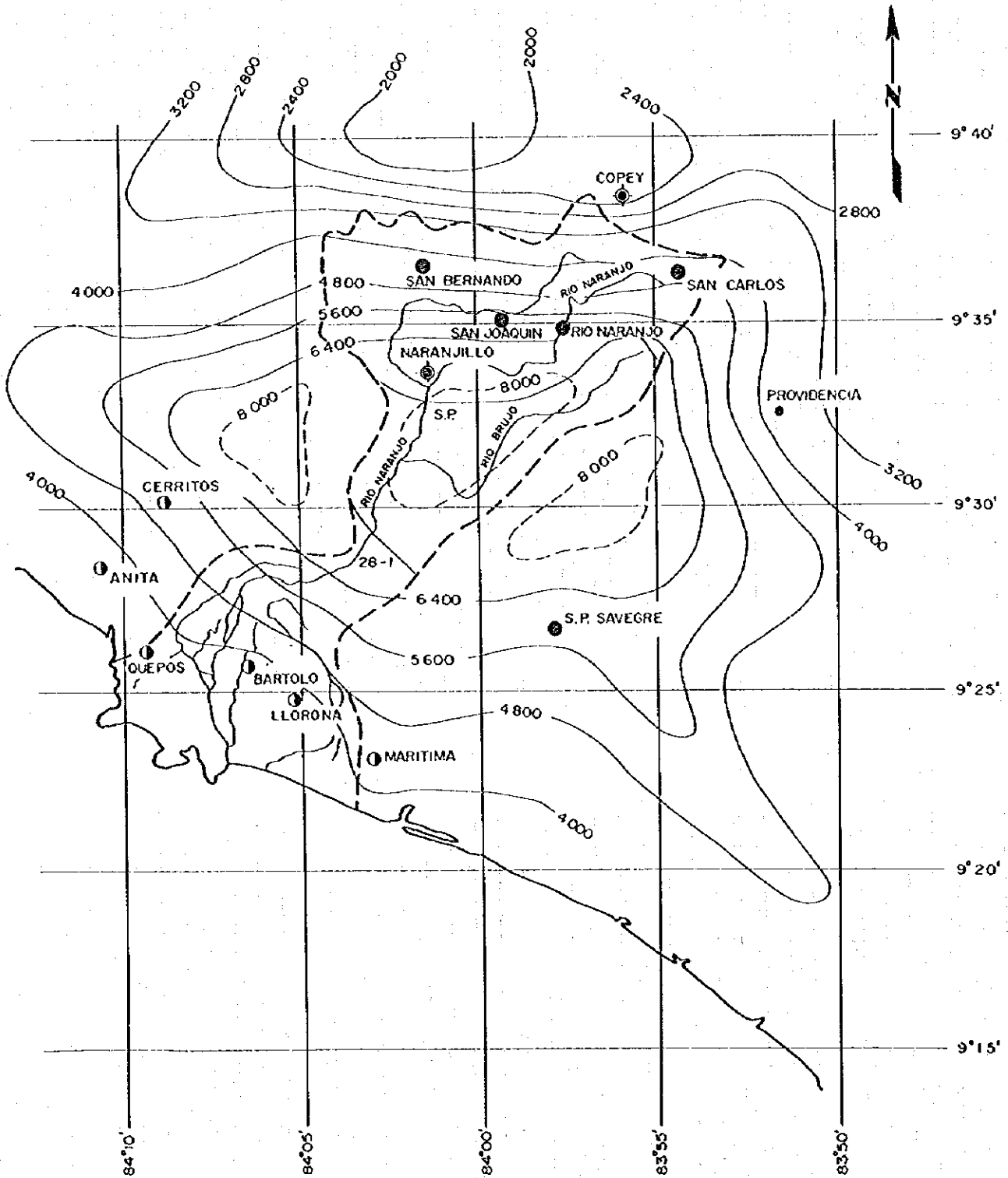


Fig. 6-3 Monthly Precipitation at Naranjillo

(1981~1993)

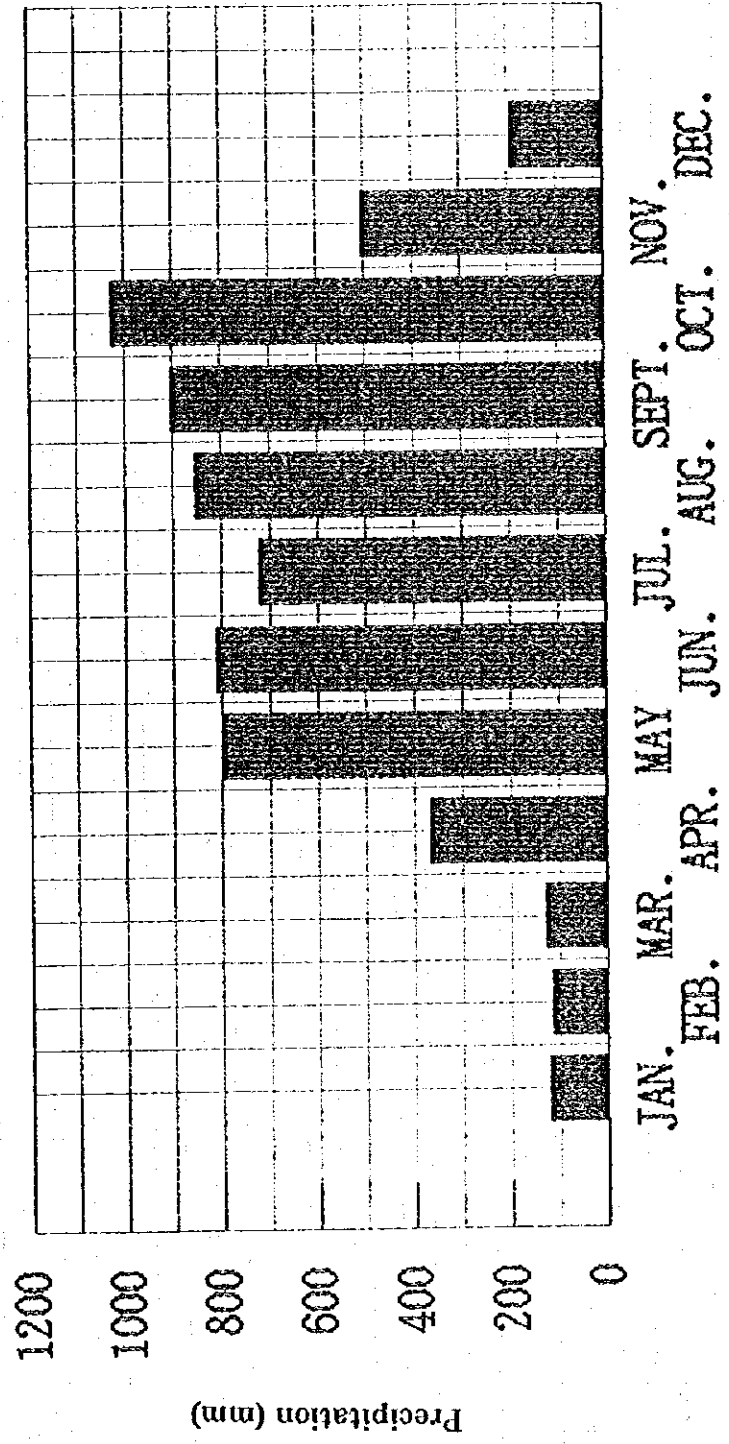
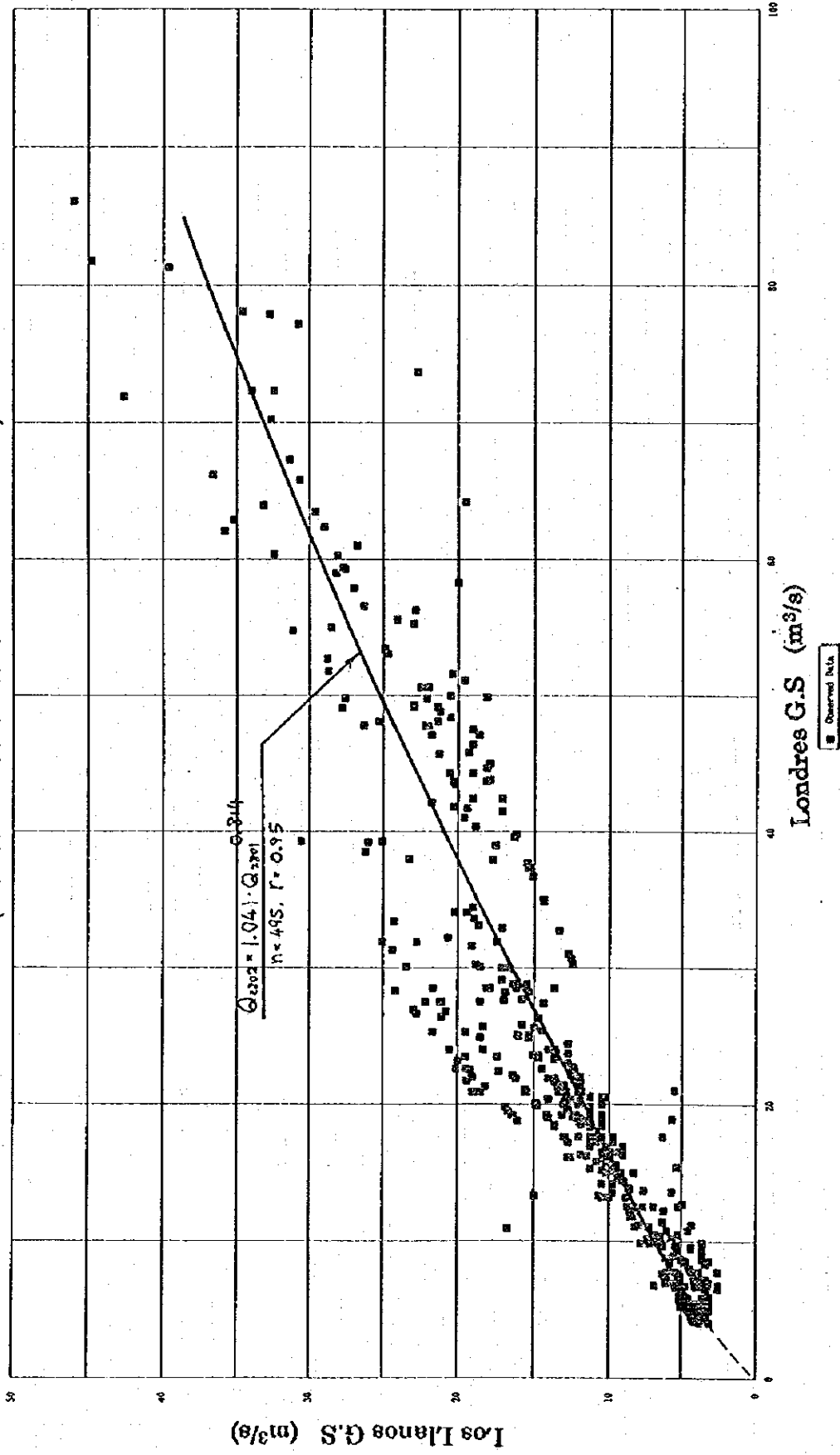


Fig. 6-4 Correlation between the Daily Discharge of Londres and Los Llanos Gauging Stations

(Period : Feb. 1993 to Jul. 1994)



$$Q_{LosLlanos} = 1.04(Q_{Londres})^{0.914}$$

$$n = 495, r = 0.95$$

Fig. 6-5 Estimated Discharge at the Los Llanos Site

$Q_e = 1.0413 Q_o - 0.8148$ $r = 0.95$ (MAY '93 - JUL. '94)

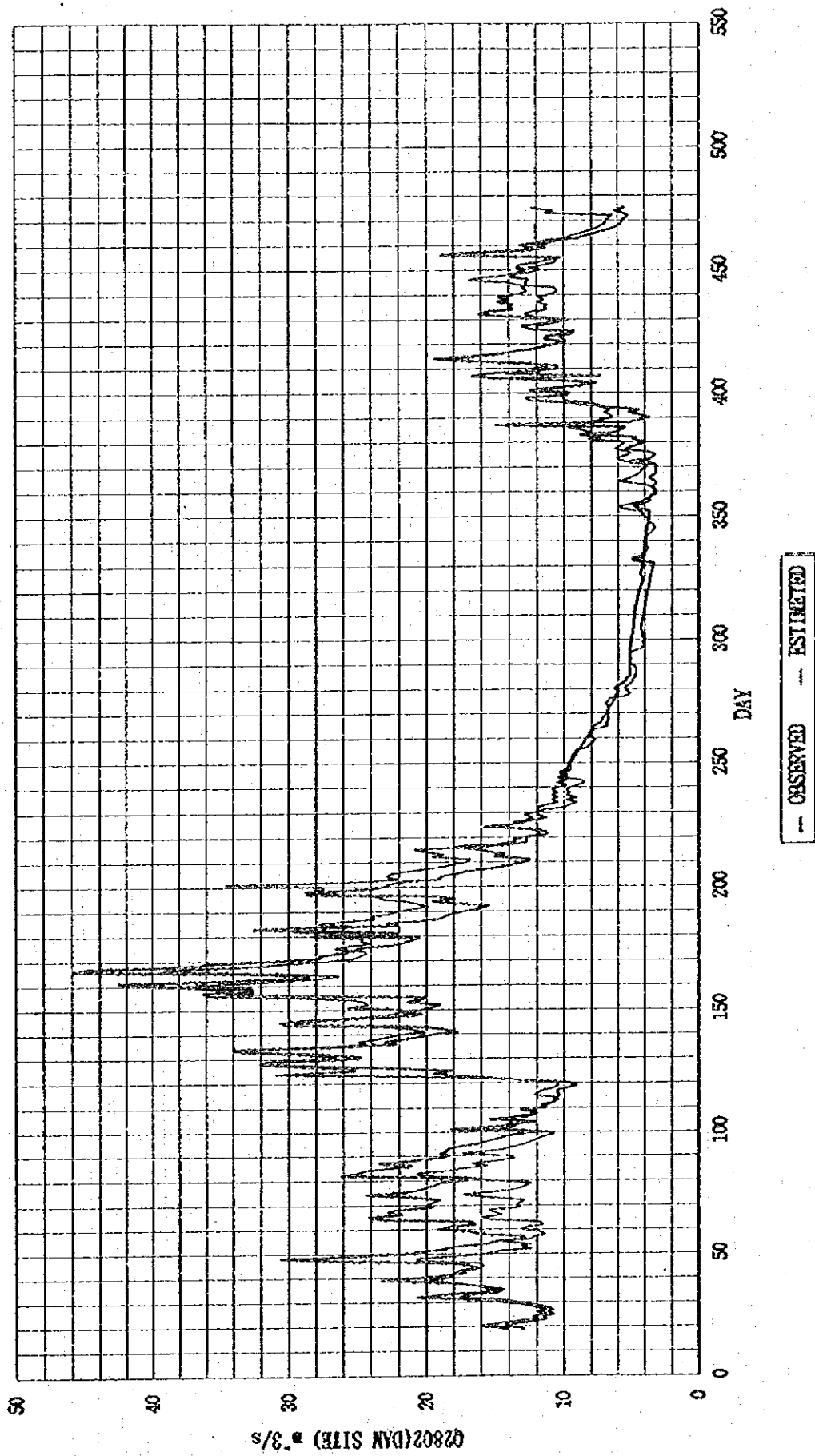


Fig. 6-6 Duration Curve at the Londres Gauging Station
 Period : 1971 to 1993

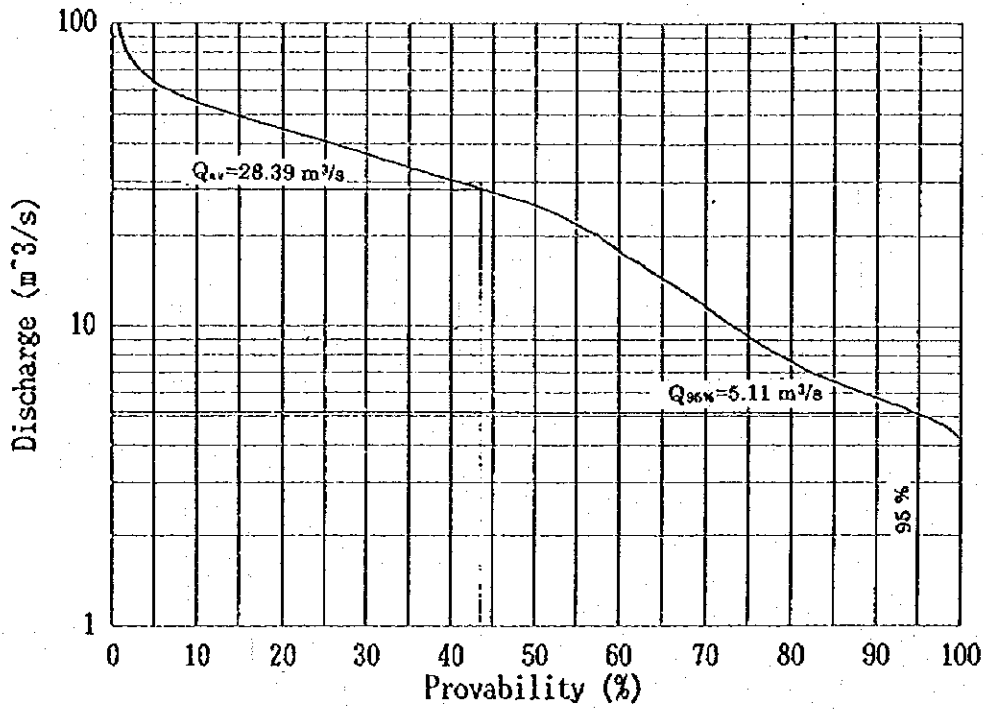


Fig. 6-7 Duration Curve at the Los Llanos Gauging Station
 Period : 1971 to 1993

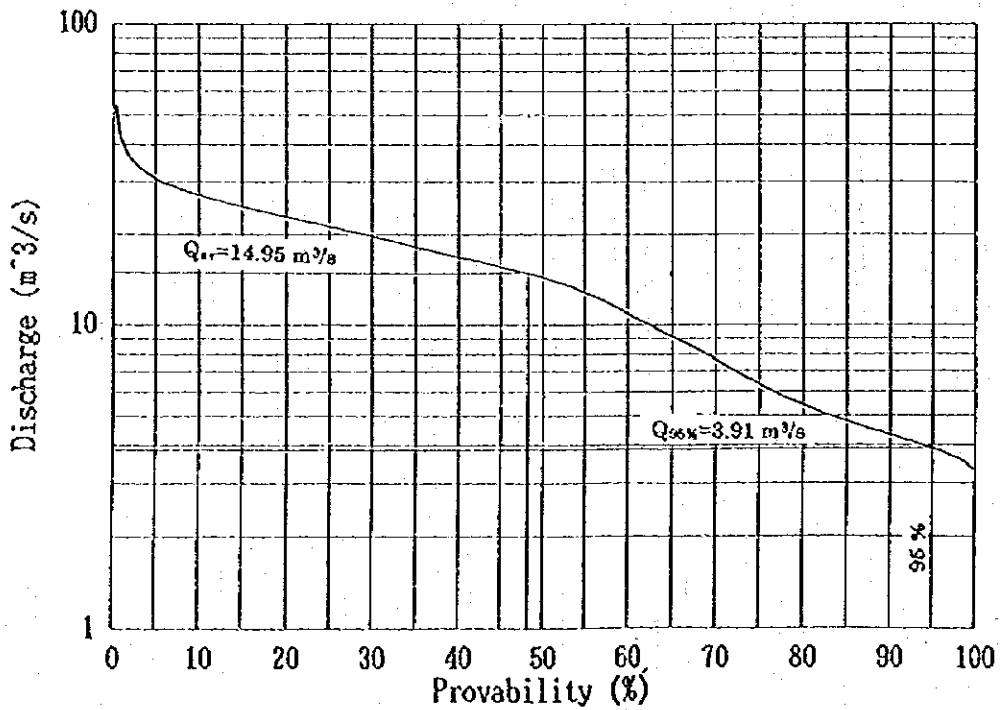


Fig. 6-8 Mass Curve at the Tocori Site (C.A = 5 km²)

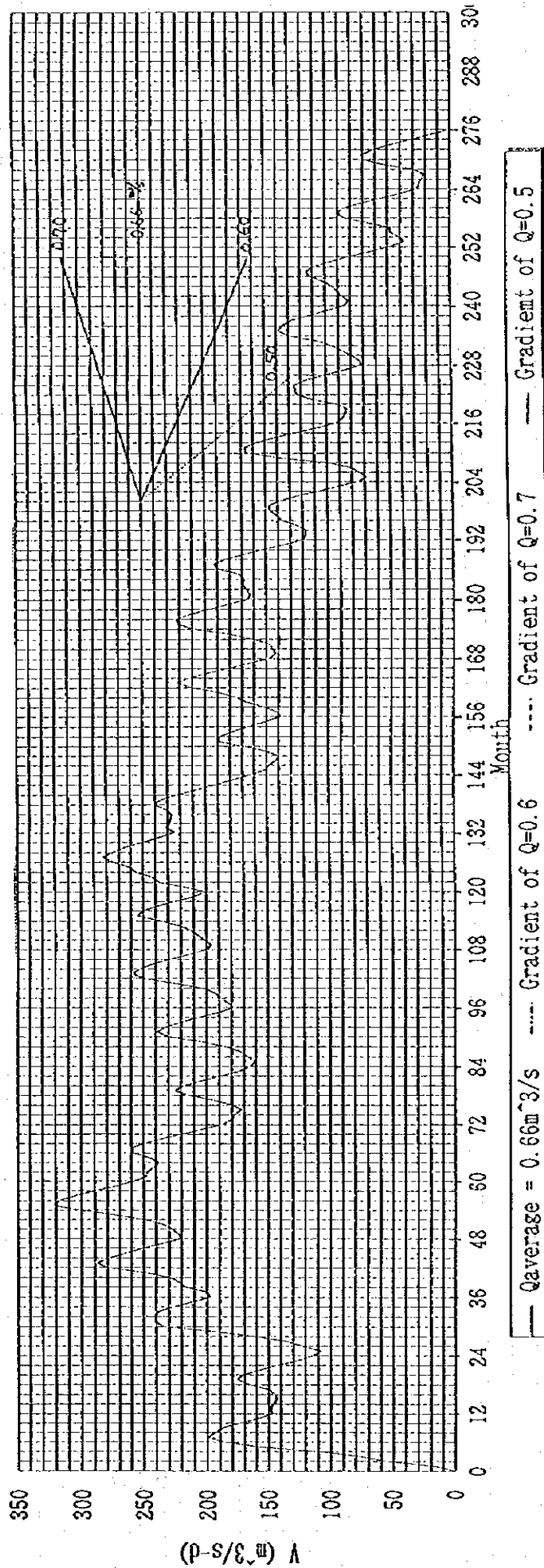


Fig. 6-9 Correlation between the Concentration of Suspended Load and the Discharge at the Londres Gauging Station

Period : Aug. 1970 to Apr. 1992

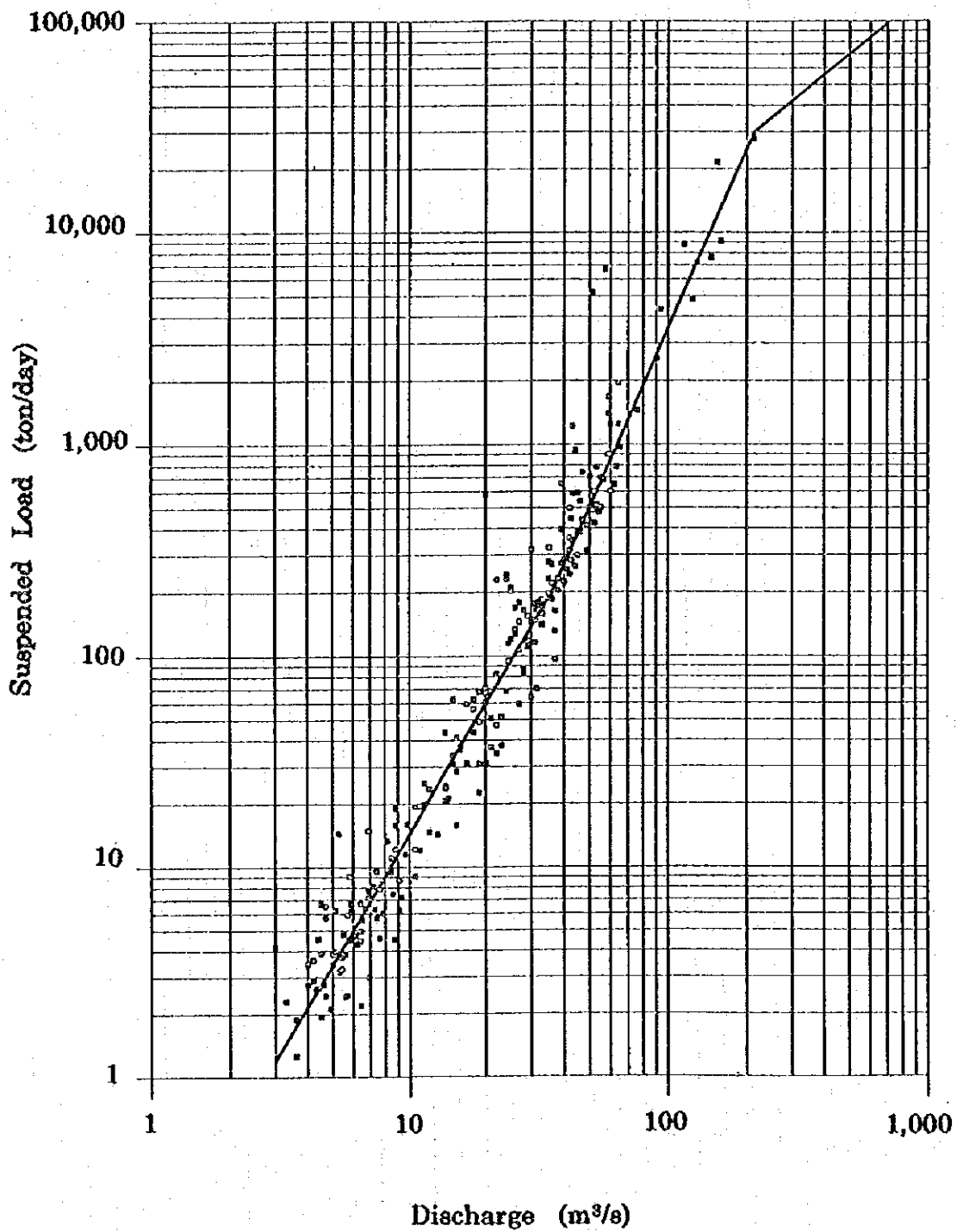


Fig. 6-10 Correlation between the Suspended Load and the Discharge at the Londres Gauging Station

