

## 第 11 章

### フュージビリティ設計

## 第11章 フィージビリティ設計

### 11.1 概要

本計画の規模は第8章の最適規模で示されている如く最大使用水量  $Q_{ax} = 0.31 \text{ m}^3/\text{sec}$ 、有効落差  $H_e = 109.17 \text{ m}$  で最大出力 230kW の所謂ミニ水力発電所である。その土木構造工作物には取水設備として取水ダム及び取水口があり、発電使用水を導水して落差を得るための導水路は水路経過地全体の地形から山腹沿いに 1/500 の勾配で開梁が設けられる。導水路の上流部途中には取水口からの水を下流構造物の補修や排砂等で遮断するための制水ゲートと余水吐が必要である。また取水した水に混入している砂シルトを沈降排除させるための沈砂池が造られ、ヘッドタンクまで約 1.2 km を導水する。その通水断面は比較的少量な水を導水するためその内幅は 0.57 m、内側高さ 0.72 m である。

ヘッドタンクは発電開始時の大きな水位変動を防ぐことと発電使用水を過不足なく瞬時に供給するためと、発電停止時に水圧管路内を流下している水の遮断にともなう反動エネルギー (Water Hammer) の発散と同時に水位上昇の緩和抑制を行なうだけでなく、本計画では渇水期の渇水流量時の発電停止による無効放流をなくするための補給水の貯溜を行う役割を持つ。

水圧管路はヘッドタンクから発電所に発電用水を導水するがヘッドタンクと発電所放水口との落差は  $H_g = 115.56 \text{ m}$  ( $11.6 \text{ kg/cm}^2$ ) あり、この水圧に耐えられる内径  $D = 0.394 \text{ m}$  の鋼管の延長は  $L = 226 \text{ m}$  である。

発電所は水圧管からの水を反動型 Cross Flow 水車で受け、その位置と速度エネルギーを電気エネルギーに変え、最大発生電力  $P_{\text{max}} = 230 \text{ kW}$  の電力と 1.25GWh の年間発生電力量を発生する。

### 11.2 土木工作物

#### 11.2.1 取水ダム

本取水ダムサイトの上流は 1/8 と極く急な河川勾配となっており、また川幅も 10 m から 15 m 程と狭く、渇水期の流量に発電用水を貯溜調整して補給するための効率的なポケットは急な河川勾配と狭小な溪谷となっているところから取水ダムの高さを上げることは極く不経済な地形となっている。

また、本地点の 100 年計画洪水量は  $Q_f = 180 \text{ m}^3/\text{sec}$  程度と大きく洪水時の上昇水位は 6 m 前後に達する。

このため、出水時の川流を出来る丈スムーズに流下させる河積を保つためダムはできるだけ低くし、川流を遮水し小流量時においても漏水が無く取水が出来れば可とするものとした。

また、ダム基礎はボーリング調査結果では河床地盤から玄武岩の基岩までは 1.5 m 程で到達できるのでコンクリートダムを基岩に着岩させ、現河床から上に

0.5 m程の処にダム頂が来る高さで、堤長 11 mの極く小規模なものとした。

### 11.2.2 取水設備

取水口は洪水時と渇水時の川流水位差がミニ水力発電を行うに於ては 5 m前後と大きい。従って、側方式取水設備は出水時の川流の影響を受けない為にはゲート、スクリーン等へ付帯設備が過大となるので不経済であり、その維持管理が嵩む。

このことから本計画ではダム頂部から取水する所謂チロリアン式取水口とし、そのスクリーンは出来るだけ砂礫が取水口下流に流入しないよう、ダム軸と平行な方向のスクリーン間隔を 1 cmとし、スクリーンの上下流方向の傾斜は 20 度（一番砂が入らない勾配は 30 度とされている）とする。スクリーンバーの設置幅は最大使用水量が充分取水できる 5 mとした（Fig. 11-3 参照）。

（なお、スクリーンに引っ掛り易い塵芥の除去は平水時は毎日又は 2 日に 1 度、また出水後は必ず熊手等による除塵が行われるものとする）

### 11.2.3 導水路

取水ダムに設ける取水口直下流から 40 mの導水路は出水時に水路が土石流から損傷を受けないよう Manuel Jorge 川の左岸河床部をトレンチカットして埋設する鉄筋コンクリートの暗渠とした。この暗渠の断面は万一、暗渠内に砂礫が溜まった場合でも人が入って排砂作業が出来るよう縦横それぞれ 0.7 mの断面とした。この暗渠の下流端には長さ 4 mの横越流式の余水吐とゲートを設け、またその下流終端部には制水ゲートを設けることとし、過剰に取水された流水を横越流余水吐とゲートから放流させることその他、制水ゲートで下流への流量調節を行うと共に下流水路の補修、清掃時の水路遮断の目的で設ける。

この制水ゲートからヘッドタンクまでの間は内幅 0.57 m高さ 0.72 mのコンクリート開渠の設計流積は 1/500 水路勾配と粗度係数  $n = 0.015$  から最大使用水量  $0.31 \text{ m}^3/\text{sec}$  が流下できるものとした。

開渠は山腹をトレンチカットし幅 2 mの工事用兼保守点検用道路を川側に配置しその山側に設ける。

なお開渠にはトレンチカットした山側法面からの崩落土砂や繁茂した草が水路に入らないよう厚さ 6 cmのコンクリート製土蓋を掛けることとした。

また、トレンチカットする山側法面勾配は計画地点近傍の既存道路の法面勾配が土砂のヶ所で 1:0.2~0.3 で安定しているが、長期に亘って本導水路を崩落土石から守るため緩斜