Period : Aug. 1970 to Sep. 1994

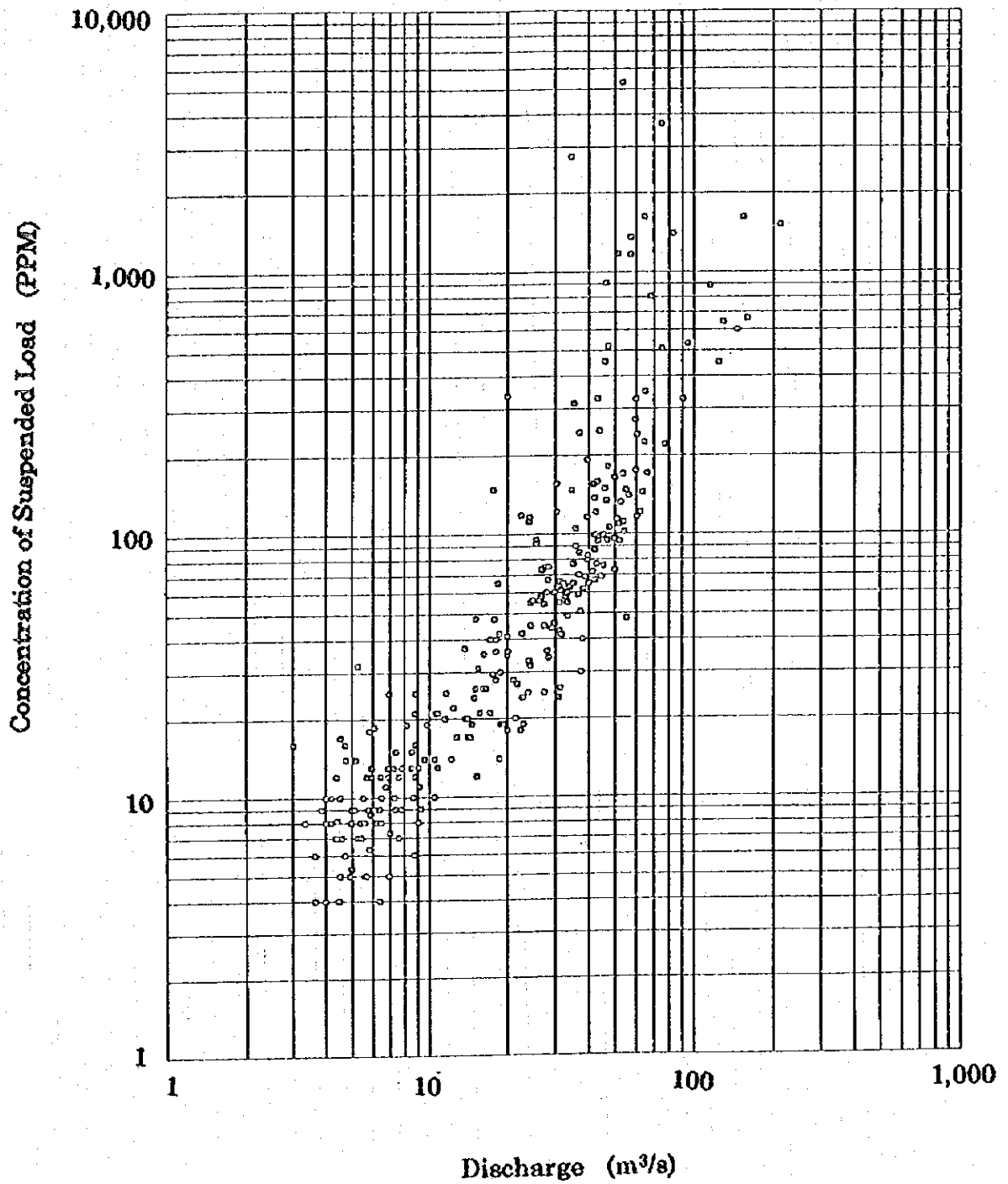


Fig. 6-11 Hydrographs and Hyetographs during several floods at the Los Llanos Site

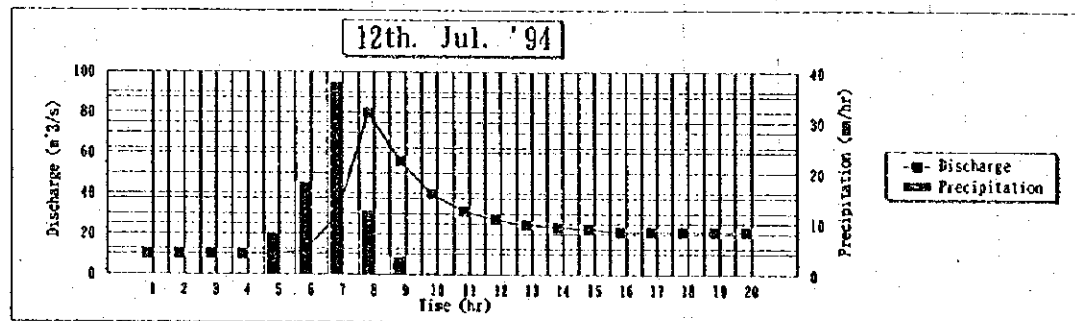
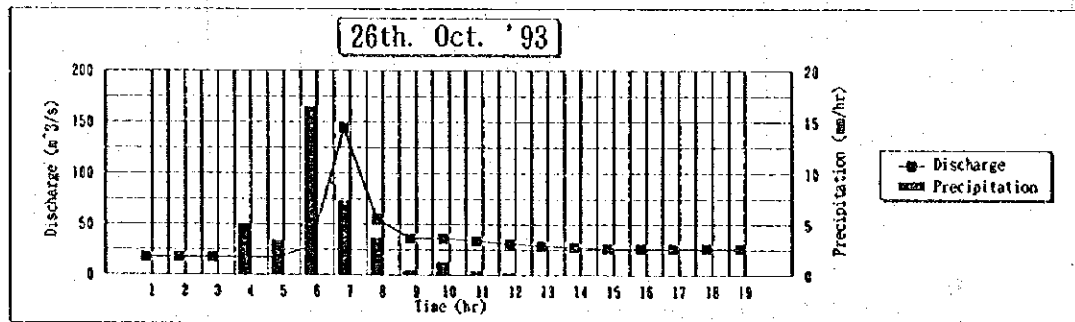
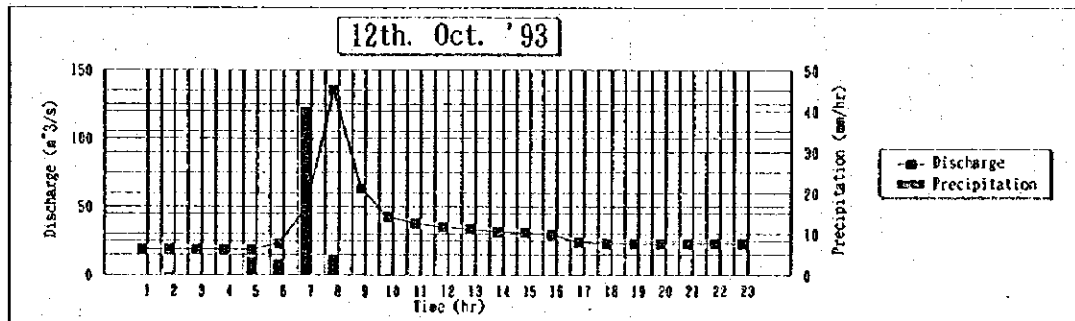
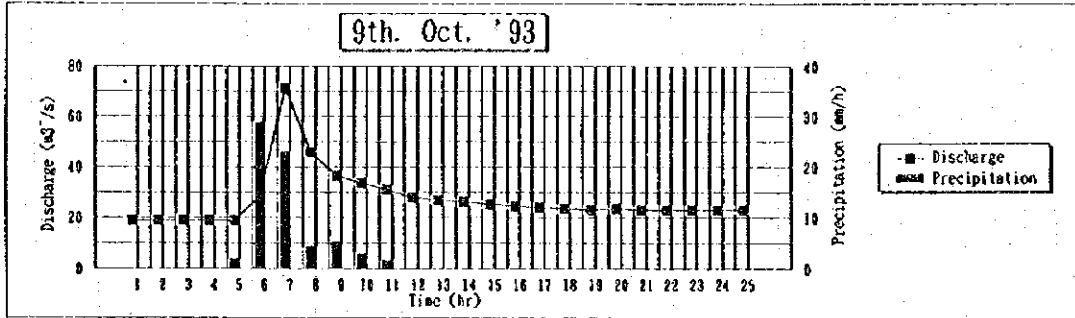


Fig. 6-12 Correlation between Duration of the Londres and the Los Llanos Gauging Stations

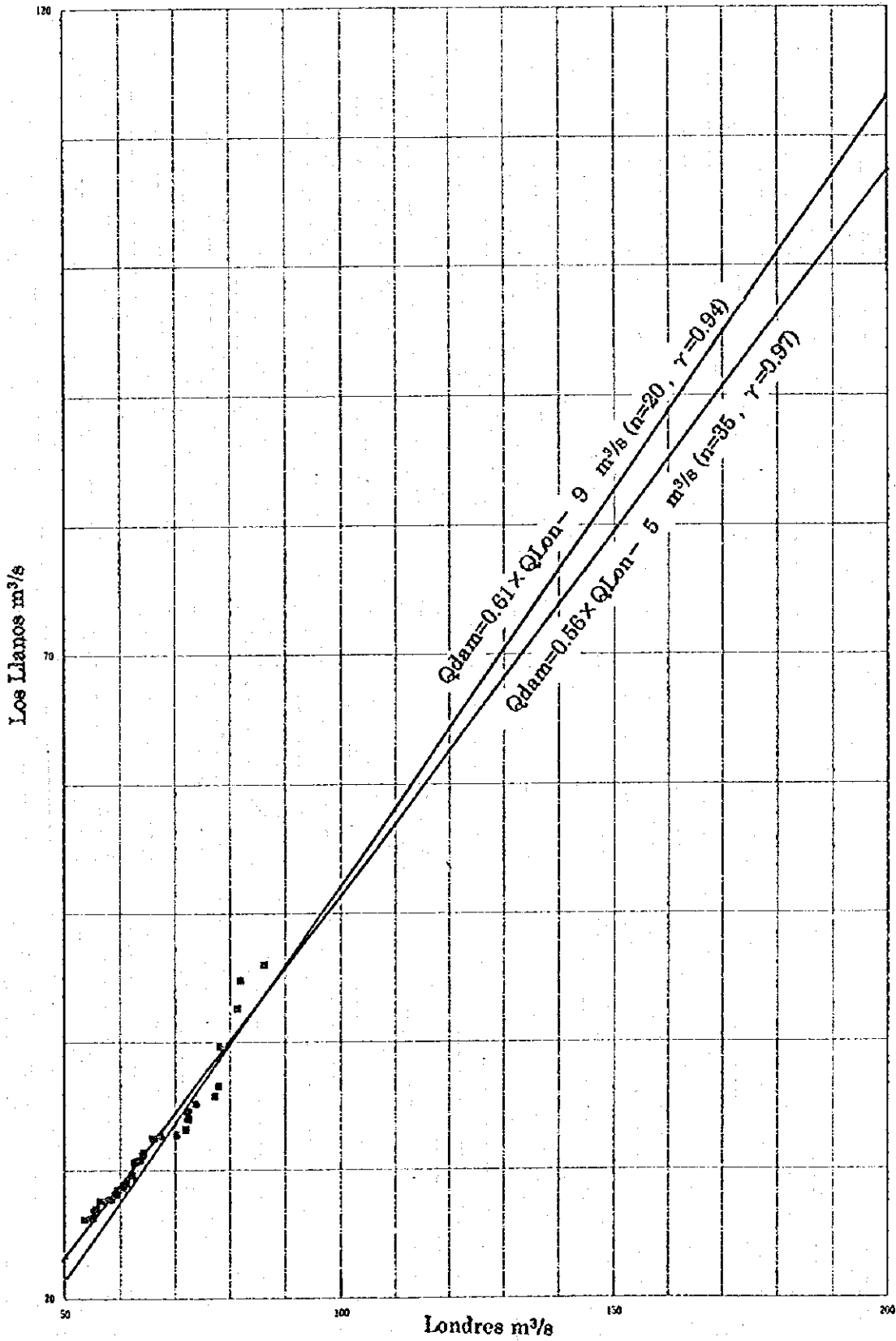
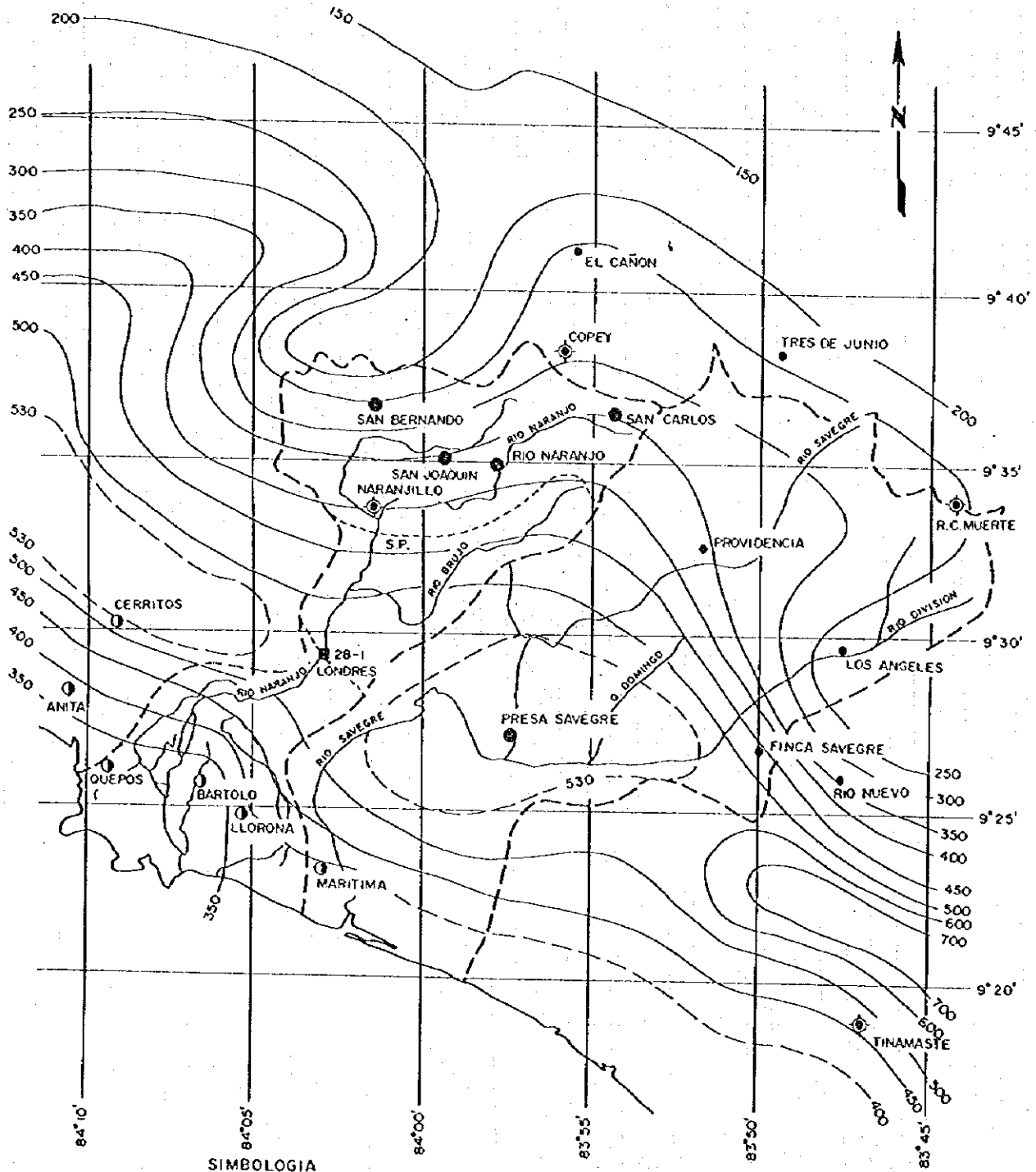


Fig. 6-13 Isohyetal Map of Project Region During Joan Hurricane In 1988

S = 1 / 200 000



SIMBOLOGIA

- ⊙ ESTACION METEOROLOGICA TIPO B
- ESTACION PLUVIOGRAFICA
- ESTACION PLUVIOMETRICA

Fig. 6-14 Probable Flood Discharge at the Londres Gauging Station

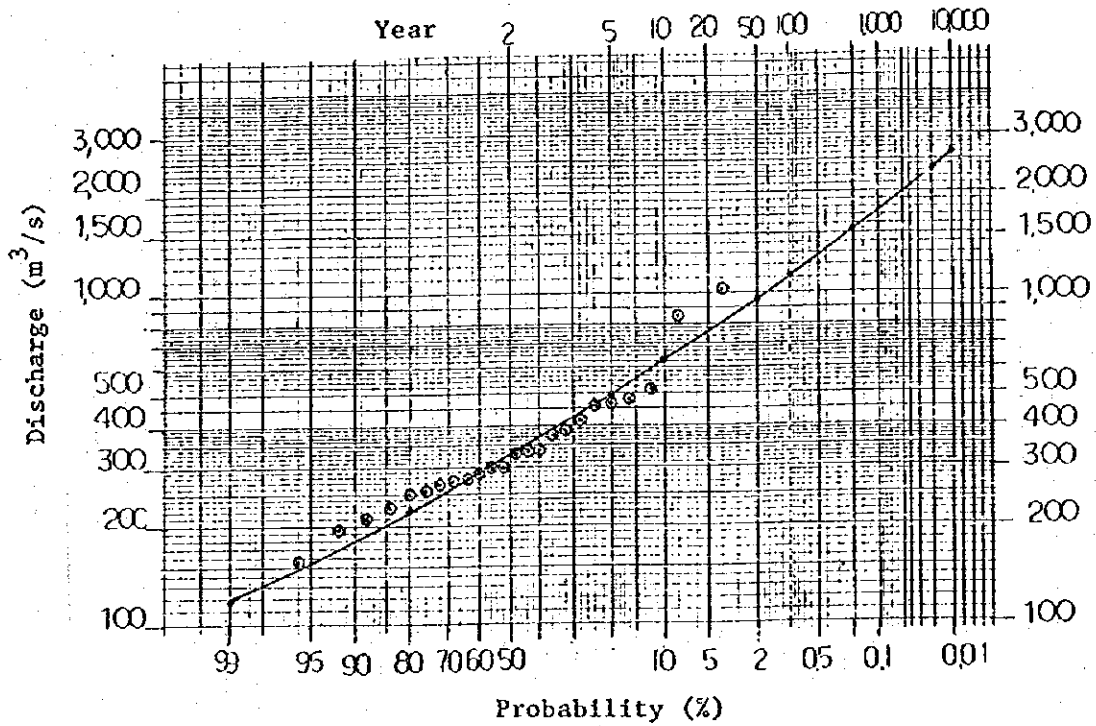


Fig. 6-15 Probable Flood Discharge at Los Llanos Site

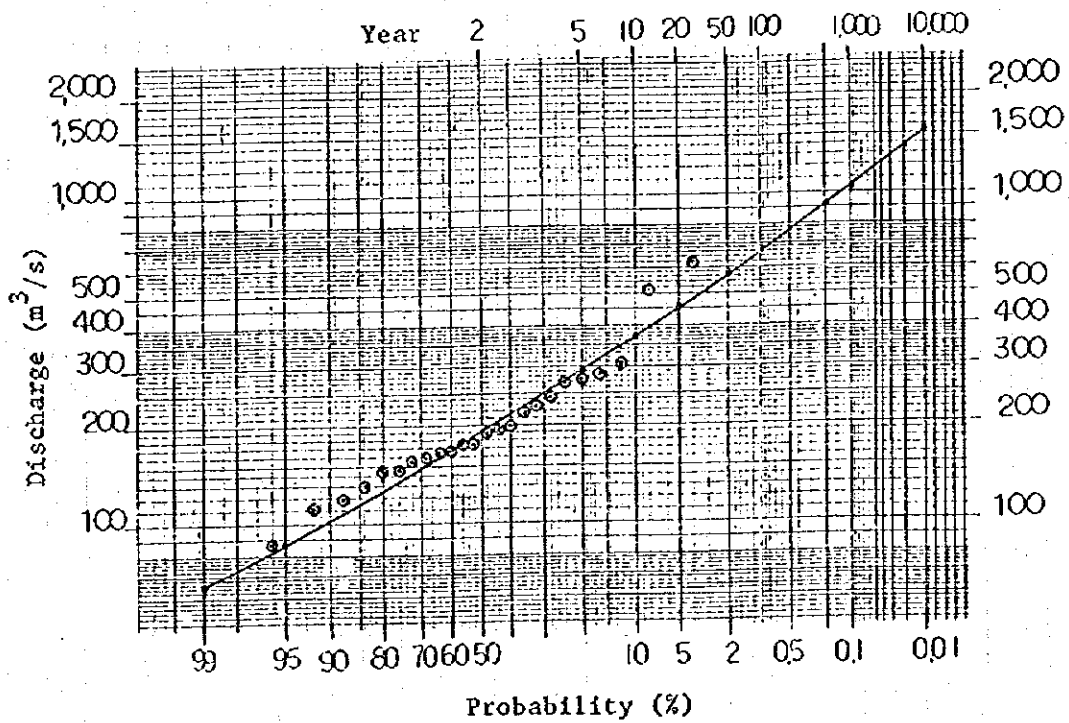


Fig. 6-16 Maximum Persisting 12-hour 1,000 hPa Dew Point at the Playon Site

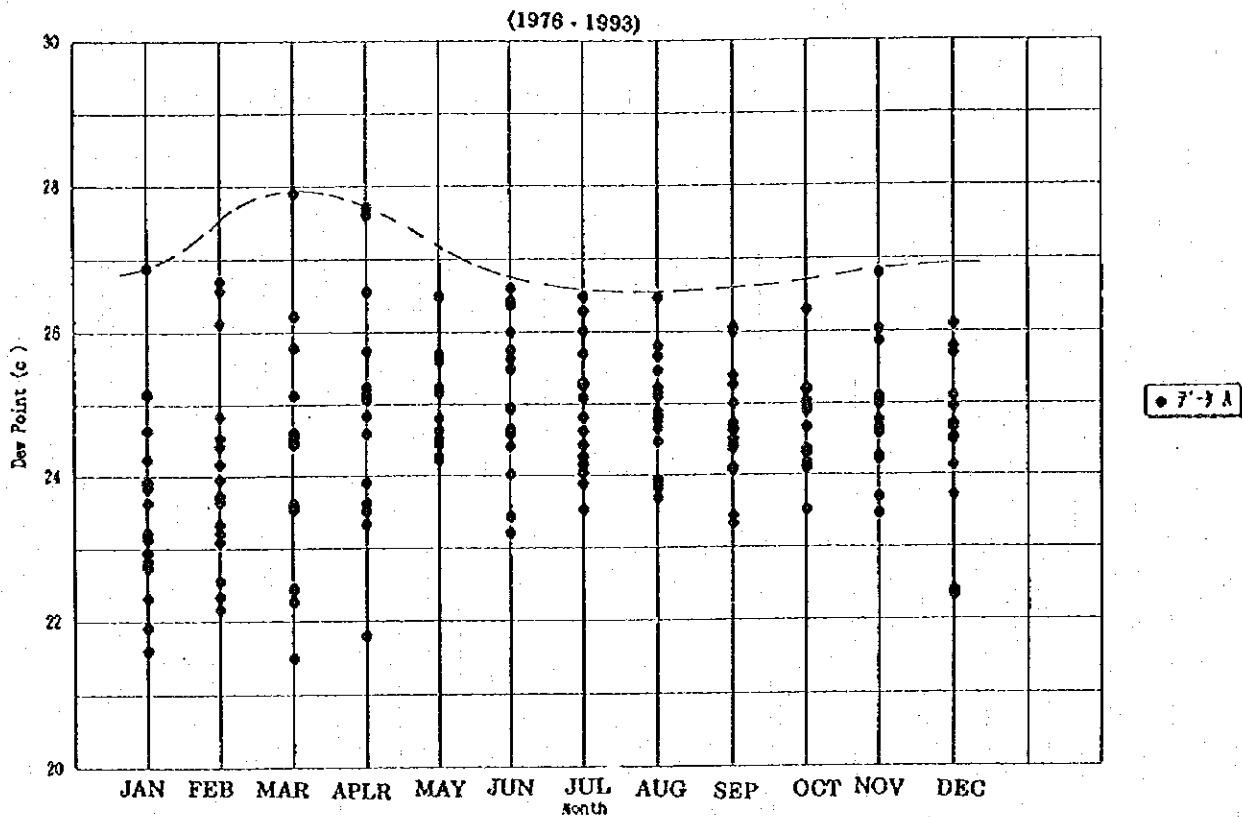


Fig. 6-17 Tentative Maximizing Factor of the Playon Site

Precipitable Water value are not revised to elevation.

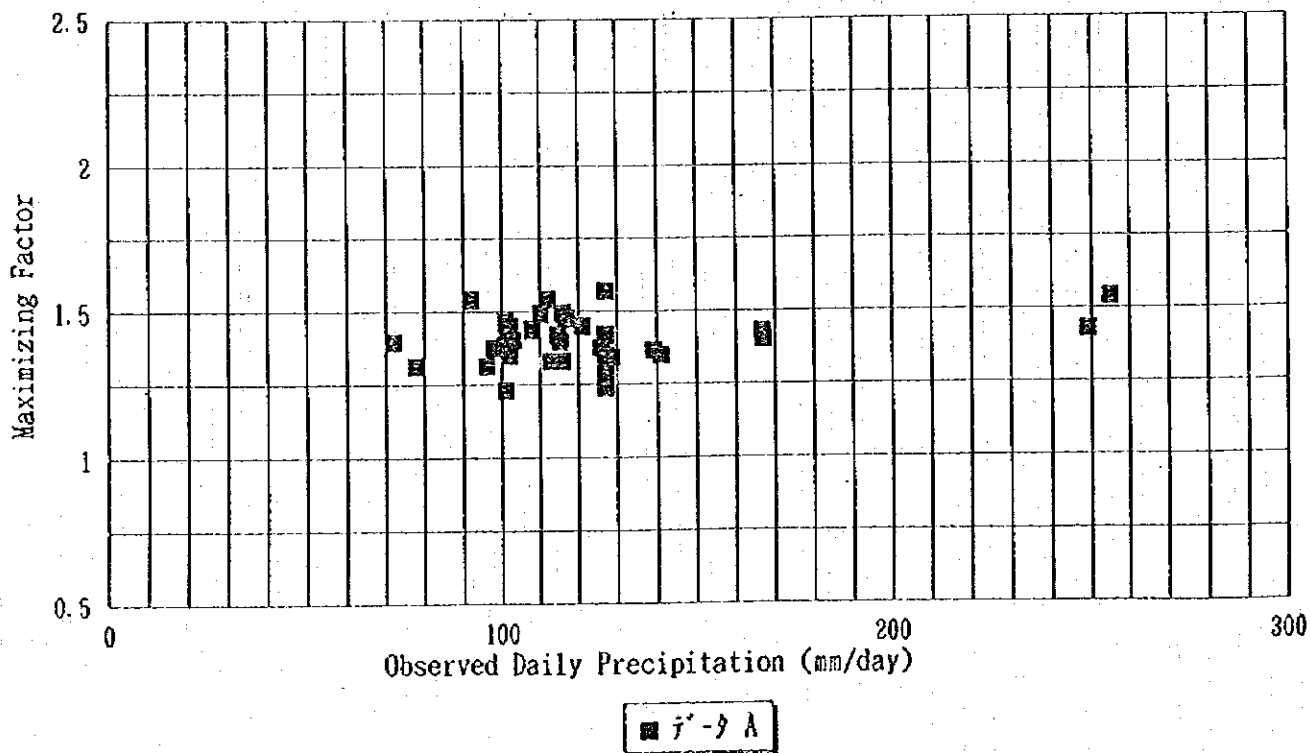


Fig. 6-18 Depth - Duration Curve at the Naranjillo Site in 22 to 24 Oct. 1988

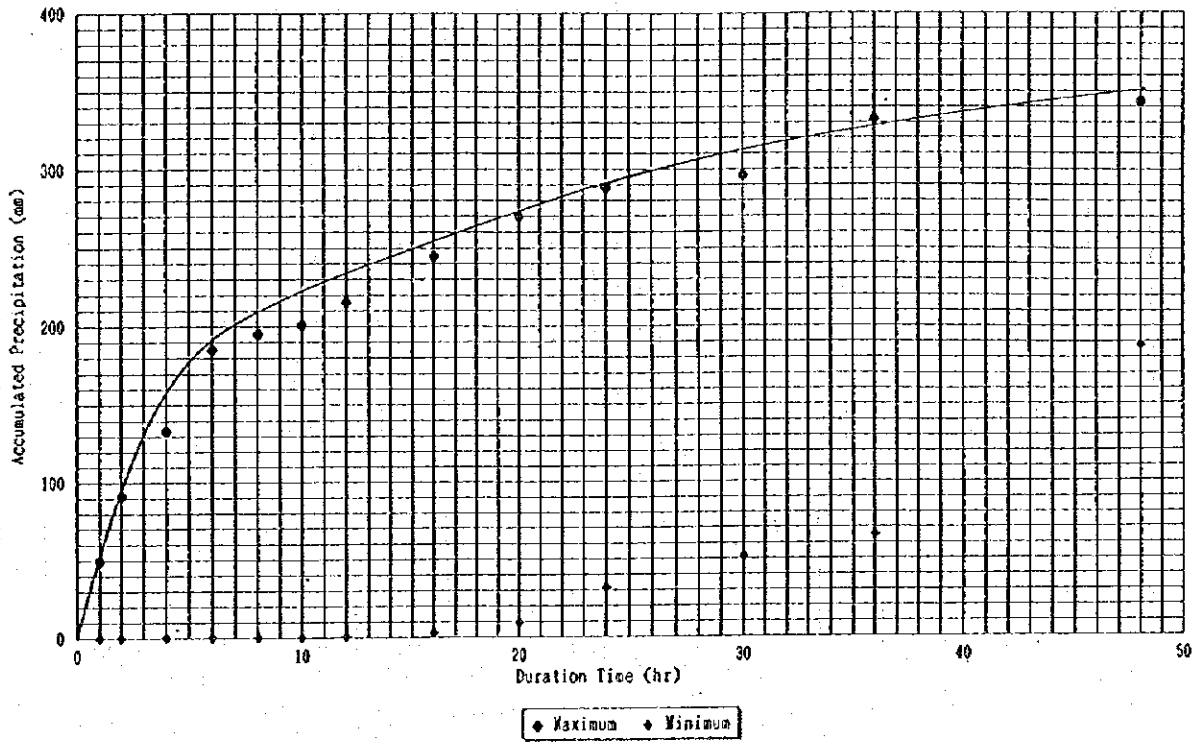


Fig. 6-19 Depth - Duration Curve at the Providencia Site In 22 to 24 Oct. 1988

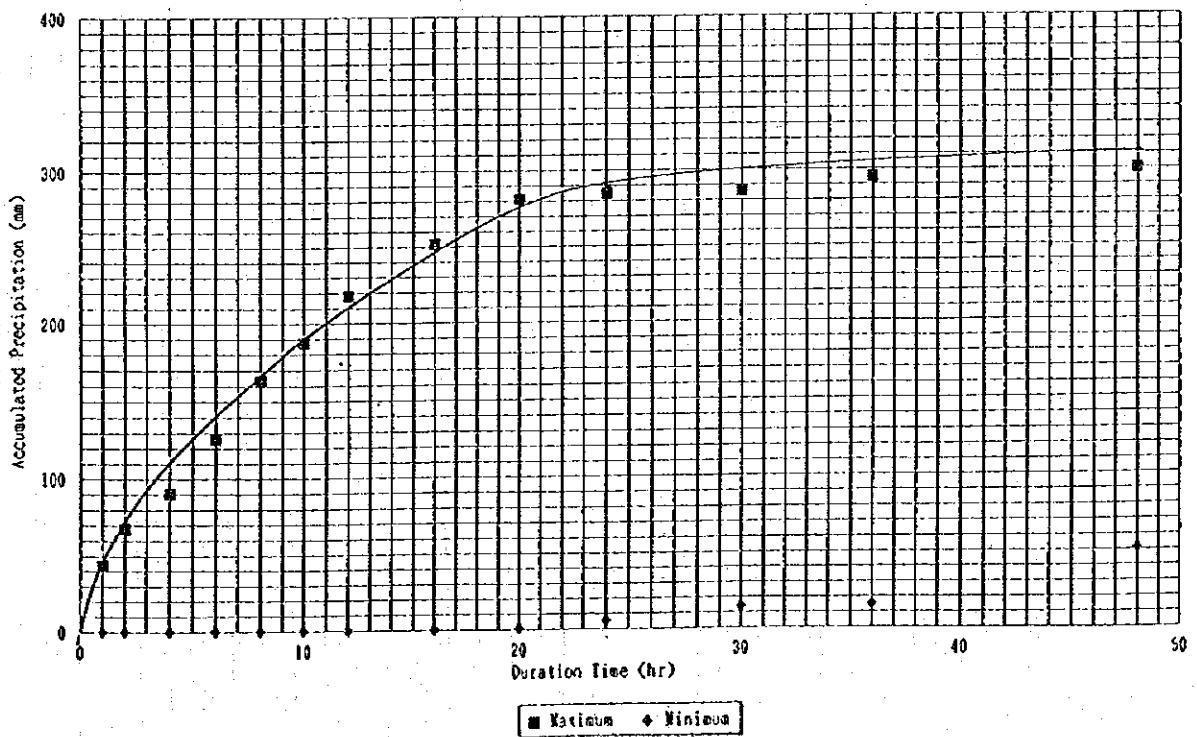


Fig. 6-20 Rainfall Distribution in the Project Basin on 26 Oct. 1993

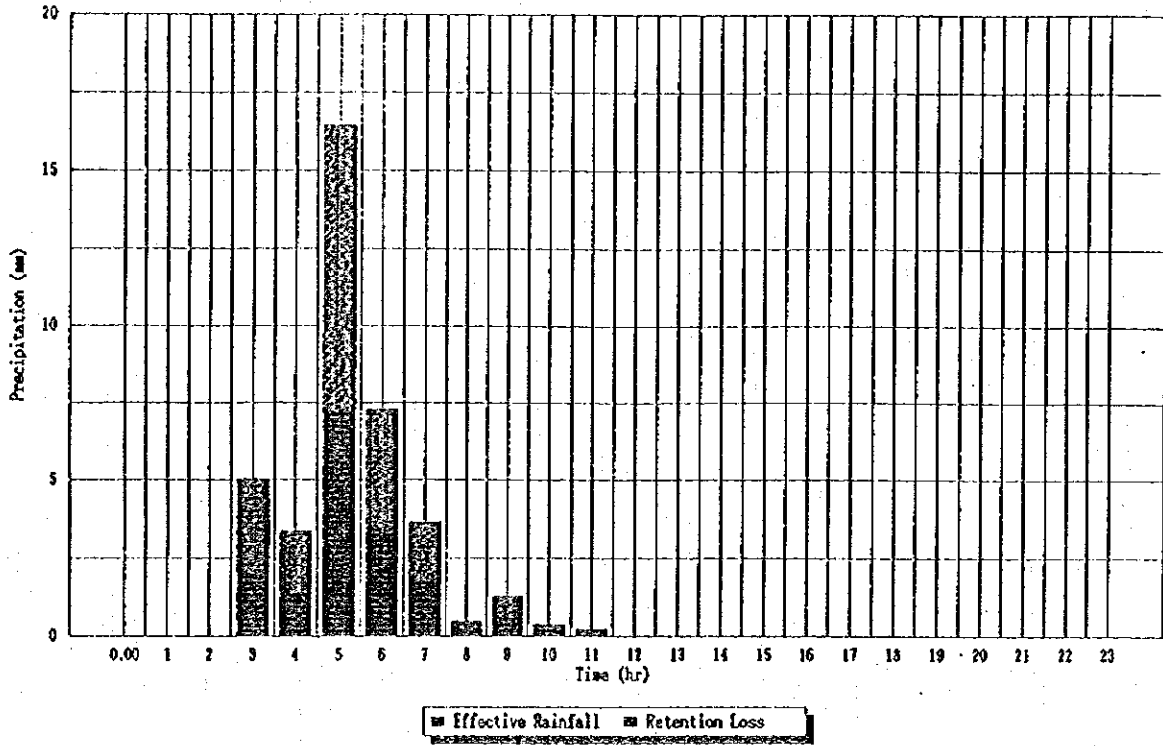


Fig. 6-21 Flood Hydrograph at the Los Llanos Site on 26 October 1993

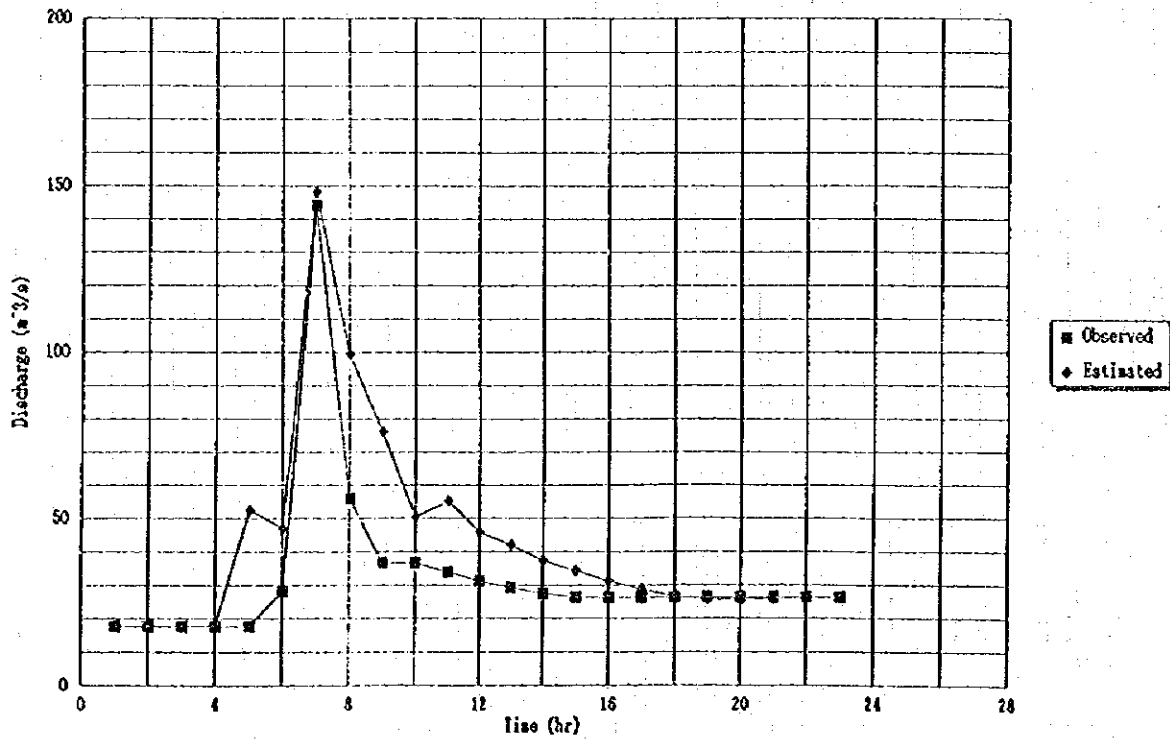


Fig. 6-22 Unit Hydrograph at the Los Llanos Site (26 Oct. 1993)

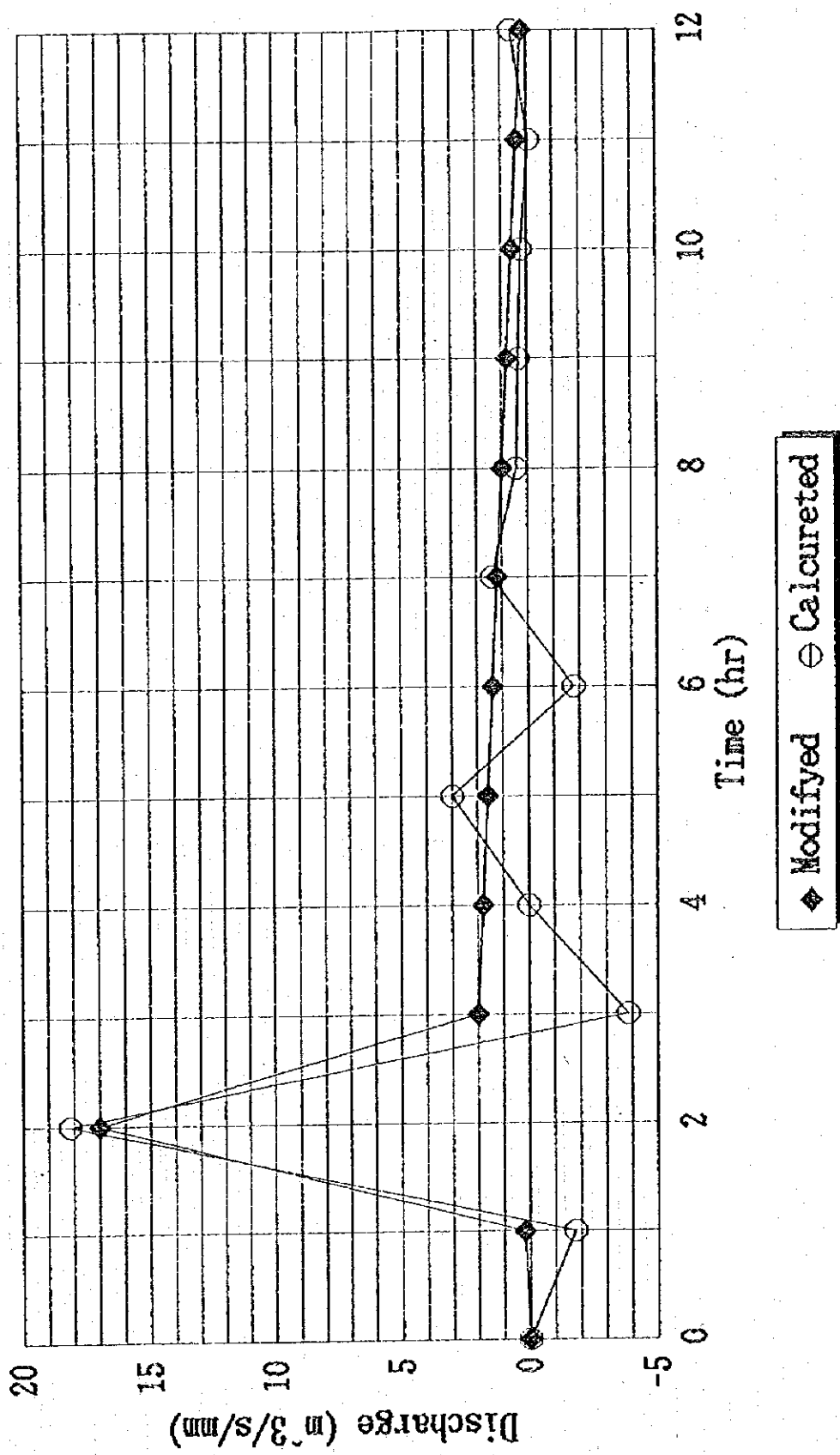


Fig. 6-23 Time Distribution of PMP in the Project Basin

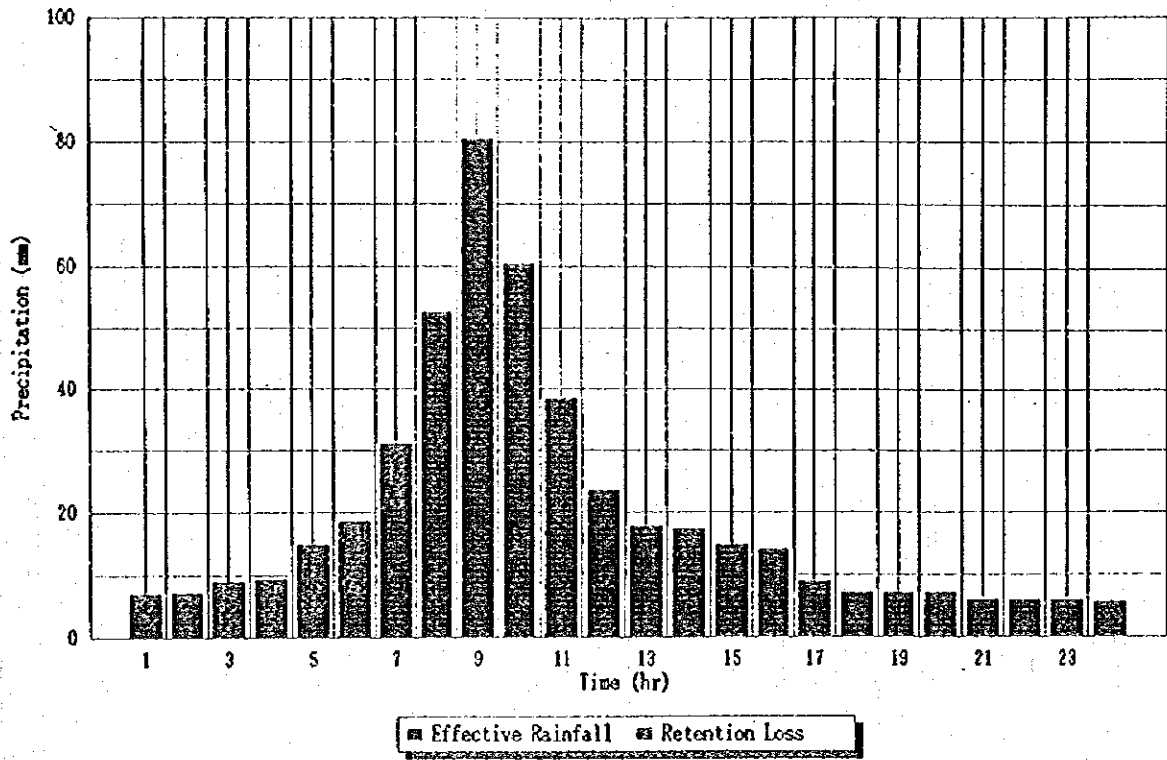


Fig. 6-24 Hydrograph of PMF at the Los Llanos Site

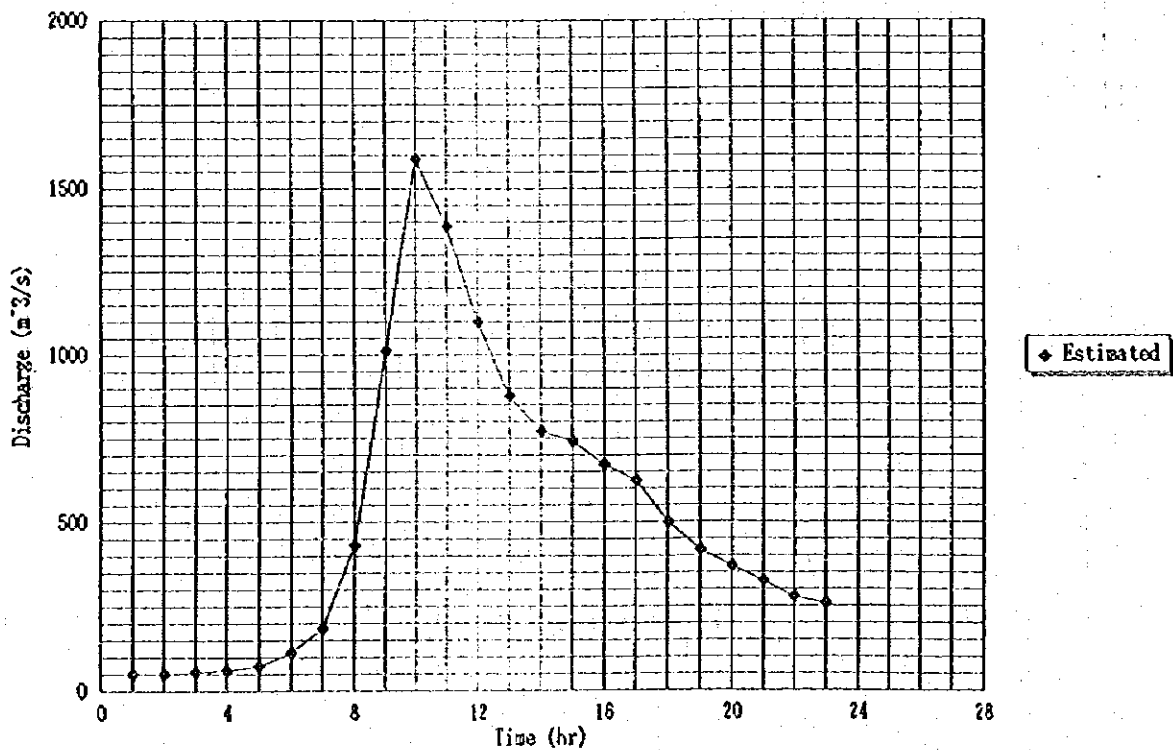
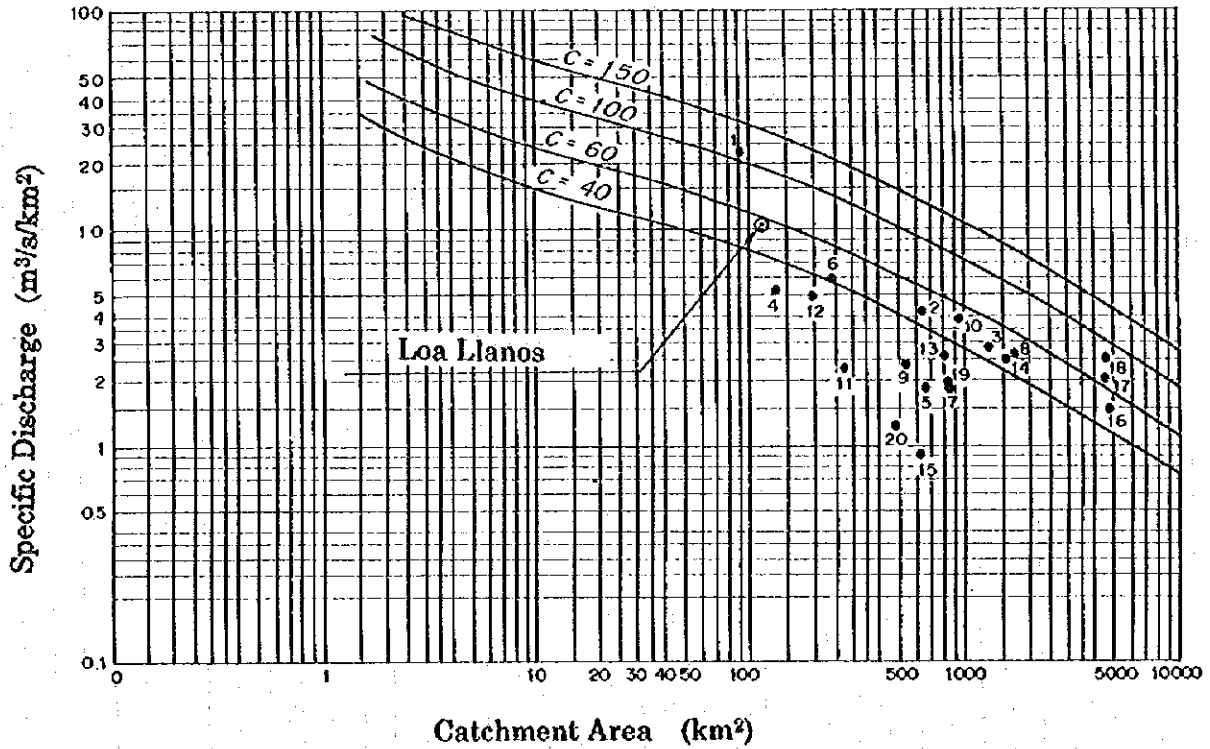


Fig. 6-25 Specific Flood Discharge for Existing and Los Llanos Dam Site



Maximum Experienced Flood in Costa Rica

No.	River	Site	Date	Discharge (m³/s)	C
1	Banano	Asuncion	1-8-76	2,170	114
2	Pacuare	Siquirres	9-4-70	2,920	81
3	Reventazon	Angostura	9-4-70	3,600	47
4	Pejibaya	El Humo	9-4-70	720	91
5	Reventazon	Cachi	9-4-70	1,300	22
6	Pejibaya	Oriente	9-4-70	1,380	42
7	Reventazon	El Congo	22-9-68	1,610	24
8	Reventazon	Pacua	9-4-70	4,260	47
9	Rio San Carlos	Jabillos	20-10-74	1,260	24
10	Tempisque	Guardia	27-10-60	2,060	64
11	Corobici	Corobici	23-9-74	742	18
12	Barranca	Nagatac	25-8-71	963	33
13	Virilla	San Miguel	25-11-68	2,210	34
14	Grande de Tarcoles	Balsa	24-11-69	1,976	22
15	Grande	Presa La Sarita	6-9-61	577	19
16	Grande de Terraba	Palmar	29-8-73	7,300	62
17	Grande de Terraba	Palmar	20-10-54	10,600	73
18	Grande de Terraba	Palmar	13-10-55	12,000	85
19	General	La Cuesta	29-8-73	1,830	25
20	Arenal	Sangregado	20-10-74	655	13

$$Q = 1.3C \left[\frac{A}{2.59} \right]^{0.936A^{-0.048}}$$

Los Llanos Project

River : Naranjo River
 Catchment Area : 147.0 km²
 Design Flood Discharge : 1,600 m³/s (PMF)
 Specific Discharge : 10.8 m³/s/km²
 C : 60

Table 6-1 Exiting Meteorological Gauging Stations

No.	Station	Type	East Longitude	North Latitude	Elevation (m)	Start of Observation
88015	Playon	B	09° 36'	84° 18'	65	May 1971
92004	Nranjillo	B	09° 34'	84° 02'	780	Aprl. 1981
94005	Providencia	PG	09° 31'	83° 52'	1,490	Feb. 1978
88023	Copey de Dota	B	09° 39'	83° 55'	1,880	Jun. 1981
90003	Quepos	PV	09° 26'	84° 09'	5	May 1941
90005	Finca Cerritos	PV	09° 30'	84° 09'	15	Aprl. 1971
90008	Anita	PV	09° 28'	84° 10'	15	Jan. 1977
90001	Bartolo	PV	09° 26'	84° 06'	10	Jun. 1945
92002	Finca Llorona	PV	09° 24'	84° 05'	10	Jul. 1956
92006	San Bernardo	PG	09° 37'	84° 18'	1,260	Mar. 1992
92008	Rio Naranjo	PG	09° 35'	83° 57'	1,500	Mar. 1992
92010	S.Carlos Dota	PG	09° 36'	83° 54'	2,500	Mar. 1992
92012	San Joaquin	PG	09° 35'	83° 59'	1,300	Mar. 1992
92002	Maritima	PG	09° 23'	84° 03'	8	Jun. 1971
94010	Poyecto Savegre	PG	09° 27'	83° 57'	200	Mar. 1980

Table 6-2 Exiting Runoff Gauging Stations

No.	Station	Catchment Area (km ²)	East Longitude	North Latitude	Elevation (m)	Start of Observation
28-01	Londres	210.2	09° 28.9'	84° 02.9'	170	01 Aug. 1970
28-02	Los Llanos	147.0	09° 27'	83° 57'	480	28 Mar. 1992

Table 6-3 Monthly Average In-flow at the Londres Gauging Station

Catchment Area : 210.2 km² Annual Precipitation 6577 mm

Unit : m³/s

Year	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	Average
1971	52.03	81.67	54.12	78.14	93.66	68.19	45.26	19.67	18.03	9.08	6.22	12.77	44.95
1972	29.57	24.29	23.50	29.56	35.06	50.45	40.98	20.96	9.35	6.37	5.71	9.31	23.86
1973	18.86	48.85	44.02	66.24	72.33	84.06	36.84	27.63	25.39	10.27	6.75	8.81	37.68
1974	29.44	52.49	33.26	38.29	52.86	74.67	39.01	14.70	8.79	6.26	6.18	7.36	30.31
1975	31.18	34.58	36.85	49.12	64.47	63.20	55.53	21.89	11.38	6.02	4.59	5.40	32.16
1976	14.89	25.84	19.99	21.80	38.24	47.18	28.73	18.55	7.51	5.75	5.17	6.31	19.64
1977	15.18	25.92	18.15	40.62	46.52	55.82	42.85	18.75	8.57	6.00	5.63	15.32	24.95
1978	21.15	36.61	37.02	44.36	53.63	63.39	40.44	19.42	10.19	6.94	6.08	11.61	29.37
1979	33.13	36.60	33.46	40.57	58.43	63.63	39.92	20.00	13.44	8.02	5.55	9.23	30.31
1980	22.85	34.75	35.52	35.34	40.81	48.28	53.11	21.58	11.95	7.93	6.96	13.86	27.74
1981	49.45	56.93	35.41	46.78	34.60	46.50	39.64	16.21	13.26	7.84	7.96	10.64	30.56
1982	37.02	25.59	25.89	25.87	33.55	40.85	21.44	9.46	6.04	5.68	6.83	7.69	20.60
1983	11.17	24.28	18.62	24.80	43.63	54.65	54.27	25.81	12.71	10.33	8.45	8.80	24.79
1984	32.61	42.00	48.60	38.97	48.55	56.26	44.47	14.86	6.90	5.00	3.91	4.70	29.03
1985	18.86	31.10	32.48	46.97	52.97	67.82	44.53	31.11	12.02	6.44	4.79	6.63	29.79
1986	24.30	32.55	31.08	26.52	33.48	51.99	31.67	13.55	7.39	5.21	4.13	7.16	22.46
1987	23.68	28.00	36.74	45.21	33.26	36.45	27.42	14.98	8.08	5.21	4.42	5.30	22.54
1988	18.62	35.86	37.28	56.83	77.21	67.31	28.70	13.88	8.14	4.48	3.38	4.74	29.83
1989	20.32	24.89	25.28	38.83	55.92	43.08	30.66	28.18	12.68	7.35	6.33	9.43	25.27
1990	29.32	36.89	38.27	38.70	42.23	60.35	40.56	23.75	17.73	7.95	5.75	9.20	29.37
1991	22.55	35.38	33.16	33.42	36.92	42.84	30.78	19.12	9.20	7.71	4.88	5.75	23.59
1992	10.43	33.18	37.96	28.14	53.85	51.66	36.38	19.70	8.31	6.11	5.83	8.57	25.01
1993	27.18	23.56	25.20	40.86	59.83	50.03	28.62	14.34	8.20	5.33	4.95	7.03	24.70
Total	593.79	831.91	761.86	935.94	1162.21	1288.66	881.81	443.10	255.26	157.23	130.45	195.62	638.50
Average	25.82	36.17	33.12	40.69	50.53	56.03	38.34	19.27	11.10	6.84	5.67	8.51	27.76
Min.	10.43	23.56	18.15	21.80	33.26	36.45	21.44	9.46	6.04	4.48	3.38	4.70	19.64
Max.	52.03	81.67	54.12	78.14	93.66	84.06	55.53	31.11	25.39	10.33	8.45	15.32	44.95

Table 6-4 Monthly Average In-flow at the Los Llanos Site

Catchment Area : 143.7 km² r = 0.95 95% (347th day) = 3.91 m³/s
 Q2802= 1.04128 * Q2801 ~ 0.81483 Unit : m³/s

Year	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	Average
1971	25.32	36.54	26.57	36.09	41.78	32.31	23.17	11.72	10.91	6.24	4.61	8.19	21.98
1972	16.27	13.97	13.59	16.35	18.83	25.27	21.37	12.35	6.42	4.70	4.30	6.16	13.35
1973	11.20	24.67	22.53	30.33	33.95	38.43	19.52	15.51	14.40	6.90	4.93	6.10	19.12
1974	16.24	26.10	17.97	20.05	26.29	34.88	20.47	9.24	6.11	4.63	4.58	5.25	15.99
1975	16.79	18.55	19.61	24.69	30.63	30.51	27.14	12.85	7.50	4.49	3.59	4.08	16.78
1976	9.07	14.71	11.92	12.78	20.09	23.82	15.99	8.66	5.38	4.32	3.94	4.64	11.31
1977	9.34	14.56	11.02	21.06	23.54	27.46	22.17	11.27	5.98	4.47	4.23	8.99	13.67
1978	12.42	19.47	19.73	22.81	26.74	30.42	21.08	11.62	6.89	5.05	4.52	7.46	15.74
1979	17.92	19.44	18.13	21.06	28.31	30.33	20.79	11.91	8.53	5.67	4.20	6.23	16.12
1980	13.20	18.52	18.76	18.92	21.26	24.46	26.42	12.68	7.83	5.62	5.05	8.65	15.11
1981	24.89	27.85	18.99	23.74	18.59	23.72	20.60	10.05	8.52	5.57	5.63	7.11	16.34
1982	19.45	14.59	14.67	14.71	18.03	21.30	12.62	6.49	4.50	4.27	4.95	5.47	11.81
1983	7.33	13.93	11.26	14.17	22.53	27.05	26.73	14.58	8.24	6.95	5.92	6.05	13.73
1984	17.48	21.79	24.60	20.57	24.57	27.75	22.79	9.32	5.02	3.86	3.16	3.62	15.44
1985	11.25	17.10	17.64	23.74	26.41	32.10	22.71	16.98	7.86	4.74	3.73	4.83	15.83
1986	13.31	17.77	17.10	15.02	18.16	25.98	17.37	8.66	5.30	3.99	3.30	5.12	12.61
1987	13.67	15.66	19.59	23.22	18.08	19.43	15.37	9.41	5.71	4.00	3.48	4.02	12.71
1988	11.15	18.94	19.80	27.91	35.41	31.86	15.89	8.84	5.73	3.53	2.80	3.64	15.52
1989	12.09	14.23	14.45	20.48	27.57	22.30	16.91	15.68	8.22	5.28	4.68	6.39	14.03
1990	16.25	19.67	20.17	20.38	21.96	29.29	21.14	13.70	10.81	5.62	4.33	6.29	15.87
1991	13.12	18.96	18.02	17.99	19.65	22.15	16.88	11.40	6.35	5.49	3.79	4.32	13.24
1992	6.94	17.92	20.11	15.77	26.67	25.86	19.43	11.70	5.84	4.59	4.12	5.35	13.69
1993	16.89	19.13	17.16	19.18	29.06	22.28	14.14	9.65	6.09	4.76	4.03	3.93	13.90
Total	331.59	444.07	413.39	481.02	578.11	628.96	460.70	264.27	168.14	114.74	97.87	131.89	343.87
Average	14.42	19.31	17.97	20.91	25.14	27.35	20.03	11.49	7.31	4.99	4.26	5.73	14.95
Min.	6.94	13.93	11.02	12.78	18.03	19.43	12.62	6.49	4.50	3.53	2.80	3.62	11.31
Max.	25.32	36.54	26.57	36.09	41.78	38.43	27.14	16.98	14.40	6.95	5.92	8.99	21.98

Table 6-5 Monthly Average In-flow at the Intake Channel Site (without Project)

Catchment Area

230 km²

Annual Precipitation

6.167 mm

Unit : m³/s

Year	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	Average
1971	53.38	83.79	55.53	80.17	96.09	69.96	46.44	20.18	18.50	9.26	6.38	13.10	46.07
1972	30.34	24.92	24.11	30.33	35.97	51.76	42.04	21.50	9.59	6.54	5.86	9.55	24.38
1973	19.35	50.12	45.16	67.96	74.21	86.24	37.80	28.35	26.05	10.54	6.93	9.04	38.48
1974	30.21	53.85	34.12	39.28	54.23	76.61	40.02	15.08	9.02	6.42	6.34	7.55	31.06
1975	31.99	35.48	37.81	50.40	66.15	64.84	56.97	22.46	11.68	6.18	4.71	5.54	32.85
1976	15.28	26.51	20.51	22.37	39.23	48.41	29.48	13.90	7.71	5.90	5.30	6.47	20.09
1977	15.57	26.59	18.62	41.68	47.73	57.27	43.96	19.24	8.79	6.16	5.78	15.72	25.59
1978	21.70	37.56	37.98	45.51	55.23	65.04	41.49	19.92	10.45	7.12	6.24	11.91	30.01
1979	33.99	37.55	34.33	41.62	59.95	65.28	40.96	20.52	13.79	8.23	5.69	9.47	30.95
1980	23.44	35.65	36.44	36.26	41.87	49.53	54.49	22.14	12.26	8.14	7.14	14.22	28.47
1981	50.73	58.41	36.33	48.00	35.50	47.71	40.67	16.63	13.60	8.04	8.17	10.92	31.23
1982	37.98	26.25	26.56	26.54	34.42	41.91	22.00	9.71	6.20	5.83	7.01	7.89	21.03
1983	11.46	24.91	19.10	25.44	44.76	56.07	55.68	26.48	13.04	10.60	8.67	9.03	25.44
1984	33.46	43.09	49.86	39.98	49.81	57.72	45.63	15.25	7.08	5.13	4.01	4.82	29.65
1985	19.35	31.91	33.32	48.19	54.35	69.58	45.69	31.92	12.33	6.61	4.91	6.80	30.41
1986	24.93	33.50	31.89	27.21	34.35	53.34	32.49	13.90	7.58	5.35	4.24	7.35	23.01
1987	24.30	28.73	37.69	46.38	34.12	37.40	28.13	15.37	8.29	5.35	4.53	5.44	22.98
1988	19.10	36.79	38.25	58.31	79.22	69.06	29.45	14.24	8.35	4.60	3.47	4.86	30.47
1989	20.85	25.54	25.94	39.84	57.37	44.20	31.46	28.91	13.01	7.54	6.49	9.68	25.90
1990	30.08	37.85	39.26	39.71	43.33	61.92	41.61	24.37	18.19	8.16	5.90	9.44	29.98
1991	23.14	36.30	34.02	34.29	37.88	43.95	31.58	19.62	9.44	7.91	5.01	5.90	24.09
1992	10.70	34.04	38.95	28.87	55.25	53.00	37.33	20.21	8.53	6.27	5.98	8.79	25.66
1993	27.89	24.17	25.85	41.92	61.38	51.33	29.36	14.71	8.41	5.47	5.08	7.21	25.23
Total	609.22	853.53	781.66	960.26	1192.41	1322.15	904.72	454.61	261.89	161.32	133.84	200.70	653.03
Average	26.49	37.11	33.99	41.75	51.84	57.48	39.34	19.77	11.39	7.01	5.82	8.73	28.39
Min.	10.70	24.17	18.62	22.37	34.12	37.40	22.00	9.71	6.20	4.60	3.47	4.82	20.09
Max.	53.38	83.79	55.53	80.17	96.09	86.24	56.97	31.92	26.05	10.60	8.67	15.72	46.07

Table 6-6 Monthly Average In-flow at the Intake Channel Site (with Project)

Q_{max} = 27 m³/s

Catchment Area : 230 km²

Unit : m³/s

Year	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	Average
1971	28.06	56.79	28.96	53.17	69.09	42.96	23.27	8.46	7.59	3.02	1.77	4.91	27.34
1972	14.07	10.95	10.52	13.98	17.14	26.49	20.67	9.15	3.17	1.84	1.56	3.39	11.08
1973	8.15	25.45	22.63	40.96	47.21	59.24	18.28	12.84	11.65	3.64	2.00	2.94	21.25
1974	13.97	27.75	16.15	19.23	27.94	49.61	19.55	5.84	2.91	1.79	1.76	2.30	15.74
1975	15.20	16.93	18.20	25.71	39.15	37.84	29.97	9.61	4.18	1.69	1.12	1.46	16.75
1976	6.21	11.80	8.59	9.59	19.14	24.59	13.49	5.24	2.33	1.58	1.36	1.83	8.81
1977	6.23	12.03	7.60	20.62	24.19	30.27	21.79	7.97	2.81	1.69	1.55	6.73	11.96
1978	9.28	18.09	18.25	22.70	28.49	38.04	20.41	8.30	3.56	2.07	1.72	4.45	14.61
1979	16.07	18.11	16.20	20.56	32.95	38.28	20.17	8.61	5.26	2.56	1.49	3.24	15.29
1980	10.24	17.13	17.68	17.34	20.61	25.07	28.07	9.46	4.43	2.52	2.09	5.57	13.35
1981	25.84	31.41	17.34	24.26	16.91	23.99	20.07	6.58	5.08	2.47	2.54	3.81	15.03
1982	18.53	11.66	11.89	11.83	16.39	20.61	9.38	3.22	1.70	1.56	2.06	2.42	9.27
1983	4.13	10.98	7.84	11.27	22.23	29.07	28.95	11.90	4.80	3.65	2.75	2.98	11.71
1984	15.98	21.30	25.26	19.41	25.24	30.72	22.84	5.93	2.06	1.27	0.85	1.20	14.34
1985	8.10	14.81	15.68	24.45	27.94	42.58	22.98	14.94	4.47	1.87	1.18	1.97	15.08
1986	11.62	15.73	14.79	12.19	16.19	27.36	15.12	5.24	2.28	1.36	0.94	2.23	10.42
1987	10.63	13.07	18.10	23.16	16.04	17.97	12.76	5.96	2.58	1.35	1.05	1.42	10.34
1988	7.95	17.85	18.45	31.31	52.22	42.06	13.56	5.40	2.62	1.07	0.67	1.22	16.20
1989	8.76	11.31	11.49	19.36	30.37	21.90	14.55	13.23	4.79	2.26	1.81	3.29	11.93
1990	13.83	18.18	19.09	19.33	21.37	34.92	20.47	10.67	7.38	2.54	1.57	3.15	14.37
1991	10.02	17.34	16.00	16.30	18.23	21.80	14.70	8.22	3.09	2.42	1.22	1.58	10.91
1992	3.76	16.12	18.84	13.10	28.58	27.14	17.90	8.51	2.69	1.68	1.86	3.44	11.97
1993	11.00	5.04	8.69	22.74	34.38	29.05	15.22	5.06	2.32	0.71	1.05	3.28	11.55
Total	277.63	419.85	368.27	492.57	652.01	741.58	444.16	190.34	93.75	46.58	35.97	68.81	319.29
Average	12.07	18.25	16.01	21.42	28.35	32.24	19.31	8.28	4.08	2.03	1.56	2.99	13.88
Min.	3.76	5.04	7.60	9.59	16.04	17.97	9.38	3.22	1.70	0.71	0.67	1.20	8.81
Max.	28.06	56.79	28.96	53.17	69.09	59.24	29.97	14.94	11.65	3.65	2.75	6.73	27.34

Table 6-7 Monthly Average In-flow at the River Mouth of Naranjo (without Project)

Catchment Area 332 km² Annual Precipitation 5.543 mm

Unit : m³/s

Year	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	Average
1971	69.26	108.71	72.04	104.01	124.67	90.77	60.25	26.18	24.00	12.02	8.28	17.00	59.77
1972	39.36	32.33	31.28	39.35	46.67	67.16	54.55	27.90	12.45	8.48	7.60	12.39	31.63
1973	25.11	65.03	58.60	88.17	96.28	111.90	49.04	36.78	33.80	13.67	8.99	11.73	49.92
1974	39.19	59.87	44.27	50.97	70.36	99.40	51.93	19.57	11.70	8.33	8.23	9.80	40.30
1975	41.50	46.03	49.05	65.39	85.82	84.13	73.92	29.14	15.15	8.01	6.11	7.19	42.62
1976	19.82	34.40	26.61	29.02	50.90	62.80	38.24	18.04	10.00	7.65	6.88	8.40	26.06
1977	20.21	34.50	24.16	54.07	61.92	74.30	57.04	24.96	11.41	7.99	7.49	20.39	33.20
1978	28.15	48.73	49.28	59.05	71.66	84.38	53.83	25.85	13.56	9.24	8.09	15.45	38.94
1979	44.10	48.72	44.54	54.00	77.78	84.70	53.14	26.62	17.89	10.68	7.39	12.29	40.15
1980	30.42	46.26	47.28	47.04	54.32	64.27	70.70	28.73	15.91	10.56	9.26	18.45	36.93
1981	65.82	75.78	47.14	62.27	46.06	61.90	52.77	21.58	17.65	10.44	10.60	14.16	40.51
1982	49.28	34.06	34.46	34.44	44.66	54.38	28.54	12.59	8.04	7.56	9.09	10.24	27.28
1983	14.87	32.32	24.79	33.01	58.08	72.75	72.24	34.36	16.92	13.75	11.25	11.71	33.00
1984	43.41	55.91	64.69	51.87	64.63	74.89	59.20	19.78	9.18	6.66	5.20	6.26	38.47
1985	25.11	41.40	43.24	62.52	70.51	90.28	59.28	41.41	16.00	8.57	6.38	8.83	39.46
1986	32.35	43.46	41.37	35.30	44.57	69.21	42.16	18.04	9.84	6.94	5.50	9.53	29.85
1987	31.52	37.27	48.91	60.18	44.27	48.52	36.50	19.94	10.76	6.94	5.88	7.06	29.81
1988	24.79	47.73	49.62	75.65	102.78	89.60	38.20	18.48	10.84	5.96	4.50	6.31	39.54
1989	27.05	33.13	33.65	51.69	74.44	57.35	40.81	37.51	16.88	9.78	8.43	12.55	33.61
1990	39.03	49.11	50.94	51.51	56.21	80.33	53.99	31.61	23.60	10.58	7.65	12.25	38.90
1991	30.02	47.10	44.14	44.49	49.15	57.03	40.97	25.45	12.25	10.26	6.50	7.65	31.25
1992	13.88	44.17	50.53	37.46	71.88	68.77	48.43	26.22	11.06	8.13	7.76	11.41	33.29
1993	36.18	31.36	33.54	54.39	79.64	66.60	38.10	19.09	10.92	7.09	6.59	9.36	32.74
Total	790.42	1107.39	1014.14	1245.86	1547.06	1715.38	1173.81	589.83	339.79	209.29	173.65	260.40	847.25
Average	34.37	48.15	44.09	54.17	67.26	74.58	51.04	25.64	14.77	9.10	7.55	11.32	36.84
Min.	13.88	31.36	24.16	29.02	44.27	48.52	28.54	12.59	8.04	5.96	4.50	6.26	26.06
Max.	69.26	108.71	72.04	104.01	124.67	111.90	73.92	41.41	33.80	13.75	11.25	20.39	59.77

Table 6-3 Monthly Average in-flow at the River Mouth of Naranjo (with Project)

$Q_{max} = 27 \text{ m}^3/\text{s}$

Catchment Area : 332 km^2

Unit : m^3/s

Year	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	Average
1971	43.94	81.71	45.47	77.01	97.67	63.77	37.08	14.46	13.09	5.78	3.67	8.81	41.04
1972	23.09	18.36	17.69	23.00	27.84	41.89	33.18	15.55	6.03	3.78	3.30	6.23	18.33
1973	13.91	40.36	36.07	61.17	69.28	84.90	29.52	21.27	19.40	6.77	4.06	5.63	32.69
1974	22.95	43.77	26.30	30.92	44.07	72.40	31.46	10.33	5.59	3.70	3.65	4.55	24.97
1975	24.71	27.48	29.44	40.70	58.82	57.13	46.92	16.29	7.65	3.52	2.52	3.11	26.52
1976	10.75	19.69	14.69	16.24	30.81	38.98	22.25	9.38	4.62	3.33	2.94	3.76	14.79
1977	10.87	19.94	13.14	33.01	38.38	47.30	34.87	13.69	5.43	3.52	3.26	11.40	19.57
1978	15.73	29.26	29.55	36.24	44.92	57.38	32.75	14.23	6.67	4.19	3.57	7.99	23.54
1979	26.18	29.28	26.41	32.94	50.78	57.70	32.35	14.71	9.36	5.01	3.19	6.06	24.50
1980	17.22	27.74	28.52	28.12	33.06	39.81	44.28	16.05	8.08	4.94	4.21	9.80	21.82
1981	40.93	48.78	28.15	38.53	27.47	38.18	32.17	11.53	9.13	4.87	4.97	7.05	24.31
1982	29.83	19.47	19.79	19.73	26.63	33.08	15.92	6.10	3.54	3.29	4.14	4.77	15.52
1983	7.54	18.39	13.53	18.84	35.55	45.75	45.51	19.78	8.68	6.80	5.33	5.66	19.28
1984	25.93	34.12	40.09	31.30	40.06	47.89	36.41	10.46	4.16	2.80	2.04	2.64	23.16
1985	13.86	24.30	25.60	38.78	44.10	63.28	36.57	24.43	8.14	3.83	2.65	4.00	24.13
1986	19.04	25.69	24.27	20.28	26.41	43.23	24.79	9.38	4.54	2.95	2.20	4.41	17.26
1987	17.85	21.61	29.32	36.96	26.19	29.09	21.13	10.53	5.05	2.94	2.40	3.04	17.18
1988	13.64	28.79	29.82	48.65	75.78	62.60	22.31	9.64	5.11	2.43	1.70	2.67	25.26
1989	14.96	18.90	19.20	31.21	47.44	35.05	23.90	21.83	8.66	4.50	3.75	6.16	19.63
1990	22.78	29.44	30.77	31.13	34.25	53.33	32.85	17.91	12.79	4.96	3.32	5.96	23.29
1991	16.90	28.14	26.12	26.50	29.50	34.88	24.09	14.05	5.90	4.77	2.71	3.33	18.07
1992	6.94	26.25	30.42	21.69	45.01	42.91	29.00	14.52	5.22	3.54	3.64	6.06	19.60
1993	19.29	12.23	16.88	35.21	52.64	44.32	23.96	9.44	4.83	2.33	2.56	5.43	19.05
Total	458.83	673.71	600.75	778.17	1006.66	1134.81	713.25	325.56	171.65	94.55	75.78	128.51	513.52
Average	19.95	29.29	26.12	33.83	43.77	49.34	31.01	14.15	7.46	4.11	3.29	5.59	22.33
Min.	6.94	12.23	13.14	16.24	26.19	29.09	15.92	6.10	3.54	2.33	1.70	2.64	14.79
Max.	43.94	81.71	45.47	77.01	97.67	84.90	46.92	24.43	19.40	6.80	5.33	11.40	41.04

Table 6-9 Monthly Average In-flow at the Power House Site (without Project)

Catchment Area : 24.5 km² Annual Precipitation : 7.577 mm

Unit : m³/s

Year	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	Average
1971	6.99	10.97	7.27	10.49	12.58	9.16	6.08	2.64	2.42	1.21	0.84	1.71	6.03
1972	3.97	3.26	3.16	3.97	4.71	6.77	5.50	2.81	1.26	0.86	0.77	1.25	3.19
1973	2.53	6.56	5.91	8.89	9.71	11.29	4.95	3.71	3.41	1.38	0.91	1.18	5.04
1974	3.95	7.05	4.47	5.14	7.10	10.03	5.24	1.97	1.18	0.84	0.83	0.99	4.07
1975	4.19	4.64	4.95	6.60	8.66	8.49	7.46	2.94	1.53	0.81	0.62	0.73	4.30
1976	2.00	3.47	2.68	2.93	5.13	6.34	3.86	1.82	1.01	0.77	0.69	0.85	2.63
1977	2.84	3.48	2.44	5.45	6.25	7.50	5.75	2.52	1.15	0.81	0.76	2.06	3.35
1978	2.84	4.92	4.97	5.96	7.23	8.51	5.43	2.61	1.37	0.93	0.82	1.56	3.93
1979	4.45	4.91	4.49	5.45	7.85	8.54	5.36	2.69	1.80	1.08	0.75	1.24	4.05
1980	3.07	4.67	4.77	4.75	5.48	6.48	7.13	2.90	1.60	1.06	0.93	1.86	3.73
1981	6.64	7.64	4.75	6.28	4.65	6.24	5.32	2.18	1.78	1.05	1.07	1.43	4.09
1982	4.97	3.44	3.48	3.47	4.51	5.49	2.88	1.27	0.81	0.76	0.92	1.03	2.75
1983	1.50	3.26	2.50	3.33	5.86	7.34	7.29	3.47	1.71	1.39	1.13	1.18	3.33
1984	4.38	5.64	6.53	5.23	6.52	7.55	5.97	2.00	0.93	0.67	0.53	0.63	3.88
1985	2.53	4.18	4.36	6.31	7.11	9.11	5.98	4.18	1.61	0.86	0.64	0.89	3.98
1986	3.26	4.38	4.17	3.56	4.50	6.98	4.25	1.82	0.99	0.70	0.55	0.96	3.01
1987	3.18	3.76	4.93	6.07	4.47	4.89	3.68	2.01	1.08	0.70	0.59	0.71	3.01
1988	2.50	4.82	5.01	7.63	10.37	9.04	3.85	1.86	1.09	0.60	0.45	0.64	3.99
1989	2.73	3.34	3.39	5.21	7.51	5.78	4.12	3.78	1.70	0.99	0.85	1.27	3.39
1990	3.94	4.95	5.14	5.20	5.67	8.10	5.45	3.19	2.38	1.07	0.77	1.24	3.92
1991	3.03	4.75	4.45	4.49	4.96	5.75	4.13	2.57	1.24	1.04	0.66	0.77	3.15
1992	1.40	4.46	5.10	3.78	7.23	6.94	4.89	2.65	1.12	0.82	0.78	1.15	3.36
1993	3.65	3.16	3.38	5.49	8.03	6.72	3.84	1.93	1.10	0.72	0.66	0.94	3.30
Total	79.73	111.71	102.30	125.68	156.06	173.04	118.41	59.50	34.28	21.11	17.52	26.27	85.47
Average	3.47	4.86	4.45	5.46	6.79	7.52	5.15	2.59	1.49	0.92	0.76	1.14	3.72
Min.	1.40	3.16	2.44	2.93	4.47	4.89	2.88	1.27	0.81	0.60	0.45	0.63	2.63
Max.	6.99	10.97	7.27	10.49	12.58	11.29	7.46	4.18	3.41	1.39	1.13	2.06	6.03

Table 6-10 Monthly Average In-flow at the Power House Site (with Project)

Q_{max.} = 27 m³/s

Catchment Area : 24.5 km²

Unit : m³/s

Year	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	Average
1971	32.31	37.97	33.84	37.49	39.58	36.16	29.25	14.36	13.33	7.45	5.45	9.90	24.76
1972	20.24	17.23	16.75	20.32	23.54	32.04	26.87	15.16	7.68	5.56	5.07	7.41	16.49
1973	13.73	31.23	28.44	35.89	36.71	38.29	24.47	19.22	17.81	8.28	5.84	7.28	22.27
1974	20.19	33.15	22.44	25.19	33.39	37.03	25.71	11.21	7.29	5.47	5.41	6.24	19.39
1975	20.98	23.19	24.56	31.29	35.66	35.49	34.46	15.79	9.03	5.30	4.21	4.81	20.40
1976	11.07	18.18	14.60	15.71	25.22	30.16	19.85	10.48	6.39	5.09	4.63	5.49	13.91
1977	11.38	18.04	13.46	26.51	29.79	34.50	27.92	13.79	7.13	5.28	4.99	11.05	16.99
1978	15.26	24.39	24.70	28.77	33.97	35.51	26.51	14.23	8.26	5.98	5.34	9.02	19.33
1979	22.37	24.35	22.62	26.51	34.85	35.54	26.15	14.60	10.33	6.75	4.95	7.47	19.71
1980	16.27	23.19	23.53	23.67	26.74	30.94	33.55	15.58	9.43	6.68	5.98	10.51	18.84
1981	31.53	34.64	23.74	30.02	23.24	29.96	25.92	12.23	10.30	6.62	6.70	8.54	20.29
1982	24.42	18.03	18.15	18.18	22.54	26.79	15.50	7.76	5.31	5.03	5.87	6.50	14.51
1983	8.83	17.19	13.76	17.50	28.39	34.34	34.02	18.05	9.95	8.34	7.05	7.23	17.05
1984	21.86	27.43	31.13	25.80	31.09	34.55	28.76	11.32	5.95	4.53	3.69	4.25	19.20
1985	13.78	21.28	22.00	30.05	33.52	36.11	28.69	21.16	9.47	5.60	4.37	5.72	19.31
1986	16.57	22.15	21.27	18.58	22.66	32.96	21.62	10.48	6.29	4.69	3.85	6.08	15.60
1987	16.85	19.42	24.52	29.29	22.55	24.32	19.05	11.42	6.79	4.70	4.07	4.73	15.64
1988	13.65	23.76	24.81	34.63	37.37	36.04	19.74	10.70	6.82	4.13	3.25	4.28	18.27
1989	14.82	17.57	17.84	25.69	34.51	28.08	21.03	19.46	9.92	6.27	5.53	7.66	17.37
1990	20.19	24.62	25.31	25.58	27.63	35.10	26.59	16.89	13.19	6.69	5.10	7.53	19.53
1991	16.15	23.71	22.47	22.48	24.61	27.90	21.01	13.97	7.59	6.53	4.45	5.09	16.33
1992	8.34	22.38	25.21	19.55	33.90	32.80	24.32	14.35	6.96	5.41	4.90	6.50	17.05
1993	20.54	22.29	20.54	24.67	35.03	29.00	17.98	11.58	7.19	5.48	4.69	4.87	16.99
Total	411.32	545.39	515.69	593.37	696.46	753.61	578.97	323.77	202.42	135.85	115.39	158.16	419.20
Average	17.88	23.71	22.42	25.80	30.28	32.77	25.17	14.08	8.80	5.91	5.02	6.88	18.23
Min.	8.34	17.19	13.46	15.71	22.54	24.32	15.50	7.76	5.31	4.13	3.25	4.25	13.91
Max.	32.31	37.97	33.84	37.49	39.58	38.29	34.46	21.16	17.81	8.34	7.05	11.05	24.76

Table 6-11 Monthly Average In-flow at the Cerritos Site (without Project)

Catchment Area : 68 km² Annual Precipitation 7.241 mm

Unit : m³/s

Year	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	Average
1971	18.53	29.09	19.28	27.83	33.36	24.29	16.12	7.01	6.42	3.22	2.22	4.55	15.99
1972	10.53	8.65	8.37	10.53	12.49	17.97	14.60	7.47	3.33	2.27	2.03	3.32	8.46
1973	6.72	17.40	15.68	23.59	25.76	29.94	13.12	9.84	9.04	3.66	2.40	3.14	13.36
1974	10.49	18.69	11.85	13.64	18.83	26.59	13.89	5.24	3.13	2.23	2.20	2.62	10.78
1975	11.11	12.32	13.12	17.49	22.96	22.51	19.78	7.80	4.05	2.14	1.63	1.92	11.40
1976	5.30	9.20	7.12	7.76	13.62	16.80	10.23	4.83	2.67	2.05	1.84	2.25	6.97
1977	5.41	9.23	6.46	14.47	16.57	19.88	15.26	6.68	3.05	2.14	2.01	5.46	8.88
1978	7.53	13.04	13.19	15.80	19.17	22.58	14.40	6.92	3.63	2.47	2.17	4.14	10.42
1979	11.80	13.04	11.92	14.45	20.81	22.66	14.22	7.12	4.79	2.86	1.98	3.29	10.74
1980	8.14	12.38	12.65	12.59	14.53	17.20	18.92	7.69	4.26	2.82	2.48	4.94	9.88
1981	17.61	20.28	12.61	16.66	12.32	16.56	14.12	5.77	4.72	2.79	2.84	3.79	10.84
1982	13.19	9.11	9.22	9.21	11.95	14.55	7.64	3.37	2.15	2.02	2.43	2.74	7.30
1983	3.98	8.65	6.63	8.83	15.54	19.46	19.33	9.19	4.53	3.68	3.01	3.13	8.83
1984	11.61	14.96	17.31	13.88	17.29	20.04	15.84	5.29	2.46	1.78	1.39	1.67	10.29
1985	6.72	11.08	11.57	16.73	18.87	24.15	15.86	11.08	4.28	2.29	1.71	2.36	10.56
1986	8.65	11.63	11.07	9.45	11.92	18.52	11.28	4.83	2.63	1.86	1.47	2.55	7.99
1987	8.43	9.97	13.09	16.10	11.85	12.98	9.77	5.34	2.88	1.86	1.57	1.89	7.98
1988	6.63	12.77	13.28	20.24	27.50	23.97	10.22	4.94	2.90	1.60	1.20	1.69	10.58
1989	7.24	8.86	9.00	13.83	19.92	15.34	10.92	10.04	4.52	2.62	2.25	3.36	8.99
1990	10.44	13.14	13.63	13.78	15.04	21.49	14.45	8.46	6.31	2.83	2.05	3.28	10.41
1991	8.03	12.60	11.81	11.90	13.15	15.26	10.96	6.81	3.28	2.75	1.74	2.05	8.36
1992	3.71	11.82	13.52	10.02	19.18	18.40	12.96	7.02	2.96	2.18	2.08	3.05	8.91
1993	9.68	8.39	8.98	14.55	21.31	17.82	10.19	5.11	2.92	1.90	1.76	2.50	8.76
Total	211.49	296.29	271.35	333.35	413.93	458.97	314.07	157.82	90.91	56.00	46.46	69.67	226.69
Average	9.20	12.88	11.80	14.49	18.00	19.96	13.66	6.86	3.95	2.43	2.02	3.03	9.86
Min.	3.71	8.39	6.46	7.76	11.85	12.98	7.64	3.37	2.15	1.60	1.20	1.67	6.97
Max.	18.53	29.09	19.28	27.83	33.36	29.94	19.78	11.08	9.04	3.68	3.01	5.46	15.99

Table 6-12 Monthly Average In-flow at the Cerritos Site (with Project)

$Q_{max} = 27 \text{ m}^3/\text{s}$

Catchment Area : 230 km^2

Unit : m^3/s

Year	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	Average
1971	43.85	56.09	45.85	54.83	60.36	51.29	39.29	18.73	17.33	9.46	6.83	12.74	34.72
1972	26.80	22.62	21.96	26.88	31.32	43.24	35.97	19.82	9.75	6.97	6.33	9.48	21.76
1973	17.92	42.07	38.21	50.59	52.76	56.94	32.64	25.35	23.44	10.56	7.33	9.24	30.59
1974	26.73	44.79	29.82	33.69	45.12	53.59	34.36	14.48	9.24	6.86	6.78	7.87	26.11
1975	27.90	30.87	32.73	42.18	49.96	49.51	46.78	20.65	11.55	6.63	5.22	6.00	27.50
1976	14.37	23.91	19.04	20.54	33.71	40.62	26.22	13.49	8.05	6.37	5.78	6.89	18.25
1977	14.75	23.79	17.48	35.53	40.11	46.88	37.43	17.95	9.03	6.61	6.24	14.45	22.52
1978	19.95	32.51	32.92	38.61	45.91	49.58	35.48	18.54	10.52	7.52	6.69	11.60	25.82
1979	29.72	32.48	30.05	35.51	47.81	49.66	35.01	19.03	13.32	8.53	6.18	9.52	26.40
1980	21.34	30.90	31.41	31.51	35.79	41.66	45.34	20.37	12.09	8.44	7.53	13.59	25.00
1981	42.50	47.28	31.60	40.40	30.91	40.28	34.72	15.82	13.24	8.36	8.47	10.90	27.04
1982	32.64	23.70	23.89	23.92	29.98	35.85	20.26	9.86	6.65	6.29	7.38	8.21	19.05
1983	11.31	22.58	17.89	23.00	38.07	46.46	46.06	23.77	12.77	10.63	8.93	9.18	22.55
1984	29.09	36.75	41.91	34.45	41.86	47.04	38.63	14.61	7.48	5.64	4.55	5.29	25.61
1985	17.97	28.18	29.21	40.47	45.28	51.15	38.57	28.06	12.14	7.03	5.44	7.19	25.89
1986	21.96	29.40	28.17	24.47	30.08	44.50	28.65	13.49	7.93	5.85	4.77	7.67	20.58
1987	22.10	25.63	32.68	39.32	29.93	32.41	25.14	14.75	8.59	5.86	5.05	5.91	20.61
1988	17.78	31.71	33.08	47.24	54.50	50.97	26.11	13.78	8.63	5.13	4.00	5.33	24.86
1989	19.33	23.09	23.45	34.31	46.92	37.64	27.83	25.72	12.74	7.90	6.93	9.75	22.97
1990	26.69	32.81	33.80	34.16	37.00	48.49	35.59	22.16	17.12	8.45	6.38	9.57	26.02
1991	21.15	31.56	29.83	29.89	32.80	37.41	27.84	18.21	9.63	8.24	5.53	6.37	21.54
1992	10.65	29.74	33.63	25.79	45.85	44.26	32.39	18.72	8.80	6.77	6.20	8.40	22.60
1993	26.57	27.52	26.14	33.73	48.31	40.10	24.33	14.76	9.01	6.66	5.79	6.43	22.45
Total	543.08	729.97	684.74	801.04	954.33	1039.54	774.63	422.09	259.05	170.74	144.33	201.56	560.42
Average	23.61	31.74	29.77	34.83	41.49	45.20	33.68	18.35	11.26	7.42	6.28	8.76	24.37
Min.	10.65	22.58	17.48	20.54	29.93	32.41	20.26	9.86	6.65	5.13	4.00	5.29	18.25
Max.	43.85	56.09	45.85	54.83	60.36	56.94	46.78	28.06	23.44	10.63	8.93	14.45	34.72

Table 6-13 Monthly Average In-flow at the Tocoñi Site

Catchment Area : 5 km²

Unit : m³/s

Year	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	Average
1971	1.24	1.94	1.29	1.86	2.23	1.62	1.08	0.47	0.43	0.21	0.15	0.30	1.07
1972	0.70	0.58	0.56	0.70	0.83	1.20	0.97	0.50	0.22	0.15	0.14	0.22	0.57
1973	0.45	1.16	1.05	1.58	1.72	2.00	0.88	0.66	0.60	0.24	0.16	0.21	0.89
1974	0.70	1.25	0.79	0.91	1.26	1.78	0.93	0.35	0.21	0.15	0.15	0.18	0.72
1975	0.74	0.82	0.88	1.17	1.53	1.50	1.32	0.52	0.27	0.14	0.11	0.13	0.76
1976	0.35	0.61	0.48	0.52	0.91	1.12	0.68	0.32	0.18	0.14	0.12	0.15	0.47
1977	0.36	0.62	0.43	0.97	1.11	1.33	1.02	0.45	0.20	0.14	0.13	0.36	0.59
1978	0.50	0.87	0.88	1.06	1.28	1.51	0.96	0.46	0.24	0.17	0.14	0.28	0.70
1979	0.79	0.87	0.80	0.97	1.39	1.51	0.95	0.48	0.32	0.19	0.13	0.22	0.72
1980	0.54	0.83	0.84	0.84	0.97	1.15	1.26	0.51	0.28	0.19	0.17	0.33	0.66
1981	1.18	1.35	0.84	1.11	0.82	1.11	0.94	0.39	0.32	0.19	0.19	0.25	0.72
1982	0.88	0.61	0.62	0.62	0.80	0.87	0.51	0.23	0.14	0.14	0.16	0.18	0.48
1983	0.27	0.58	0.44	0.59	1.04	1.30	1.29	0.61	0.30	0.25	0.20	0.21	0.59
1984	0.78	1.00	1.16	0.93	1.15	1.34	1.06	0.35	0.16	0.12	0.09	0.11	0.69
1985	0.45	0.74	0.77	1.12	1.26	1.61	1.06	0.74	0.29	0.15	0.11	0.16	0.71
1986	0.58	0.78	0.74	0.63	0.80	1.24	0.75	0.32	0.18	0.12	0.10	0.17	0.53
1987	0.56	0.67	0.87	1.08	0.79	0.87	0.65	0.36	0.19	0.12	0.11	0.13	0.53
1988	0.44	0.85	0.89	1.35	1.84	1.60	0.68	0.33	0.19	0.11	0.08	0.11	0.71
1989	0.48	0.59	0.60	0.92	1.33	1.02	0.73	0.67	0.30	0.17	0.15	0.22	0.60
1990	0.70	0.88	0.91	0.92	1.00	1.44	0.96	0.56	0.42	0.19	0.14	0.22	0.70
1991	0.54	0.84	0.79	0.79	0.88	1.02	0.73	0.45	0.22	0.18	0.12	0.14	0.56
1992	0.25	0.79	0.90	0.67	1.28	1.23	0.87	0.47	0.20	0.15	0.14	-0.20	0.59
1993	0.65	0.56	0.60	0.97	1.42	1.19	0.68	0.34	0.20	0.13	0.12	0.17	0.59
Total	14.12	19.79	18.12	22.26	27.65	30.65	20.98	10.54	6.07	3.74	3.10	4.65	15.14
Average	0.61	0.86	0.79	0.97	1.20	1.33	0.91	0.46	0.26	0.16	0.13	0.20	0.66
Min.	0.25	0.56	0.43	0.52	0.79	0.87	0.51	0.23	0.14	0.11	0.08	0.11	0.47
Max.	1.24	1.94	1.29	1.86	2.23	2.00	1.32	0.74	0.60	0.25	0.20	0.36	1.07

Table 6-14 Monthly Average In-flow at the River Mouth of Paquita (without Project)

Catchment Area

: 178.5 km²

Annual Precipitation

6.207 mm

Unit : m³/s

Year	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	Average
1971	41.70	65.45	43.37	62.62	75.06	54.65	36.27	15.76	14.45	7.24	4.98	10.23	35.98
1972	23.70	19.47	18.83	23.69	28.10	40.43	32.84	16.80	7.49	5.11	4.58	7.46	19.04
1973	15.11	39.15	35.28	53.09	57.97	67.37	29.52	22.14	20.35	8.23	5.41	7.06	30.06
1974	23.59	42.07	26.66	30.69	42.36	59.84	31.26	11.78	7.04	5.02	4.95	5.90	24.26
1975	24.99	27.71	29.53	39.37	51.67	50.65	44.50	17.54	9.12	4.82	3.68	4.33	25.66
1976	11.93	20.71	16.02	17.47	30.65	37.81	23.02	10.86	6.02	4.61	4.14	5.06	15.69
1977	12.17	20.77	14.55	32.55	37.28	44.74	34.34	15.03	6.87	4.81	4.51	12.28	19.99
1978	16.95	29.34	29.67	35.55	43.14	50.80	32.41	15.56	8.17	5.56	4.87	9.30	23.44
1979	26.55	29.33	26.82	32.51	46.83	50.99	31.99	16.03	10.77	6.43	4.45	7.40	24.17
1980	18.31	27.85	28.47	28.32	32.71	38.69	42.56	17.29	9.58	6.36	5.58	11.11	22.24
1981	39.63	45.62	28.38	37.49	27.73	37.27	31.77	12.99	10.63	6.28	6.38	8.53	24.39
1982	29.67	20.51	20.75	20.73	26.89	32.74	17.18	7.58	4.84	4.55	5.47	6.16	16.42
1983	8.95	19.46	14.92	19.88	34.97	43.80	43.49	20.68	10.19	8.28	6.77	7.05	19.87
1984	26.13	33.66	38.95	31.23	38.91	45.09	35.64	11.91	5.53	4.01	3.13	3.77	23.16
1985	15.11	24.92	26.03	37.64	42.45	54.35	35.69	24.93	9.63	5.16	3.84	5.31	23.76
1986	19.47	26.17	24.91	21.25	26.83	41.67	25.38	10.86	5.92	4.18	3.31	5.74	17.97
1987	18.98	22.44	29.44	36.23	26.66	29.21	21.97	12.01	6.48	4.18	3.54	4.25	17.95
1988	14.92	26.74	29.88	45.54	61.88	53.94	23.00	11.12	6.52	3.59	2.71	3.80	23.80
1989	16.28	19.95	20.26	31.12	44.82	34.53	24.57	22.58	10.16	5.89	5.07	7.56	20.23
1990	23.50	29.56	30.67	31.01	33.84	48.37	32.51	19.03	14.21	6.37	4.61	7.37	23.42
1991	18.07	28.35	26.58	26.78	29.59	34.33	24.67	15.32	7.37	6.18	3.91	4.61	18.81
1992	8.36	26.59	30.42	22.55	43.16	41.40	29.16	15.79	6.66	4.90	4.67	6.87	20.04
1993	21.78	18.88	20.20	32.75	47.95	40.09	22.94	11.49	6.57	4.27	3.97	5.63	19.71
Total	475.87	666.71	610.57	750.08	931.42	1032.76	706.70	355.11	204.57	126.01	104.55	156.77	510.09
Average	20.69	28.99	26.55	32.61	40.50	44.90	30.73	15.44	8.89	5.48	4.55	6.82	22.18
Min.	8.36	18.88	14.55	17.47	26.66	29.21	17.18	7.58	4.84	3.59	2.71	3.77	15.69
Max.	41.70	65.45	43.37	62.62	75.06	67.37	44.50	24.93	20.35	8.23	6.77	12.28	35.98

Table 6-15 Monthly Average In-flow at the River Mouth of Paqueta (with Project)

Q_{max} = 27 m³/s

Catchment Area : 178.5 km²

Unit : m³/s

Year	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	Average
1971	67.02	92.45	69.94	89.62	102.06	81.65	59.44	27.48	25.36	13.48	9.59	18.42	54.71
1972	39.97	33.44	32.42	40.04	46.93	65.70	54.21	29.15	13.91	9.81	8.88	13.62	32.34
1973	26.31	63.82	57.81	80.09	84.97	94.37	49.04	37.65	34.75	15.13	10.34	13.16	47.29
1974	39.83	68.17	44.63	50.74	68.65	86.84	51.73	21.02	13.15	9.65	9.53	11.15	39.59
1975	41.78	46.26	49.14	64.06	78.67	77.65	71.50	30.39	16.62	9.31	7.27	8.41	41.76
1976	21.00	35.42	27.94	30.25	50.74	61.63	39.01	19.52	11.40	8.93	8.08	9.70	26.97
1977	21.51	35.33	25.57	53.61	60.82	71.74	56.51	26.30	12.85	9.28	8.74	21.27	33.63
1978	29.37	48.81	49.40	58.36	69.88	77.80	53.49	27.18	15.06	10.61	9.39	16.76	38.84
1979	44.47	48.77	44.95	53.57	73.83	77.99	52.78	27.94	19.30	12.10	8.65	13.63	39.83
1980	31.51	46.37	47.23	47.24	53.97	63.15	68.98	29.97	17.41	11.98	10.63	19.76	37.35
1981	64.52	72.62	47.37	61.23	46.32	60.99	52.37	23.04	19.15	11.85	12.01	15.64	40.59
1982	49.12	35.10	35.42	35.44	44.92	54.04	29.80	14.07	9.34	8.82	10.42	11.63	28.18
1983	16.28	33.39	26.18	34.05	57.50	70.80	70.22	35.26	18.43	15.23	12.69	13.10	33.59
1984	43.61	55.45	63.55	51.80	63.48	72.09	58.43	21.23	10.55	7.87	6.29	7.39	38.48
1985	26.36	42.02	43.67	61.38	68.86	81.35	58.40	41.91	17.49	9.90	7.57	10.14	39.09
1986	32.78	43.94	42.01	36.27	44.99	67.65	42.75	19.52	11.22	8.17	6.61	10.86	30.56
1987	32.65	38.10	49.03	59.45	44.74	48.64	37.34	21.42	12.19	8.18	7.02	8.27	30.59
1988	26.07	47.68	49.68	72.54	88.88	80.94	38.89	19.96	12.25	7.12	5.51	7.44	38.08
1989	28.37	34.18	34.71	51.60	71.82	56.83	41.48	38.26	18.38	11.17	9.75	13.95	34.21
1990	39.75	49.23	50.84	51.39	55.80	75.37	53.65	32.73	25.02	11.99	8.94	13.66	39.03
1991	31.19	47.31	44.60	44.77	49.24	56.48	41.55	26.72	13.72	11.67	7.70	8.93	31.99
1992	15.30	44.51	50.53	38.32	69.83	67.26	48.59	27.49	12.50	9.49	8.79	12.22	33.74
1993	38.67	38.01	37.36	51.93	74.95	62.37	37.08	21.14	12.66	9.03	8.00	9.56	33.40
Total	807.46	1100.39	1023.96	1217.77	1471.82	1613.33	1167.26	619.38	372.71	240.75	202.42	288.66	843.82
Average	35.11	47.84	44.52	52.95	63.99	70.14	50.75	26.93	16.20	10.47	8.80	12.55	36.69
Min.	15.30	33.39	25.57	30.25	44.74	48.64	29.80	14.07	9.34	7.12	5.51	7.39	26.97
Max.	67.02	92.45	69.94	89.62	102.06	94.37	71.50	41.91	34.75	15.23	12.69	21.27	54.71

Table 6-16 Flood Discharge at Londres and Los Llanos Sites

Unit : m³/s

No.	Year	Date	Londres	Los Llanos
1	70-71	22 OCT	373	219
2	71-72	3 JUN	1,030	619
3	72-73	18 OCT	210	119
4	73-74	2 OCT	252	145
5	74-75	31 OCT	299	174
6	75-76	9 SEP	852	511
7	76-77	15 SEP	196	111
8	77-78	25 AUG	286	166
9	78-79	8 AUG	335	195
10	79-80	21 OCT	514	305
11	80-81	26 JUL	468	277
12	81-82	14 AUG	387	228
13	82-83	9 OCT	299	174
14	83-84	1 DEC	277	160
15	84-85	26 MAY	326	190
16	85-86	27 OCT	416	245
17	86-87	10 SEP	254	146
18	87-88	5 OCT	157	87
19	88-89	24 OCT	482	285
20	89-90	21 SEP	228	130
21	90-91	23 OCT	457	270
22	91-92	30 AUG	341	199
23	92-93	25 JUN	269	155
24	93-94	13 NOV	273	164

Table 6-17 Maximum Persisting 12-hour Dew Point at the Playon Site

Year	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
1976	23.1	22.3	22.4	24.6	25.1	24.9	24.6	24.9	26.0	25.0	25.9	24.9
1977	21.9	23.1	25.1	27.6	24.3	24.9	25.3	25.1	25.4	24.4	24.3	24.7
1978	25.2	26.7	26.2	26.5	25.7	26.0	25.1	25.5	25.3	24.9	25.9	25.1
1979	26.9	26.1	27.8	27.7	26.5	26.4	26.3	26.5	26.1	26.3	26.0	26.1
1980	22.9	23.6	21.5	25.1	26.5	26.4	26.5	25.8	23.3	25.0	23.5	22.3
1981	23.2	22.2	24.5	23.6	24.5	23.4	23.5	23.8	24.4	24.9	24.6	23.7
1982	23.6	24.2	23.5	21.8	24.2	24.0	24.1	23.7	23.4	24.1	24.2	22.4
1983	21.6	23.9	25.8	23.9	24.8	23.2	26.3	25.1	24.7	25.2	26.8	25.7
1984	22.7	23.7	24.4	23.3	25.1	24.4	23.9	23.9	24.4	24.2	23.7	23.7
1985	22.3	22.5	22.4	25.1	24.6	24.6	24.0	24.7	24.1	24.3	24.6	24.1
1986	22.8	23.3	23.6	23.5	24.4	26.6	24.3	23.9	24.1	23.5	25.1	24.5
1987	25.1	24.5	23.6	25.2	25.6	25.5	25.7	25.7	25.0	25.2	25.0	25.8
1988	24.6	26.6	24.5	24.8	25.6	25.7	25.3	24.5	24.4	24.3	24.6	24.7
1989	23.9	23.2	22.3	25.7	24.5	24.6	26.0	25.2	24.6	24.7	24.8	24.5
1990	24.2	24.8	24.6	25.1	25.2	25.5	24.4	24.8	24.7	24.9	24.6	24.5
1991	23.8	24.4	24.5	25.1	25.2	25.6	24.8	24.8	24.5	25.0	25.0	24.5
1992	24.0	24.4	24.7	24.8	25.3	25.3	25.1	24.7	24.0	24.7	24.7	24.4
1993	24.1	23.3	24.4	24.6	25.4	25.6	25.4	25.7	24.1	24.1	24.7	24.3
Max.	26.9	26.7	27.8	27.7	26.5	26.6	26.5	26.5	26.1	26.3	26.8	26.1

Table 6-18 Tentative PMP of Observed Storms at 1,000 hPa

No.	Date	Temperature	Vapour Press	Dew Point	Precipitable water	M. F'	Pob (mm/d) (mm/day)	PMP' (mm/day)
1	881022	23.2	97.0	22.7	66.5	1.54	255.0	392.7
2	851029	25.1	91.0	23.5	71.6	1.43	249.0	356.1
3	920915	24.3	95.0	23.5	71.6	1.43	166.7	238.4
4	880912	25.3	91.0	23.7	72.9	1.40	167.0	234.6
5	860526	25.3	91.0	23.7	72.9	1.40	167.0	234.6
6	770930	24.3	89.0	22.4	65.3	1.57	127.0	199.2
7	901102	25.1	94.0	24.1	74.9	1.37	139.2	190.3
8	881110	24.5	98.0	24.2	75.9	1.35	141.0	190.2
9	781021	23.9	98.0	23.6	72.1	1.42	127.0	180.4
10	891102	25.0	90.0	23.3	70.6	1.45	121.2	175.8
11	850826	25.0	94.0	24.0	74.4	1.38	126.0	173.4
12	831126	26.3	82.0	23.0	68.6	1.49	116.0	173.2
13	930813	26.2	89.0	24.3	76.2	1.34	128.7	173.0
14	820930	25.8	85.0	23.1	69.3	1.48	117.0	172.9
15	840922	24.3	91.0	22.7	66.5	1.54	112.0	172.5
16	761014	24.9	96.0	24.2	75.9	1.35	127.0	171.3
17	771116	24.6	98.0	24.3	76.2	1.34	127.0	170.7
18	780424	24.7	98.0	24.4	77.0	1.33	127.0	168.9
19	760925	25.3	95.0	24.5	78.0	1.31	127.0	166.7
20	761018	25.3	96.0	24.6	78.5	1.30	127.0	165.7
21	900601	25.9	84.0	23.0	68.6	1.49	110.2	164.5
22	920727	24.3	96.0	23.6	72.1	1.42	114.7	162.9
23	770825	26.1	93.0	24.9	80.5	1.27	127.0	161.6
24	921121	24.5	96.0	23.8	73.2	1.40	115.4	161.4
25	790426	25.7	97.0	25.2	82.8	1.24	127.0	157.1
26	870429	26.9	81.0	23.4	71.1	1.44	108.0	155.5
27	871023	25.2	95.0	24.4	77.0	1.33	116.0	154.3
28	880516	26.3	89.0	24.4	77.0	1.33	113.0	150.3
29	921124	25.6	87.0	23.3	70.6	1.45	102.1	148.1
30	851004	23.9	96.0	23.2	70.0	1.46	101.0	147.7
31	880618	24.4	96.0	23.7	72.9	1.40	103.0	144.7
32	930510	27.8	78.0	23.7	72.9	1.40	101.5	142.6
33	810813	25.0	87.0	22.7	66.5	1.54	92.0	141.7
34	931009	24.9	94.0	23.9	73.7	1.39	100.9	140.2
35	860910	25.2	94.0	24.2	75.9	1.35	102.0	137.6
36	910626	25.4	92.0	24.0	74.4	1.38	98.0	134.9
37	900527	26.4	89.0	24.5	78.0	1.31	96.0	126.0
38	880710	26.1	95.0	25.3	83.3	1.23	101.0	124.2
39	851002	25.5	94.0	24.5	78.0	1.31	77.8	102.1
40	870828	25.2	92.0	23.8	73.2	1.40	72.0	100.7

Table 6-19 Rainfall Duration for PMP

Naranjillo					Providencia				
NO.	Hurricane Data		P.M.P		NO.	Hurricane Data		P.M.P	
	(Oct. 1988)		Max. Factor	1.64		(Oct. 1988)		Max. Factor	1.67
	Accumulated	hourly	FMP	Accumulated		Accumulated	hourly	FMP	Accumulated
1	50.0	50.0	82.0	82.0	1	45.0	45.0	75.2	75.2
2	92.0	42.0	68.9	150.9	2	70.0	25.0	41.8	116.9
3	126.0	34.0	55.8	206.6	3	90.0	20.0	33.4	150.3
4	152.0	26.0	42.6	249.3	4	105.0	15.0	25.1	176.4
5	172.0	20.0	32.8	282.1	5	120.0	15.0	25.1	200.4
6	186.0	14.0	23.0	305.0	6	135.0	15.0	25.1	225.5
7	196.0	10.0	16.4	321.4	7	150.0	15.0	25.1	250.5
8	206.0	10.0	16.4	337.8	8	165.0	15.0	25.1	275.6
9	216.0	10.0	16.4	354.2	9	178.0	13.0	21.7	297.3
10	224.0	8.0	13.1	367.4	10	190.0	12.0	20.0	317.3
11	232.0	8.0	13.1	380.5	11	202.0	12.0	20.0	337.3
12	240.0	8.0	13.1	393.6	12	214.0	12.0	20.0	357.4
13	244.3	4.3	7.0	400.6	13	224.0	10.0	16.7	374.1
14	248.5	4.3	7.0	407.5	14	234.0	10.0	16.7	390.8
15	252.8	4.3	7.0	414.5	15	243.0	9.0	15.0	405.8
16	257.0	4.3	7.0	421.5	16	252.0	9.0	15.0	420.8
17	261.3	4.3	7.0	428.5	17	256.5	4.5	7.5	428.4
18	265.5	4.3	7.0	435.4	18	261.0	4.5	7.5	435.9
19	269.8	4.3	7.0	442.4	19	265.5	4.5	7.5	443.4
20	274.0	4.3	7.0	449.4	20	270.0	4.5	7.5	450.9
21	277.6	3.5	5.7	455.1	21	274.0	4.0	6.7	457.6
22	281.0	3.5	5.7	460.8	22	278.0	4.0	6.7	464.3
23	284.5	3.5	5.7	466.6	23	282.0	4.0	6.7	470.9
24	288.0	3.5	5.7	472.3	24	285.0	3.0	5.0	476.0
25	291.3	3.3	5.5	477.8	25	286.0	1.0	1.7	477.6
26	294.7	3.3	5.5	483.3	26	287.0	1.0	1.7	479.3
27	298.0	3.3	5.5	488.7	27	288.0	1.0	1.7	481.0
28	301.3	3.3	5.5	494.2	28	289.0	1.0	1.7	482.6
29	304.7	3.3	5.5	499.7	29	290.0	1.0	1.7	484.3
30	308.0	3.3	5.5	505.1	30	291.0	1.0	1.7	486.0
31	310.7	2.7	4.4	509.5	31	292.0	1.0	1.7	487.6
32	313.3	2.7	4.4	513.9	32	293.0	1.0	1.7	489.3
33	316.0	2.7	4.4	518.2	33	294.0	1.0	1.7	491.0
34	318.7	2.7	4.4	522.6	34	295.0	1.0	1.7	492.7
35	321.3	2.7	4.4	527.0	35	296.0	1.0	1.7	494.3
36	324.0	2.7	4.4	531.4	36	297.0	1.0	1.7	496.0
37	326.7	2.7	4.4	535.7	37	298.0	1.0	1.7	497.7
38	329.3	2.7	4.4	540.1	38	299.0	1.0	1.7	499.3
39	332.0	2.7	4.4	544.5	39	300.0	1.0	1.7	501.0
40	334.7	2.7	4.4	548.9	40	301.0	1.0	1.7	502.7
41	337.3	2.7	4.4	553.2	41	302.0	1.0	1.7	504.3
42	340.0	2.7	4.4	557.6	42	303.0	1.0	1.7	506.0
43	341.7	1.7	2.7	560.3	43	304.0	1.0	1.7	507.7
44	343.3	1.7	2.7	563.1	44	305.0	1.0	1.7	509.4
45	345.0	1.7	2.7	565.8	45	306.0	1.0	1.7	511.0
46	346.7	1.7	2.7	568.5	46	307.0	1.0	1.7	512.7
47	348.3	1.7	2.7	571.3	47	308.0	1.0	1.7	514.4
48	350.0	1.7	2.7	574.0	48	309.0	1.0	1.7	516.0

Table 6-20 Process of PMP Estimation

Item	Playon	Nranjillo	Providencia
Elevation (m)	60	780	1490
1. Maximum Dew Point (c)	27.8		
2. Reductin 1. to 1,000 mb (c)	27.7	27.7	27.7
3. Precipitable Water (mm) 1000 hPa	102.4	102.4	102.4
200 hPa	5	20	35
Total	97.4	82.4	67.4
4. Representative Dew Point (c)	22.5		
5. Reduction 4. to 1,000 mb (c)	22.4	22.4	22.4
6. Precipitable Water (mm) 1000hPa	65.3	65.3	65.3
200 hPa	4	15	25
Total	61.3	50.3	40.3
7. Maximizing factor 3./6.	1.59	1.64	1.67
8. Maximum Rainfall (mm/12hr)	195.1	240.0	214.0
9. Maximizing 7. * 8. (mm/12hr)	310.0	393.2	357.9

Table 6-21 Time Distribution of PMP in the Project Basin

No. i	Naranjillo		Providencia		Actual Preci. 0.76Pn+0.24Pp	Retention Loss	Effective Rainfall
	Duration	Arranged	Duration	Arranged			
0		0.0		0.0	0.0	0.0	0.0
1	82.0	7.0	75.2	6.7	6.9	6.9	0.0
2	68.9	7.0	41.8	7.5	7.1	6.9	0.2
3	55.8	7.0	33.4	15.0	8.9	8.3	0.6
4	42.6	7.0	25.1	16.7	9.3	8.1	1.2
5	32.8	13.1	25.1	20.0	14.8	11.4	3.3
6	23.0	16.4	25.1	25.1	18.5	11.4	7.1
7	16.4	32.8	25.1	25.1	31.0	10.5	20.4
8	16.4	55.8	25.1	41.8	62.4	0.4	52.0
9	16.4	82.0	21.7	75.2	80.4	0.0	80.4
10	13.1	68.9	20.0	33.4	60.4	0.0	60.4
11	13.1	42.6	20.0	25.1	38.4	0.0	38.4
12	7.0	23.0	20.0	25.1	23.5	0.0	23.5
13	7.0	16.4	16.7	21.7	17.7	0.0	17.7
14	7.0	16.4	16.7	20.0	17.3	0.0	17.3
15	7.0	13.1	15.0	20.0	14.8	0.0	14.8
16	7.0	13.1	15.0	16.7	14.0	0.0	14.0
17	7.0	7.0	7.5	15.0	8.9	0.0	8.9
18	7.0	7.0	7.5	7.5	7.1	0.0	7.1
19	7.0	7.0	7.5	7.5	7.1	0.0	7.1
20	7.0	7.0	7.5	7.5	7.1	0.0	7.1
21	5.7	5.7	6.7	6.7	5.9	0.0	5.9
22	5.7	5.7	6.7	6.7	5.9	0.0	5.9
23	5.7	5.7	6.7	6.7	5.9	0.0	5.9
24	5.7	5.7	5.0	5.0	5.5	0.0	5.5

Table 6-22 Annual Maximum Daily Precipitation Records

Year	Playon	Naranjillo	Providencia
1976	142.4		
1977	148.3		
1978	210.4		78.6
1979	127.2		103.2
1980	129.7		64.4
1981	123.3	188.7	85.6
1982	117.1	205.4	87.4
1983	116.1	119.3	59.1
1984	111.8	146.7	84.2
1985	248.4	182.9	115.5
1986	166.5	159.4	168.8
1987	122.1	125.8	68.3
1988	255.1	272.7	244.5
1989	121.2	162.0	126.0
1990	139.2	147.5	74.7
1991	98.0	168.0	109.7
1992	166.7	168.4	91.9
1993	128.7	101.1	91.5
1994	110.4	131.1	94.4

Table 6-23 Probable Daily Precipitation and PMP

	Playon	Naranjillo	Providencia
Ponax.	127.2	0.0	103.2
100	264.0	282.0	218.0
500	307.0	324.0	265.0
1000	325.0	341.0	285.0
5000	368.0	381.0	334.0
10000	387.0	399.0	356.0
PMP	406.0	447.0	408.0

Table 6-24 Process of PMF Estimation

Unit Hydro	0.20	17	2	1.8	1.6	1.4	1.2	1	0.8	0.6	0.4	0.2	Base Flow = 50 m ³ /s														
Time	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Estimated	Total Q	
Salinity	0.0	0.2	0.6	1.2	3.3	7.1	20.4	52.0	80.4	80.4	38.4	23.5	17.7	17.3	14.8	14.0	8.8	7.1	7.1	7.1	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8		
Time	1	0																									Time
1	0																								0	50	1
2	0	0																							263	313	2
3	1	4	0																						650	700	2
4	0	0	11	0																					12	62	4
5	0	0	1	21	1																				23	73	5
6	0	0	1	2	57	1																			62	112	6
7	0	0	1	2	7	120	4																		134	184	7
8	0	0	1	2	6	14	347	10																	301	431	8
9	0	0	1	2	5	13	41	84	16																662	1012	9
10	0	0	1	1	5	11	37	104	1266	12															1307	1587	10
11	0	0	1	1	4	10	23	84	181	1026	8														1337	1387	11
12	0	0	1	1	3	8	23	93	145	121	653	5													1048	1088	12
13	0	0	1	1	3	7	24	73	120	109	77	400	4												825	875	13
14	0	0	0	2	6	20	62	113	97	68	47	300	2												720	770	14
15	0	0	1	4	15	32	86	85	61	42	35	288	3												891	741	15
16	0	0	1	3	12	42	80	72	54	38	35	251	3												622	672	16
17	0	0	1	1	3	11	64	60	46	33	28	217	2												572	622	17
18	0	0	0	4	21	48	48	38	28	25	27	182	1												448	498	18
19	0	0	0	10	32	36	31	24	21	24	24	25	18	121	1										367	417	19
20	0	0	0	16	24	25	19	16	21	21	21	22	16	14	121	1									318	368	20
21	0	0	0	12	15	14	14	14	14	14	14	20	14	13	14	121	1								274	274	21
22	0	0	0	8	9	9	11	14	15	17	12	11	12	11	13	14	101	1							226	276	22
23	0	0	0	5	7	10	12	14	11	10	11	10	11	10	11	13	12	101	1						207	257	23
24	0	0	0	4	7	9	11	9	11	8	9	11	9	9	10	11	13	12	101	1					194	244	24

第7章 地質および材料

第7章 地質および建設材料

目次

	頁
7.1 地質	7-1
7.1.1 緒言	7-1
7.1.2 地質調査概要	7-1
7.1.3 広域地質	7-3
7.1.4 各構造物地点の地質	7-4
7.1.5 岩盤分類	7-22
7.1.6 原位置岩盤試験	7-22
7.1.7 物理探査	7-26
7.1.8 ボーリングコア試験	7-28
7.2 建設材料	7-30
7.2.1 概要	7-30
7.2.2 既往調査	7-30
7.2.3 調査地点	7-30

List of Figures

Fig. 7-1	Geologic Map of Costa Rica
Fig. 7-2	Geologic Plan of Damsite
Fig. 7-3	Geologic Section of Up-stream Damsite
Fig. 7-4	Geologic Section of Mid-stream Damsite
Fig. 7-5	Geologic Section of Down-stream Damsite
Fig. 7-6	Geologic Log of Adit (Adits No. 1 and No. 2)
Fig. 7-7	Geologic Log of Pit (Pits No. 1 and No. 2)
Fig. 7-8	Geologic Plan of Waterway Alignment Route
Fig. 7-9	Geologic Section along Headrace Tunnel Route
Fig. 7-10	Geologic Plan of Penstock Route and Power Station Site
Fig. 7-11	Geologic Section of Penstock Route (Section A-A)
Fig. 7-12	Geologic Section of Penstock Route (Section B-B)
Fig. 7-13	Geologic Plan of Power Station Site
Fig. 7-14	Geologic Section of Power Station Site (Section A-A)
Fig. 7-15	Location Map of Riverbed Deposits Sites and Rock Quarry Sites

List of Tables

Table 7-1	Core-drillholes in the Project Area
Table 7-2	Exploratory Adits at Damsites
Table 7-3	Test Pits at Damsites
Table 7-4	Seismic Prospecting Traverse in the Project Area
Table 7-5	Resistivity Survey in the Project Area
Table 7-6	In-adit Vp/Vs Measurement at Damsite
Table 7-7	Vp/Vs Logging at Power Station Site
Table 7-8	Results of Plate Jack Test in Adits and Test Pits
Table 7-9	Geological Sequence and Lithological Characters in the Los Llanos Project Area and the Vicinity
Table 7-10	Distribution of Seismic Velocity Layers at the Damsite
Table 7-11	Distribution of Seismic Velocity Layers along Headrace Tunnel Route
Table 7-12	Distribution of Seismic Velocity Layers along Penstock Routes

Table 7-13	Distribution of Seismic Velocity Layers at the Power Station Site
Table 7-14	Correlation between Seismic Velocity Layers and Geologic Conditions at the Damsite
Table 7-15	Correlation between Seismic Velocity Layers and Geologic Conditions at Penstock Route and Power Station Site
Table 7-16	Standard of Rock Classification for Drilling Core
Table 7-17	Grouping of Rock Classification for Drilling Core
Table 7-18	Standard of Rock Mass Classification for Adits
Table 7-19	Grouping of Rock Mass Classification for Adits
Table 7-20	General Figures of the Headrace Tunnel Cover in its Up-stream Half and Down-stream Half Sections
Table 7-21	Location with Thin Cover in the Headrace Tunnel
Table 7-22	Results of Deformation Test in Drillholes at Damsite
Table 7-23	Results of Deformation Test in Drillholes at Penstock Route and Power Station Site
Table 7-24	Results of Laboratory Test of Drillcore at Damsite
Table 7-25	Results of Laboratory Test of Drillcore at Power Station Site and Penstock Route
Table 7-26	Drillholes at Quebrada Azul
Table 7-27	Seismic Prospecting Traverses at Quebrada Azul
Table 7-28	Results of Laboratory Test for Concrete Aggregate

7章 地質および建設材料

7.1 地質

7.1.1 緒言

本節では、JICA調査団とICEが協力して1994年8月から1995年7月の間に実施した、資料収集および野外調査とICEでの室内試験などを通じて入手した地形的および地質的データから明らかにされたプロジェクト地域および主要土木構造物地点の地質工学的性状が述べられている。本節はまた、これら地質工学的性状は本プロジェクトのフィージビリティ・スタディにとって満足できるものであることも説明している。

JICA調査団によって実施された現地調査およびICEによる地質的/地質工学的調査の概要は7.1.2に述べられている。プロジェクト地域とその周辺部を含む地域の地形と地質概要は7.1.3に説明されている。主要な土木構造物地点（貯水池地域、ダム/発電所地点および水路ルート）の地形、地質および地質工学的性状は7.1.4と7.1.5の節で議論されている。

ICEによって実施された原位置岩盤試験、地球物理探査およびボーリングコアの室内試験については、7.1.6から7.1.8までに述べられている。

本節で議論される主な諸データは本レポートに添付の Fig. 7-1~7-14 に示されている。

7.1.2 地質調査概要

本プロジェクトではフィージビリティ・スタディ開始以前にICEによりすでにかんがりの地質調査工事が実施されていた。また、今回のスタディの実施中に本調査団のリコメンドによりICEにより追加調査工事が実施された。本節では、JICA調査団の参加のもとに行われた現地調査を(1)で、それ以外の調査概要を(2)に述べる。

なお、本地点に関する地形図に関しては、スタディ期間前半はICEにより事前で作成されていた地形図（全域：1：10,000、ダム地点及び発電所地点：1：2,000）を、後半はJICA調査団により作成された航測地形図（全域：1：5,000、ダム地点及び発電所地点：1：1,000）を使用した。以下、前者を旧地形図、後者を新地形図と呼ぶ。

(1) 現地野外調査

JICA調査団による本プロジェクト地域を対象とした現地踏査を実施した期間は1994年9月から1995年7月までの期間内で、5回にわたり延べ約30日間である。

第1回現地踏査ではICEにより実施されていた調査ボーリングのコア観察、コアの写真撮影、及び調査横坑観察を実施した。第2回現地踏査では旧地形図を使用して主要土木構造物地点の地表地質踏査を実施した。第3回現地踏査では、新地形図素図を使用して主要土木構造物のうち地質工学的に重要と思われるポイントを重点的に地表地質再踏査を行い、同時に追加調査ボーリングのコア観察及びコア写真撮影を実施した。第4回現地踏査では、新地形図を使用して主要土木構造物地点の再踏査及び追加調査ボーリングのコア観察及びコア写真撮影を実施した。第5回現地踏査では一部の地域に対する補完踏査を行った。

本プロジェクト地域を対象とした空中写真判読は、前述の航測地形図作成のために撮影された空中写真を用いてJICA調査団によって実施され、それらの成果は上記の現地踏査の結果と併せて今回作成した地質図類及びこのフィージビリティ・レポートの内容に反映されている。

(2) 既往地質調査

本プロジェクト地域では、前述した通りフィージビリティ・スタディ開始以前にICEにより既にかんりの地質調査工事が行われている。それらの調査工事の項目と数量をTable 7-1から7-7に示す。また、本フィージビリティ・スタディの実施中に本調査団のリコメンドにより、追加されICEにより実施された調査工事（水圧管路地点ボーリングPHLL18TP及び発電所地点ボーリングPHLL19CMの削孔及びそれに伴う諸試験）も併せてTable 7-1に示す。

ボーリング削孔及びそれに伴う諸試験はダム地点、水圧管路ルート及び発電所地点で計19孔（掘削全長 739.55m）で行われた。ボーリング調査工事数量をTable 7-1に示す。

ダム地点においては、調査横孔2坑（掘削全長 36.15mおよびオープンカット区間 5.5m）および調査縦坑2坑（掘削全長 19.05m）による調査が、夫々Table 7-2と7-3に示す通り、実施された。

原位置岩盤試験として平板載荷試験が Adit No.1 と Pit No.2 で実施され、

それらの成果は Table 7-8 に示されている。

物理探査としては、ダム地点において弾性波探査と坑内弾性波速度測定、導水路トンネルルート及び水圧管路ルートで弾性波探査と比抵抗探査、並びに発電所地点で弾性波探査がそれぞれ Table 7-4から7-7 に示す通り I C Eにより実施された。なお、弾性波探査のうち、いくつかの測線に関しては、J I C A調査団により再解析が実施された。それらの詳細は7.1.7に示す。

材料調査を目的として I C Eにより実施された諸調査及び試験については、7.2において述べる。

7.1.3 広域地質

(1) 地形概要

本プロジェクト地域は標高1,000～1,500m程度の標高を有する山岳地帯が太平洋岸に向かって落ち込む中間域にあり、ダム地点は標高約500m、発電所地点は標高約100mである。地形的には一般に川幅が狭く、ところどころでV字谷を形成している。特にダム地点付近のNaranjo川の両岸は懸崖をなしていることが多い。発電所地点付近はPaquita川が山岳地帯から太平洋沿いの沖積低地に落ち込む境界部に位置し、不規則で小起伏の多い複雑な地形を示している。

本プロジェクト地域内には顕著な地滑り地形は認められていない。

(2) 地質概要

本プロジェクトが位置するNaranjo川及びPaquita川の中流域の地質は中生代ジュラ紀から古第三紀始新世にかけての堆積岩類とそれらを部分的に覆う第四紀の未固結堆積物が分布する。

基盤岩類としての堆積岩類は、一部の資料ではNicoya Complexと呼ばれるオフィオライト（海洋底に噴出した火山岩類）や海洋底堆積物からなるとされている。本プロジェクト域内では、特徴的な巨円礫からなる礫岩や粗粒～細粒砂岩、シルト岩等の比較的粗粒な（堆積当時水深が浅い）碎屑岩類が分布する。また、発電所地点よりやや下流側では、泥灰岩中に異地性岩体（オリストリス）としての石灰岩を伴っているのが観察される。

第四紀の堆積物としては、風化残留土、崩積土、崖錐及び河岸段丘堆積物、現河

床堆積物等からなる。それらのうち、風化残留土と崩積土は所によっては緩傾斜面上にややまとまって分布しているが、それら以外の堆積物は局所的な分布に限られる。

Table 7-9 に本プロジェクト地域の地質層序と岩質を示す。

上記の堆積岩類の層理面は多くが北西～南東走向で、北東傾斜となっている。

7.1.4 各構造物地点の地質

(1) ダム地点

本プロジェクトのフィージビリティ・スタディでは、ダム地点として上流案、中流案と下流案の3地点について比較検討されている。上流と中流地点では、ボーリングと調査竖坑の掘削が、下流地点では、調査ボーリングと調査横坑がICEにより掘削されている。

本節では、これらの調査により判明した各地点の地質状態、地質工学的特性及び土木地質的評価を述べる。

ダム地点はマスタープラン段階で提案された上流地点、その後ICEにより独自に計画された中流地点及び最下流地点の3地点がこのフィージビリティ・スタディの対象となる。ICEでは以前より上、中、および下流の3地点について地質調査を行っており、今回のスタディではそれらの調査データの解析・評価と共に現地地表地質踏査等を実施した。

更に、上記各ダム地点におけるボーリングコアと調査横坑壁面の岩盤を地質工学的に評価するために採用した“Rock Classification for Drilling Core”と“Standard of Rock Classification for Adit”を、更に総合的な岩盤評価のために導入した“Rock Mass Classification”については、7.1.5で述べる。

(a) 地形

いずれのダム地点についても、地形的には非常に切り立った峡谷内に位置しており、その左岸側は一部にオーバーハング部分を有する絶壁が河床部から比高で100～150m近く連続しており、その部分は堅硬で塊状の礫岩が露出している。他方右岸側は、上流地点から中流地点のやや下流側にかけて、河床部から比高で70～80mから100～120mの間にやや斜面勾配の緩い地形が形成されその部分で

は基盤岩の礫岩がやや厚く風化しているが、その部分自体の斜面としての安定性は問題がなさそうである。また、河床部については、いずれの地点も乾期での河床幅は10mないしそれ以下で、両河岸には堅硬な基盤岩が存在し、この点に関しては各地点でも大きな差異はない。なお、下流地点とその周辺部の右岸側は非常に急斜面である上にかなり濃い熱帯樹林に覆われ、地形の細部は新地形図でも表現しきれていない部分がある。その為、フィージビリティ・スタディ以降の検討段階ではそのような地形条件及び風化層の分布状況をよく見極める必要がある。

上流ダム地点

上流ダム地点はNaranjo川が南から南西へ流路を変える地点に位置する。本地点における谷の形状は著しく非対称で、左岸側は一部にオーバーハング部分を有する絶壁が河床部から比高で100~150m近く連続しているのに対し、右岸側は、河床部から比高で70~80mから100~120mの間にやや斜面勾配の緩い地形が形成されている。

中流ダム地点

中流ダム地点は上流ダム地点において南から南西へ流路を変えたNaranjo川が再び南へ流路を変え始める地点に位置する。本地点における谷の形状は非対称で、左岸側は一部にオーバーハング部分を有する絶壁が河床部から比高で100~150m近く連続しているのに対し、右岸側の傾斜ややや緩くなっている。しかし、その谷地形の非対称性は上流ダム地点程には顕著ではない。左岸絶壁のオーバーハングは、この中流ダム地点にその中心を有するが、顕著な割れ目等は目視できず、その安定性には大きな問題はないものと考えられる。

下流ダム地点

下流ダム地点は中流ダム地点において南へ流路を変え始めたNaranjo川が南へ流路を変え終わった地点に位置する。本地点における谷の形状は、上流ダム地点から中流ダム地点まで続いた非対称性がほとんどなくなり、ほぼ対称的なV字谷地形を示していると言える。すなわち、左岸側では上流ダム地点から中流ダム地点までの一部オーバーハング部分を有する絶壁がなくなり、急峻な斜面となって

いる。また、右岸側もそれと同程度の傾斜を有する急峻な斜面となっており、緩斜面を示す箇所はない。

(b) 地質

上流ダム地点

地質は左岸、右岸とも礫岩が分布し、特に左岸のオーバーハングを伴う絶壁では堅硬で塊状の礫岩が露出している。本地点の礫岩は礫径1mを超えるような巨円礫を多く含むのを特徴とし、一般に層理は明瞭でない。礫岩の構成礫種は同質の礫岩や砂岩・頁岩等であり、特に鮮明な部分は非常に緻密・堅硬で、ハンマーの強打でも割るのは容易ではない。一方、右岸側の緩傾斜部は基盤岩の礫岩がやや厚く風化しており、風化残留土の性状を示している。更にその上に崖錐状の2次の未固結堆積物が分布している。顕著な破砕帯を伴うような断層は存在しない。

本ダム地点においては右岸でボーリング1孔（PHILLISP 深度 70.70m）と調査竖坑1坑（PIT No.1 深度 9.55m）が掘削されている。

PHILLISPのコアでは、深度20m程度まで風化の影響は及んでいるが、それ以深では新鮮な岩盤が分布していることが確認できる。一方、深度12m付近から70m付近までスポット的に実施されたルジオンテストでは、注入水の回帰が得られていない結果が得られている。しかし、前述したボーリングコアの観察結果と合わせると著しく透水性の大きい岩盤状態とは考えにくく、ルジオンテストが全深度削孔後にダブルパッカー方式で行われていることと考え合わせると、パッカーと孔壁との境界からの注入水のリークが原因の一つとして考えられる。水位は深度約40mに確認されている。

PIT No.1では、深度 9.55mの坑底まで強風化が及んでいることが確認できる。

河床部については、実際に河床状況を観察することができたが乾期での河水幅は10mないしはそれ以下で、両河岸には堅硬な基盤岩の露頭が確認された。

以上の状況を総合的に勘案すると、本地点の岩盤をコンクリート重力式ダムの基礎として見た場合、表層の強風化部を除去すれば高さ60m程度のダム基礎に必要な支持基盤は得られるであろう。右岸の緩傾斜部分については、その大部分がダム高よりも上部に位置しており、その部分自体の斜面としての安定性は問題が

なさそうである。

中流ダム地点

地質は砂岩、右岸とも砂岩が分布し、特に砂岩のオーバーハングを伴う絶壁では堅硬で塊状の礫岩が露出している。本地点の礫岩は礫径1mを超えるような巨円礫を多く含むのを特徴とし、一般に層理は明瞭でない。礫岩の構成礫種は同質の礫岩や砂岩・頁岩等であり、特に新鮮な部分は非常に緻密・堅硬で、ハンマーの強打でも割るのは容易ではない。一方、右岸側には小規模に崖錐状の2次的な未固結堆積物が分布している。顕著な破碎帯を伴うような断層は存在しない。

本ダム地点においては右岸でボーリング1孔（PHLL2SP 深度 83.30m）と調査竪坑1坑（PIT No.2 深度 9.50m）が掘削されている。PHLL2SPのコアでは、風化の影響は深度5m程度までは及んでいるが、それ以深では非常に新鮮で堅硬な岩盤が分布していることが確認できる。一方、深度10m付近から80m付近までスポット的に実施されたルジオンテストでは、注入水の回帰が得られていない結果が得られている。しかし、前述したボーリングコアの観察結果と合わせると著しく透水性の大きい岩盤状態とは考えにくく、ルジオンテストが全深度削孔後にダブルパッカー方式で行われていることと考え合わせると、パッカーと孔壁との境界からの注入水のリークが原因の一つとして考えられる。従って、深度80m付近において得られた0ルジオンという値が本地点の透水性を表現していると考えるのが適当であろう。水位は深度約5mに確認されている。

PIT No.2では、深度9.50mの坑底まで強風化が及んでいることが確認できる。坑底付近で平板載荷試験が実施されたが、風化の影響で強度の低い値しか得られておらず、新鮮岩盤の強度値の推定には使用しないのが望ましい。

河床部については、実際に河床状況を観察することができなかったが、実際に河床状況を観察することができた上流ダム地点及び下流ダム地点の状況並びに新地形図からの推定からはいずれの地点も乾期での河水幅は10mないしはそれ以下で、両河岸には堅硬な基盤岩の露頭が露出することが推定される。

以上の状況を総合的に勘案すると、本地点の岩盤をコンクリート重力式ダムの基礎として見た場合、表層の強風化部を除去すれば高さ60m程度のダム基礎に必要な支持基盤は得られるであろう。

下流ダム地点

地質は左岸、右岸とも礫岩が分布し、堅硬で塊状の礫岩が露出している。本地点の礫岩は礫径1mを超えるような巨円礫を多く含むのを特徴とし、一般に層理は不明瞭である。しかし、一部粗粒砂岩層を挟在する個所があり、そのような個所ではほぼ東西の走向、北傾斜を示す。礫岩の構成礫種は同質の礫岩や砂岩・頁岩等であり、特に新鮮な部分は非常に緻密・堅硬で、ハンマーの強打でも割るのは容易ではない。

本ダム地点においては右岸でボーリング1孔（PHLL3SP 深度 80.00m）と調査横坑1坑（ADIT No.1 長さ 30.15m）が、左岸側でボーリング1孔（PHLL4SP 深度 60.00m 傾斜70°）と調査横坑（ADIT No.2 長さ 6.0m）が掘削されている。右岸側のPHLL3SPのコアでは、風化の影響は深度5m程度までは及んでいるが、それ以深では非常に新鮮で堅硬な岩盤が分布していることが確認できる。また、調査横坑 ADIT No.1でも、坑壁の観察からTD10m付近から奥では非常に新鮮で堅硬な岩盤が分布することが確認できる。

一方、PHLL3SPの深度10m付近から70m付近まで散点点に実施されたルジオンテストでは、深度10m付近の1区間を除くといずれの区間でも1か9ルジオンの低い透水性が得られており、水位が深度10m程度の個所に確認されていることと合わせ、本地点は水理地質的にも問題はないことがわかる。

ADIT No.1では、上述したようにTD約10mのより奥で非常に新鮮で堅硬な岩盤が確認されている。この横坑では4個所で平板載荷試験が実施され、力学的にも十分な強度を有していることが確認されている（7.1.6で詳述）。

河床部については、乾期での河水幅は10mないしはそれ以下で、両河岸には堅硬な基盤岩の露頭が露出している。。

一方、左岸側は右岸側に比較して風化がやや深くまで達しているように見える。すなわち、ボーリングPHLL4SPでは深度約15mまで風化が及んでおり、調査横坑ADIT No.2でも長さ6.0mの最奥部（坑口部分の掘削 5.5mを加えると11.5m）まで風化が及んでいる。しかし、これは、本地点の左岸が地形図にも表現されていないような微小な尾根に位置していることに起因すると考えられ、岩盤の風化状況は基本的に右岸、左岸とも大きな違いはないと考えられる。

以上の状況を総合的に勘案すると、本地点の岩盤をコンクリート重力式ダムの

基礎として見た場合、表層の強風化部を除去すれば高さ60m程度のダム基礎に必要な岩盤は充分得られるであろう。

河床部については、実際に河床状況を観察することができたが乾期での河水幅は10mないしはそれ以下で、両河岸には堅硬な基盤岩の露頭が確認された。

取水口地点

本プロジェクトの取水口地点は、上述の3ダム地点のうちいずれが選定されるとしても、Naranjo川の右岸側に位置することとなる。

この節ではダムが下流地点に置かれる場合を説明する。

取水口地点は下流ダム軸から約30m上流、右岸側斜面のE L.460m~480m間に計画されている。その付近の斜面は比較的凹凸の少ない約50°（水平面から上方への角度）の急斜面をなし、現状ではその地表面はかなり濃い植生に覆われている。地形的にはこの斜面は安定しているように見受けられる。

本地点ではまだ地下調査は行われていないが、この付近での既往調査を参考にすると、その地質は次のように推定される。

- 本地点の基盤岩は上述のダム地点と同様、礫岩で構成される。
- 下流ダム地点の右岸側のボーリング孔PHLL3SPの状況から判断すると本地点でも同様に、基盤岩は未固結の表層堆積物（推定深さ2m以内）でカバーされ、基盤岩自体の表層部は強~中程度の風化岩盤（全体の推定深さ8~10m）となっている公算が大きい。

(c) 土质地質的評価

本プロジェクトのダム地点に関する土质地質的評価は次のように要約される。

- 本プロジェクトのダム地点の基盤岩をなす礫岩は未風化部分は非常に緻密で堅硬な岩質を有し、また、全体に塊状である。
- いずれのダム地点においても、基盤岩は未固結の表層堆積物（深さ最大約3m）でカバーされている。3ダム地点のうちでは、表層堆積物の分布は、下流ダム地点が平面的にも垂直的にも最も少ない。
- これらのダム地点における基盤岩の礫岩の風化は、強風化部（C_L）および中程度の風化部（C_M）を含めると最大厚さ（斜面に対して直角方向に）は、

上流および中流ダム地点付近の右岸側で、15m程度に達するが、下流ダム地点の両岸斜面では約10mである。

- 地形的および地質的条件のみからみると、下流ダム地点が最良である。
- 下流ダム地点では高さ約60mのコンクリート重力ダムが計画されている。この場合、ダム基礎岩盤としての掘削線は岩質および岩盤力学的性状の面からみて上記のC_Mクラスの岩盤中に設定することが妥当である。
- 従って、下流ダム地点でのダム基礎部掘削深度は両岸とも中腹部以高で大きくなり斜面に対して直角方向に地表部から5～8mとなるであろう。
- 下流ダム地点における地下水位は、右岸側のボーリング孔PHLL3SPで孔口から約11mの深さにあることが判明している。左岸側の地下水位については詳しいデータはないがその地形的、地質的条件から判断して、右岸側とはほぼ同様と考えられる。これは、地下水位は大体C_Hクラスの岩盤よりわずか下方、即ち未風化岩盤の上限あたりに存在している可能性があることを示唆している。
- 一方、下流ダム地点の基盤岩の透水性はこれまでのルジオンテストによると、C_Mクラスの岩盤は10Lu～20Lu、C_Hは1Lu～10Lu、未風化岩盤は0Lu～3Luとなっている。
- 以上のことから、下流ダム地点でのダム基礎の止水処理の範囲は、Lugeon値のみから判断するとC_Hクラスの岩盤の下限付近となるが、更に安全サイドで判断すると、両岸ともダム取付部では地下水位のすぐ下方まで、河床部は断層が無い場合は、ダム高の1/2程度の深さ、と考えておくことが望ましい。
- 下流ダム地点について、将来ダムの詳細設計を行う為には、その左岸側、ダム頂取付部付近で未風化岩盤に達するコアボーリングを行うと同時に、地下水位測定、および岩盤部分をカバーするルジオンテストを、また河床部ではダム高の1/2もしくはそれ以上の長さのコアボーリングと全長をカバーするルジオンテストの実施が夫々望ましい。

本プロジェクトの取水口地点に関する土木地質的評価は次のように要約される。

- 下流ダム地点の右岸上流側に計画されている取水口地点は地形的、地質的および地質工学的条件の上では致命的な欠陥はなさそうである。

- 一 取水口構造物の詳細設計を行うためには、取水口地点の中心付近で未風化岩盤に達するコアボーリングを少なくとも1孔は掘削し、同時に水位測定と部分的な孔内変形試験の実施が望まれる。

(2) 貯水池地域

本プロジェクトのフィージビリティ・スタディでは、上述のようにダム地点として上流、中流、下流の3地点が比較検討されているが、これまでの総合的な検討結果では下流ダム地点が有利とされている。従って、本節で述べる貯水池地域は下流ダム地点が選定されることを前提としている。

(a) 地 形

本プロジェクトの下流ダム地点では満水位標高は477.40mで計画されているが、この場合、貯水池の末端はNaranjo川沿いに約1km上流まで達する。Naranjo川は下流ダム地点の上流約500mで支流Naranjillo川と合流するので、貯水池の形状もそれにともない二岐にわかれたY字型を示す。部分的には屈曲があるものの大局的には南北に延びた形状を示す。

Naranjo川とNaranjillo川の合流地点付近で貯水池の幅は最も広く約50mに達する。

貯水池地域は標高1,000m程度の山頂を持つ山体にとり囲まれており、貯水池はほぼ全域にわたって急斜面に接する部分が多い。

貯水池周辺斜面のうち尾根の頂上に近い部分では放牧やコーヒーのプランテーションに利用されている部分もあるが、大部分は未開発の熱帯性雨林に覆われている。

貯水池内及びその近傍については、地滑り或いは崩壊地は認められない。

(b) 地 質

貯水池地域にはダム地点及びその周辺部に分布する礫岩が、その下流部から中流部にかけて分布しており、その中流部から上流部にかけては、主に砂岩（粗粒～細粒）が分布する。これらの地層は地質層序的には砂岩が礫岩の上位となる。

いずれの岩相もダム地点に分布する中生代ジュラ紀から第三紀新世にかけての

堆積岩類であるNicoya Complexと呼ばれるオフィオライト（海洋底に噴出した火山岩類）や海洋底堆積物の一群の地層に属する。地表付近のごく浅い部分を除くといずれも新鮮で堅硬な岩盤が特に河床付近には分布する。

下流ダム地点から上流約500mのNaranjo川とNaranjillo川の合流地点付近まではダム地点と同様の礫岩が分布するが上流方向ほど粗粒の砂岩層が多く挟在するようになる。Naranjo川とNaranjillo川の合流地点付近からは粗粒砂岩層が分布する。礫を伴うような粗粒砂岩から中粒サイズに近い砂岩までが比較的リズムカルに互層を形成している。単層の厚さは数センチメートル程度のオーダーが最も多い。ダム地点側の礫岩層はほぼ東西の走向で北傾斜を示すが、上流側の粗粒砂岩は北西-南東走向で北東傾斜を示す。しかし、境界付近に顕著な断層は認められず、岩相的にも暫移的な部分もあることから両者の関係は断層関係ではなく、軽微な不整合または整合関係と考えられる。貯水池内部には顕著な破碎帯を伴うような断層は認められない。更に、本貯水池地域には、通常水理地質条件に大きな影響を与えるエルスト性の炭酸塩岩類もしくは多孔質、低固結の新しい火山岩類は分布していない。

また、貯水池内部の谷の形状は急峻なV字谷地形を示す個所がほとんどであり、ごく部分的な河床砂礫を除くと未固結堆積物は存在しない。

(c) 土木地質的評価

本貯水池地域の地形、及び地質については、ICEから提供された資料からの情報及びJICA調査団とICEとの協力により実施した書調査の結果から、それらのアウトラインを把握することができた。これまでに判明した地形的、地質的条件に基づく本貯水池地域の土木地質的評価は次のとおりである。

- 本貯水池地域は、これまでの資料検討結果及び現地踏査結果からみても、計画貯水池地域の周辺山体は地形的に十分な厚みを有していること、ダム地点近傍では両岸山体の地下水位は山側程上昇する傾向を示していること、また、地質的にもそれら山体に、貯水池地域から他流域への大量漏水の原因となるような炭酸塩岩類とか、未固結もしくは透水性の高い新しい時代の火山岩類の分布も認められないことから、その保水性は問題がないと判断される。

- 本貯水池内部には、局所的な小さな崩壊はところどころ認められるが、地滑りもしくは大規模な崩壊の存在は発見されていない。また、大規模な不安定傾斜も認められていない。
- 従って、将来貯水池の水位を急激に低下させるとか、ダムの安定性を保証しないような不安定斜面の存在の可能性はほとんどないと判断される。

(3) 導水路トンネルルート

(a) 地 形

導水路トンネルは全長約5,500mでNaranjo川の右岸から分水嶺を越えてPaquita川の左岸へ抜けている。

導水路トンネルルートの通過部分は大部分が標高600~700mの標高を有する山体であるが、ほぼ中間地点で大きく切れ込んでいる沢 (Quebrada Jilguero) の下を通過する。通過部分の地表地形は小規模な上下を繰り返すがほとんどの部分で被りは100~200mであり、取水口付近とサージタンク付近を除けば被りは大体100m以上の区間が約95%、そのうち最大の被りはCerro San Isidro付近で約300mとなる。しかし、Quebrada Jilgueroの直下では被りは20m程度しかない。

このQuebrada Jilguero地点での地表踏査では、表流水の存在が確認されている。Table 7-20と7-21には、本トンネル区間のうち、被りが浅い区間の位置と被りの厚さが示されている。

(b) 地 質

導水路トンネルルートの地質に関しては、ICEから提供された基礎資料のスタディ、空中写真判読及びJICA調査団がICEの協力のもとに実施した地表地質踏査等の諸結果に基づいて、これまでに判明したことを以下に記述する。

導水路トンネルルート沿いにはその上流側から順にダム地点に分布する岩石と同種の、巨礫質礫岩、砂岩/頁岩互層、中礫質礫岩、細粒砂岩、火山礫質礫岩がそれぞれ分布する。

これらの地層はいずれもダム地点に分布する中生代ジュラ紀から古第三紀始新世にかけての堆積岩類であるNicoya Complexと呼ばれるオフィオライト (海洋底

に噴出した火山岩類)や海洋底堆積物の一群の地層に属する。地表付近のごく浅い部分を除くといずれも新鮮で堅硬な岩盤が特に河床付近には分布する。

最も上流側に分布する巨円礫を特徴とする礫岩はダム地点に分布する礫岩と一連の地層である。礫径1mを超えるような巨円礫を多く含むのを特徴とし、一般に層理は不明瞭である。しかし、一部粗粒砂岩層を挟在する個所があり、そのような個所ではほぼ東西の走向、北傾斜を示す層理面が認められる。礫岩の構成礫種は同質の礫岩や砂岩・頁岩等であり、特に新鮮な部分は非常に緻密・堅硬で、ハンマーの強打でも割るのは容易ではない。

巨円礫岩の下流側に分布する砂岩/頁岩互層は中粒(一部粗粒)から細粒の砂岩と頁岩が比較的リズムカルな互層を呈する岩相を示す。単相の厚さは数センチメートルオーダーが最も顕著でミリメートルサイズ以下の葉理は顕著ではない。

更にその下流側に分布する礫岩は円礫を含むことを特徴とするが、ダム地点付近に分布する巨円礫と異なり、礫径の最大は数十センチメートルオーダーの中礫を主体とすることを特徴とする。部分的に粗粒砂岩層を挟在する。

その下流側に分布する細粒砂岩は構成粒子の径の変化が比較的乏しく、一部にシルトサイズの頁岩層を挟在するのみである。

更に下流側には、火山性の礫を含む礫岩が分布する。この礫岩は発電所地点の山側に分布する礫岩と同一の層順に属すると考えられるが、一部礫が角礫を呈し、かつ多種多様な礫種が大量に密集する岩相を呈する部分もある。しかし、これらは基本的には同一層順のうちの若干岩相を異にする部分と考えられる。

水路ルート沿いに分布するこれらの地層はその層理面の走向傾斜が場所によって異なることから、わずかながら褶曲構造や断層構造の存在が予想されるが、基本的にはNW-SE走向、NE傾斜であり、それぞれの関係は整合または軽微な不整合関係と考えられる。たとえば砂岩/頁岩互層はその上流側及び下流側の礫岩とは若干走向・傾斜が異なり、導水路トンネルルート1,000m程東方では削減することがICBから提供された地質資料から得られ、地層の走向・傾斜の傾向と整合的である。このことから推定するとこの砂岩/頁岩互層ではトンネルルートの深度相当では消滅することが推定される。

本トンネルルートで最も被りが薄くなるQuebrada Jilguero地点では被りが20m程度しかないが、その地表踏査の結果では、礫岩や細粒砂岩の新鮮で堅硬な岩

盤が地表の露頭で確認されており、表流水の存在も確認されている。

いずれの地層もその岩質は新鮮部分は堅硬緻密であり、少なくとも著しい構造地形、特記すべき地形の荒廃などは見当たらないことから当プロジェクトのトンネル計画に対して特別のマイナス条件が存在するとは考えられない。

ICEの既往地質データでは2～3条の断層が予想されているが、その性状については、いずれも変位は小さく、大規模な破碎帯を伴うものではなく、当プロジェクトのトンネル計画に対して致命的な条件となるとは考えられない。

導水路トンネルルートは新航測地形図を用いて土木構造物のレイアウトとして3ルートの比較案が提案されたが、いずれのルートも地質的にはほぼ同一条件にある。現地踏査の結果を参考に調査団とICE側で協議した結果、3案のうちでコスト面で一番有利な導水路トンネル長は他の2案に比べてやや長くなるも作業坑が最短となる案が選定されることになった。

(c) 土木地質的評価

本プロジェクトの導水路トンネルルートに対しては、上述の通りこれまで地形・地質調査および物理探査など、かなりの調査が行われ、その地質、地質工学的な性状の概要が明らかにされてきた。

それらの概要を土木地質的な観点から要約すると次の通りである。

- 導水路トンネルは Fig. 7-8と7-9 に示すように、3種類の礫岩、即ち巨礫まじりの礫岩 (C₁₀)、小～中礫まじりの礫岩 (C₁₁) および火山岩礫まじりの礫岩 (C₁₂) と細粒砂岩中を通過すると推定される。
- 上記の各種岩石の未風化部の岩質は非常に堅硬、緻密で全体的に塊状である。
- また、上記の岩盤中にはいくらかの節理群が観察されるが、トンネルルート全区間にわたっての節理の分布状況は未解明である。これまでの地質踏査によると、トンネル設計、施工にとって格別注意が必要と言う程のものは見出されていない。
- 断層に関してはトンネルルートと交差する顕著なものはいままでに見出されていない。
- 一方、本プロジェクト地域の空中写真判読によると数系のリニアメントが抽出され、そのうちの3条はこのトンネルルートと交差している。

- これら3条のリニアメントはそれらの周辺の地形と地質の特性を勘案するとそれらが仮に断層であったとしても、この導水路トンネルの建設に重大な支障をもたらすとは考えられない。
しかし、いずれにしても、これらリニアメントが断層であるか否か、今後の調査により明らかにする必要がある。
- 導水路トンネルの全区間（長さ約5,500m）のうち、トンネルの地山被りが50m以下の区間は3ヵ所、即ち、取水口地点付近（長さ約50m）、導水路トンネル区間のほぼ中央部のQuebrada Jilguero付近（長さ約250m）ある。
上記のうち2番目と3番目のヵ所に対しては、将来コアボーリング調査と孔内水位測定を行うことが望ましい。
- 導水路トンネルルートを通過地域の地下水に関する詳しいデータは今のところない。しかし、このルート沿いの山体の地形的、地質的特徴から判断すると、全区間の地下水位は地表面から深さ20m以内に存在していると考えても支障はないように思われる。
- 以上により、地形的、地質的および地質工学的特性はこの導水路トンネルの建設に何ら致命的な打撃を与えるようなものではないと考えられる。ただし、上述のトンネルの地山被りが50m以下の区間ではその掘削工法および支保工方法をやや慎重に決定する必要があることは言うまでもない。

(4) 水圧管路ルートおよび発電所地点

本節で調圧水槽地点、水圧管路ルートおよび発電所地点の地形、地質および地質工学的性状を説明する。

水圧管路ルートとそれに対応した発電所地点については、当初2ルートの比較検討がなされていた。即ち、マスタープランで検討されたNo.1ルートとその上流側にICEが独自で検討したNo.2ルートである。

今回のフェージビリティ・スタディによる最終的な水圧管路ルートとそれに対する発電所地点は Fig. 7-8 に示す通り、上記のNo.1とNo.2ルートの上に位置する。

調圧水槽地点、水圧管路ルートおよび発電所地点を含む地域に対する諸調査は次のように要約される。

- 調圧水槽地点とその周辺部に対しては物理探査とトレンチ調査が行われた。

- 水圧管路ルートに対しては、コアボーリング調査、物理探査およびトレンチ調査が行われた。
- 発電所地点については、コアボーリング調査と物理探査が実施された。
- フィージビリティ・スタディ期間中、JICA調査団の勧告により上記の地域については地質踏査、および追加コアボーリング調査（孔内試験と検層を含む）がNo.1水圧管路ルート上（ボーリング孔PHLL18TP）とNo.1発電所地点（ボーリング孔PHLL19CM）で夫々実施された。

最終的な水圧管路ルートとそれに対する発電所地点に関する地形、地質および地質工学的性状を以下に説明する。

(a) 地形

調圧水槽地点から発電所地点候補地域となるPaquita川の左岸側一帯は、山岳地帯が太平洋沿いの沖積低地に落ち込む部分に該当し、地形的にはかなり複雑な地形、即ち、細かく変化に富んだ尾根筋、深く切れ込んだ小沢などが形成されている。

調圧水槽ほどの水圧管路ルートの場合でも、SW方向に延びるやゝやせた尾根の先端付近に置かれる。

水圧管路は当初、上述の通り、調圧水槽地点の西側斜面、これはやゝ凹凸を伴う全体としては比較的傾斜の緩い斜面であるが、その上に設けることが検討されたが、最終的には Fig. 7-9と7-11 に示す通り、地下に設けることとなった。

最終的な発電所地点は、Paquita川の左岸、マスタープランによる“No.1地点”のすぐ上流側、細長く形成された河岸段丘が水圧管路の通る山体斜面にアバットする付近に位置する。発電所地点の背後斜面は Fig. 7-10と7-11 に示す通り、比較的緩傾斜をなす。

(b) 地質

本地点に分布する基盤岩は主に礫岩であり、それは、導水路トンネルルートの最下流部に分布する火山性の礫を多く含むことを特徴とする礫岩である。その表層部はかなり深部まで風化（最大風化深度：約15m）しており、沢の河床部では新鮮な岩盤の露頭が観察されるが、尾根部では新鮮岩盤の露頭はほとんどない。

これらの地形では地形的にもやや変化に富み、ところによりその表面部はやや厚い表土、もしくは風化残留土に覆われ、また基盤岩の表層部も風化がかなり深くまで及んでいる徴候も認められる。

調圧水槽地点

調圧水槽地点の基盤岩は礫岩 (C_{rr}) からなる。この礫岩は火山岩礫を含んでいることで特徴づけられ、その未風化部の岩質は非常に堅硬、緻密でかつ塊状である。当地点の基盤岩はその表面を表土と風化残留土に覆われている。これらの表層堆積物の厚さと基盤岩の風化程度については既往調査データから判定することは困難である。当地点における地下水位に関するデータは今のところない。この地点の基盤岩の風化程度は当地点がや、やせた尾根部に位置することを考慮に入れると、かなり深いと推定される。これまでに得られた当地点に関する地形的、地質的および地球物理的データと情報を総合的に勘案すると、当地点では地表面から未風化岩盤までの深さは30mもしくはそれ以上あるかもしれない。

水圧管路ルート

今回のフィージビリティ・スタディでは水圧管路は土木施工技術面とコスト面を考慮すると、地下に設けることがベストと結論づけられているので、ここでは地下の水圧管路の通過部分の地質について説明する (Fig. 7-8から7-12 参照)。

水圧管路が通る可能性のある地域を対象とした各種地質調査はこれまでは主として前述のNo.1およびNo.2ルートに集中しており、そのうちNo.1ルートに対する調査成果は Fig. 7-11 に示すように集約される。

水圧管路中腹部 (標高 297.2m) のボーリング (PHLL18TP) 調査では、地表から約9m付近までは強風化岩盤 (原岩は礫岩) でそれ以下は比較的急に新鮮部の多い堅硬岩盤 (礫岩) であることが判明した。

これまでの諸調査データを参考に、地下の水圧管路通過部分の地質性状を要約すると、次の通りである。

- 水圧管路は全体に調圧水槽地点に分布する礫岩 (C_{rr}) と同種の岩盤中を通過する可能性が大きい。

- 空中写真判読によると本ルートと交差するリニアメントが1条抽出されているが、それが断層であるか否かは現時点では不明である。
- 上述の水圧管路ルートNo.1とNo.2沿いに実施された弾性波探査のデータは、基盤岩の礫岩は地表面から深さ30~40mまでは V_p が2.3km/sec、もしくはそれ以下であること、また新鮮岩盤部でもところにより低速度帯 (V_p : 2.1~2.8km/sec) が存在することを示している。
- 上記の礫岩は風化深度の大きい部分でも、その下部ではかなり急速に新鮮岩盤に移行する傾向が認められる。場所による多少のバラツキはあろうが、水圧管路ルート地域では、風化岩表面から新鮮岩盤までの深さは最大で20m程度と推定される。
- PHLL18TP孔内では削孔中孔内水位測定、標準貫入試験（強風化部対象）、孔内変形試験（強風化部及び新鮮部対象）及び孔内弾性波速度測定がICEにより実施された。これら孔内諸試験データは7.1.8章において解析、評価結果を述べるが、ボーリングコアを観察した限りでは、当該地点の地質的、地質工学的性状は大体従来の予想通りの状況であったと言えよう。

発電所地点

発電所地点が位置するPaquita川の左岸側の基盤岩は礫岩 ($C_{s,v}$) と泥灰岩 (マール) で構成される。地質層序的には、前者は整合的に後者を覆っている。しかし両者の境界は部分的には破碎されているとするデータがICEの調査成果として提供されている。

礫岩 ($C_{s,v}$) の未風化部の岩質は前述の通り、非常に堅硬、緻密でかつ塊状であるのに対して泥灰岩は充分な載荷状態下では非常に緻密であるが、除荷状態のもとでは、例えばボーリングコアの状態では容易に軟化する性質を示す。泥灰岩はNo.1発電所地点付近の河床部の一部および下流側の沢底部の一部に夫々露出しているが、それらはいずれも露頭では軟弱化した状態となっている。

水圧管路トンネルルートと発電所地点では表土 (厚さ: 2~2.5m) と段丘堆積物 (厚さ: 4.5~5m) に覆われた基盤岩類として礫岩 ($C_{s,v}$) と泥灰岩が分布している。この地点内のボーリング孔PHLL13CMによると、礫岩 ($C_{s,v}$) は深さ7.05m~44.9mまで、泥灰岩は深さ44.9~50mの孔底まで分布していること

が確認されている。なお、Appendixの“Drillhole PHLL13CMのGEOLOGIC LOG”では、深さ 7.05~25.5mまでの岩石名を角礫岩“(Breccia)”としているが、地質層序の上ではそれは礫岩(C₁₁)に含むべきものと解釈される。

(c) 土木地質的評価

本プロジェクトの調圧水槽地点、水圧管路ルートおよび発電所地点に関する土木地質学的評価は次のように要約される。

調圧水槽地点

- 今回のフィージビリティ・スタディでプロポーズされた調圧水槽地点は、これまでの諸調査の結果、特に重大な問題はなさそうである。しかし、当地点はその南東側および南側の斜面は南西側に比較すると急斜面するやせ尾根上に位置することから、将来、調圧水槽の詳細設計に際してはこの地形条件に留意すべきであろう。
- 調圧水槽の詳細設計を行うためには、本地点において調圧水槽構造物の底部にまで達するコアボーリング調査により表層堆積物と基盤岩に関する詳しいデータの入手が必要である。

水圧管路ルート

- 今回のフィージビリティ・スタディにより水圧管路は、前述の通り、地下に設けることが土木施工技術面とコスト面から最も有利であると結論づけられた。
- Fig. 7-8と7-10 に示される水圧管路ルート沿いには今のところ地下調査はなされていないが、その周辺部で既に実施された諸調査のデータはそのルートの土木地質的評価を行うことをある程度可能にしている。
- 水圧管路トンネルは Fig. 7-12 に示す通り、全区間礫岩(C₁₁)中を通ると推定される。一方、水圧管路トンネルが通過する地域内の基盤岩(C₁₁)は一般にその表面部から深さ30m~40mまでの間は風化により多かれ少なかれその岩質は劣化している可能性がある。

- 従って、水圧管路トンネルの地山被りが40mもしくはそれ以下の区間におけるトンネル掘削工法および支保工方法の検討に当たっては注意を要する。しかしトンネル地山被りが40mもしくはそれ以上ある区間では局部的な岩質劣化部を除けばトンネル掘削支保作業にとってその地質工学的特性は特に問題ないと考えられる。
- 水圧管路の詳細設計のためには、水圧管路トンネル区間のうちその地山被りが相対的に小さい部分を対象に少なくともコアボーリングを2孔（同時に地下水位測定、必要に応じて孔内変形試験を実施）の地下調査が必要である。

発電所地点

- これまでの諸調査によると、発電所地点では厚さ約7mの表層堆積物（表土および段丘堆積物）が基盤岩の礫岩（ C_{11} ）を被覆していること、この礫岩（ C_{11} ）の下位には泥灰岩が存在していることが明らかにされている。
- 発電所基礎は上記の表層堆積物は掘削除去し、その下位の礫岩（ C_{11} ）とすべきであろう。この礫岩はボーリングコアで観察する限りでは、発電所基礎岩盤としての適正を充分有している。
- 当地点の礫岩の下位の泥灰岩は直接発電所基礎部には出現しない。

前述したようにこの泥灰岩は充分な載荷状態下では非常に緻密であるが除荷状態のもとでは容易に軟化する性質を示す。

本報告書の土木構造物の設計では、発電所基礎の掘削は礫岩が分布する深度までとされており、特にこの泥灰岩に考慮する必要はない。仮に詳細設計以降の段階でこの泥灰岩の分布深度まで掘削する案に変更された場合でも、発電所の基礎岩盤としては強度的に特に問題とはならないと考えられる。ただし施工上は掘削後直ちにモルタル吹付けを行う等の乾湿くり返しを避ける工夫を行うべきである。またこの泥灰岩が法面に出現するように掘削される場合も同様である。

- 礫岩と泥灰岩の境界は一部断層破碎部の様子を呈する露頭もあるが、前述したように両者の関係は整合か軽微な不整合と考えられる。また発電所地点のボーリングPHLL13CMでも両者の境界には大規模な破碎部は認められない。

従って本報告の掘削深度よりも更に深部にあるこの境界部を特に断層破碎部として考慮する必要はない。

7.1.5 岩盤分類

本プロジェクトのフィージビリティ・スタディでは、ダム基礎岩盤の地質工学的特性を客観的に評価し、表現するためにボーリングコア及び横坑周辺岩盤を対象とした岩盤分類及び評価システムが採用されている。

ボーリングコアに関しては、Table 7-16 に示すように、岩石コアは風化程度 (W)、硬さ (H)、割れ目の間隔 (C) について5段階に分けて分類され、それらはボーリング柱状図に記録されている。更にこれら分類結果は Table 7-17 に示すようにグルーピングによるコア評価が行われ、それらが地質断面図 Fig. 7-3から7-5 に示されている。

横坑周辺岩盤については、その風化程度、硬さ、及び亀裂間隔をそれぞれ5段階に分けて評価する“Rock Classification for Adit”(Table 7-18 参照)を用いた分類が行われた。この岩盤分類結果は更に、総合的な“Rock Mass Classification”としてグルーピングされ、Table 7-19 に示されている。

上記の“Rock Classification for Adit”と“Rock Mass Classification”の関係は Table 7-19 に示されている。

7.1.6 原位置岩盤試験

(1) 緒言

本プロジェクトに関する平板载荷試験は下流ダム地点右岸の調査横坑 ADIT No.1 で4箇所、調査縦坑 PIT No.2 で4箇所実施された。

また、坑内载荷試験が水圧管路ルートでのボーリング PHLL18TP で8箇所、発電所地点のボーリング PHLL19CM で6箇所実施された。それらの結果を以下に述べる。

(2) 平板载荷試験

本プロジェクトに関する平板载荷試験は下流ダム地点右岸の調査横坑 ADIT No.1 で4箇所、調査縦坑 PIT No.2 で4箇所実施された。それらの結果を Table 7-22 に示す。

(3) 孔内載荷試験

孔内載荷試験はボーリング孔PHLL2SPで5個所、PHLL3SPで6個所、PHLL4SPで7個所、PHLL18TPで8個所、PHLL19CMで6個所、それぞれ実施された。これらボーリング孔のうち最初の3孔はダム地点に、あとの2孔は水圧管路ルートおよび発電所地点に位置する。

これら孔内載荷試験結果を Table 7-22と7-23 に示す。

(4) 試験結果と評価

ダム地点における平板載荷試験結果は Table 7-8 に、またダム地点、水圧管路ルートおよび発電所地点における孔内載荷試験結果は Table 7-22と7-23 に夫々示されている。

平板載荷試験データから岩盤の変形係数(D)は、漸増荷重を10、20、30、40、50(および時には60) kgf/cm²とした場合について、また割線弾性係数(E_s)と接線弾性係数(E_t)については最大荷重50もしくは60kgf/cm²の最終ループにおける荷重レベルが20から50ないし60kgf/cm²の間の直線部分についてそれぞれICEによって求められた。

孔内載荷試験データから岩盤の変形係数(D)は漸増荷重が15、30、45、60kgf/cm²の場合について、また弾性係数(E_s)は最大荷重時(65kgf/cm²)の最終ループのうち荷重レベルが20から60kgf/cm²の間の直線部分について求められている。なお、これらボーリング孔内での変形係数と弾性係数のうち、ダム地点及び水圧管路ルートに関するものはICEにより、また発電所地点に関するものについてはICEの調査データに基づきJICA調査団によりそれぞれ求められた。

ダム地点における岩盤力学的定数は、そこでの岩石の一軸圧縮強度が600kgf/cm²以上であることからポアソン比を0.2(一般に硬岩の場合にこの値を採用)として求められている。一般にポアソン比が0.05増加すると岩盤の力学的係数は1,000kgf/cm²のオーダーで減少する。今回水圧管路ルートと発電所地点における岩盤の力学的定数の算出に際しては、多少安全サイドをとり、ポアソン比を0.25として計算されている。その理由としては、これらの地点における試験実施箇所の岩盤の状態はダム地点のそれと比較してそれ程堅硬ではなかった(一軸圧縮強度で100~300kgf/cm²程度)ことによる。

平板載荷試験結果を岩盤区分別に見てみると、全変形量のうち塑性変形の占める割合はC_Hクラスの岩盤（以下C_H岩盤）で約77%、Bクラスの岩盤（以下B岩盤）のそれは約55%である。変形量についてはC_H岩盤はBクラスの岩盤より1.4倍多くなっている。これはC_H岩盤はB岩盤に比較すると割れ目とか節理による影響が大きく塑性変形も大きいことを示している。

変形係数（D）はC_H岩盤で60,500～75,000kgf/cm²、B岩盤で12,800～16,560kgf/cm²となっている。岩盤の総合評価によるとC_H岩盤の値は大體標準的な値を示しているのに対してB岩盤の値は明らかに小さすぎる。これはB岩盤の部分での試験値は掘削時の発破の影響を受けた岩盤であることを示している。

接線弾性係数（E_t）はC_H岩盤で86,200～256,000kgf/cm²で、B岩盤では19,050～25,150kgf/cm²の値となっている。

C_H岩盤のE_t値が256,000kgf/cm²は異常に大きすぎる。これは何かの試験値の読み取りミスの可能性がある。一方、B岩盤の値はC_H岩盤の値は小さい。これも上述の通り、試験個所の掘削時の発破の影響による緩みが原因と思われる。上述の試験結果を総括すると、C_H岩盤については接線弾性係数（E_t）の86,200kgf/cm²が唯一の信頼できる値であると考えられる。

C_H岩盤の割線弾性係数（E_s）97,000～144,700kgf/cm²、B岩盤のE_sが18,100～23,240kgf/cm²はいずれも信頼性のある値とは言いがたい。そのような異常な値となった原因は、試験装置自体かデータ処理を含めた解析段階にミスがあったものと考えられる。

ダム地点右岸側の調査豎坑No.2の平板載荷試験は強風化岩盤の部分で実施された。それら試験から求められた弾性特性を示す値も堅硬な岩盤のそれに達していない。前述（7.1.4）の通り、ダム地点の強風化岩盤はダム基礎岩盤としては掘削除去されるべきであることを物語っている。

平板載荷試験結果のみからは次のように要約される。

- ダム地点でC_H岩盤と判定した個所での平板載荷試験から求められた弾性値は標準的なC_Hクラスの岩盤のそれとほぼ一致しており、そのことからこの岩盤判定は妥当性があることになる。一方、B岩盤とした個所の弾性値は掘削時の発破の影響のため、標準的な値よりかなり低く、その岩盤判定は妥当性に欠けていることになる。

— ダム地点における岩盤の変形特性は、割れ目とか節理による弾性値の低下がいくらか認められることを示してはいるが、C_H岩盤は硬質岩盤としての条件を充分備えている。従って、ダム地点のC_H岩盤はダム基礎岩盤としての適性を有していると判定される。

— 一方、Table 7-22 に示すように、ダム地点における孔内載荷試験結果を要約すると次の通りである。

— Table 7-22 によると、変形係数 (D_v) はB岩盤で51,200~123,000kgf/cm²、C岩盤で26,600~51,000kgf/cm²である。同じく弾性係数 (E_v) はB岩盤で55,500~139,000kgf/cm²、C岩盤で27,400~72,000kgf/cm²である。各岩盤での弾性値は総合的にみて妥当性があると判定される。

— 上記のような孔内載荷試験から求められた D_v と E_v 値でみるかぎりC岩盤は高さ60mクラスのコングリート重力ダムの基盤岩盤として十分に適性があると言える。

水圧管路ルートと発電所地点のボーリング孔PHLL18TPとPHLL19CMでの孔内載荷試験結果は Table 7-23 に示されているが、それらは次のように要約される。

— ボーリング孔PHLL18TPで求められた変形係数 (D_v) は26,000~126,000kgf/cm²の範囲にあり、未風化岩盤 (C₁₋₂クラス) 内でのその値は101,000~126,000kgf/cm²を示す。また同様に弱風化岩盤 (C₃₋₄クラス) 内で54,000~108,000kgf/cm²の値を示す。

— ボーリング孔PHLL19CMで求められた変形係数 (D_v) は新鮮泥灰岩部 (M₁₋₂) で4,000~9,000kgf/cm²、段丘堆積物中では3,000kgf/cm²を示す。

なお、これらの値はICEの調査データに基づきJICA調査団が算出した速報値であるが、ICEによる算出値と概数では一致しており本報告の結論には影響しない。

— 上記の未風化礫岩 (C₁₋₂)、弱風化礫岩 (C₃₋₄) および中程度風化礫岩 (C₅₋₆) のそれぞれの D_v 値は水圧管路トンネルの設計、施工に際して充分参考にあるであろう。

— 更に、上記の発電所地点で求められた D_v 値は発電所基礎の掘削に大して重要なヒントを与えている。即ち、発電所基礎部においては段丘堆積物は掘削

除去されるべきであることを示している。

7.1.7 物理探査

(1) 緒言

本プロジェクトの物理探査は、弾性波探査がダム地点、導水路トンネルルート、水圧管路及び発電所地点で実施された。坑内弾性波速度測定がダム地点右岸の調査横坑 ADIT No.1 で実施された。また、比抵抗探査が水圧管路及び発電所地点で実施された。これらの調査はいずれも本スタディ開始前にICEにより実施されたものである。

また、弾性波探査のいくつかの測線に関し、ICEの協力により入手したデータに基づきJICA調査団により再解析を実施した。それらの結果を以下に述べる。

(2) ダム地点

本プロジェクトのダム地点では弾性波探査がICEにより8測線実施されている。それらの概要をTable 7-5に、測線位置をFig.7-2に示す。

本ダム地点における弾性波探査の測線はそのすべてが上流ダム地点右岸の緩傾斜域に集中している。

その結果はボーリングコアの観察結果と整合性があり、地表浅部の強風化層の分布を低速度層としてとらえていると考えられる。

(3) 導水路トンネルルート

本プロジェクトの導水路トンネルルートでは弾性波探査及び比抵抗探査がICEにより部分的に実施されている。

それらによると導水路トンネル掘削レベル付近での弾性波速度及び比抵抗は以下のように捉えられる。

	V_p	ρ
礫岩 (pebble) C_{sp}	3.0 -- 4.0 km/sec	30--120 ohm-m
細粒砂岩 $f s_1$	2.2 -- 2.5 km/sec	30--150 ohm-m

弾性波速度に対し、比抵抗の値が小さく捉えられているが地表付近の風化部の影

響を受けている可能性がある。また f_s の分布域ではトンネルの被り深さが200 m以上と計画されており弾性波探査の可探深度を超えている可能性がある。

(4) 水圧管路

本プロジェクトの水圧管路ルートでは弾性波探査及び部分的に比抵抗探査がICEにより2測線実施されている。それらは、ICEによる発電所候補地点のNo.1地点とNo.2地点にそれぞれ該当するルートである。

その結果は特にルートNo.1ではボーリングコアの観察結果と整合性があり、地表浅部の強風化層の分布を低速度層としてとらえていると考えられる。しかし、ルートNo.2の速度層分布とは特に低速度の深度分布が著しく異なり解釈は慎重に行う必要がある。

調圧水槽地点ではそこに分布する礫岩部の弾性波速度及び比抵抗は以下のように捉えられている。

	V_p	ρ
強風化部	0.6 - 0.8 km/sec	
やや風化部	2.5 - 3.6 km/sec	40-150 ohm-m
新鮮部	> 5.0 km/sec	

弾性波速度に対し比抵抗の値が小さく捉えられているが地表付近の風化部の影響を受けている可能性がある。

(5) 発電所地点

本プロジェクトの発電所地点では弾性波探査がICEにより6測線及び比抵抗探査が1測線実施されている。その結果ボーリングコアの観察結果や地表地質踏査の結果と整合性があり、地表浅部に分布する段丘堆積物の分布や強風化層の分布を低速度層としてとらえていると考えられる。

本地点に分布する礫岩部の弾性波速度は2.3-2.5km/secを示し、新鮮部では2.8-3.5km/secを示す。また比抵抗は15-40 ohm-mであり弾性波速度の値に比べて低い値を示すが地表付近の段丘堆積物や強風化層の影響を受けている可能性がある。

(6) 弾性波探査再解析

また、弾性波探査のいくつかの測線に関し、ICEの協力により入手したデータに基づきJICA調査団により再解析を実施した。実施した測線は以下のとおりである。それらの結果を以下に述べる。

ダム地点	PS-3
導水路トンネルルート測線	
水圧管路ルート	PP-1 及び PP-2
発電所地点	PC-1 及び PC-2
調査横坑内弾性波速度測定	ダム地点調査横坑 ADIT No.1

Table 7-10 にICEによって実施されたPS-1～PS-8測線の解析結果（解析A）とJICA調査団が実施したPS-3測線の再解析結果（解析B）との対比を示しているが、これらからダム地点における速度分布状況を知ることができる。解析Aによると、測線沿いの速度分布は4層に区分される。一方、解析Bによるとその速度分布は3層に区分される。しかし、解析Aで示されている第4層の確認位置は局部的なものであり、解析Bを行った測線PS-3では検出されない。例えば、上流ダム地点の地質断面（Fig. 7-3 参照）とは4測線（PS-4、PS-5、PS-8 およびPS-3）が交差しているがそれらの測線には解析Aでも第4層は欠如している。即ち、解析AとBの結果は基本的に大きな差異はないことを物語っている。

7.1.8 ボーリングコア試験

ボーリングコア試験はダム地点、水圧管路ルートおよび発電所地点から採取した礫岩のコアを対象に行われた。これらコア試験結果はTable 7-24と7-25に示されているが、それらを要約すると次の通りである。

(1) ダム地点の礫岩（ボーリング孔PHLL1SP, 2SP, 3SPおよび4SP）

— 比重は $2.74 \pm 0.05^*$ で、中流ダム地点の礫岩の比重が上流および下流ダム地点のものよりわずかに小さい。

上流および下流ダム地点の礫岩の比重は大差がない。これら礫岩は十分な重量をもっている。

— 吸水率は $1.26 \pm 0.55\%$ で、上流ダム地点の礫岩は中流および下流ダム地点のものよりわずかに低い値を示した。中流と下流ダム地点の礫岩の吸水率には大きな差はない。

ダム地点の礫岩は吸水率に関しては比較的小さく良質な石材であるといえる。

— 一軸圧縮強度は $675 \pm 293 \text{kgf/cm}^2$ で各ダム地点の礫岩に差はほとんどない。岩石の強度としてはダム基礎岩盤に適している。

(2) 水圧管路ルートおよび発電所地点の礫岩（ボーリング孔PHLL10T0, 11TP, 12CM, 13CMおよび14CM）

— 比重は 2.51 ± 0.09 で水圧管路ルートと発電所地点の礫岩の比重に大きな差はない。これらをダム地点の礫岩の比重と比較するとわずかに小さいが、水圧管路トンネルの周辺岩盤、発電所基礎部の岩盤を構成する岩石としては充分である。

— 吸水率は $5.67 \pm 2.79\%$ で水圧管路ルートと発電所地点の礫岩の吸水率に大きな差はない。ダム地点の礫岩の吸水率に比べるとそれらの値はやゝ大きい、岩質的には問題はない。

— 一軸圧縮強度は $218 \pm 113 \text{kgf/cm}^2$ でダム地点の礫岩の強度よりやゝ低いものの、水圧管路トンネルの周辺岩盤もしくは発電所基礎岩盤を構成する岩石の強度としては充分である。

‡ 数値の後の±はSD（標準偏差）を示す。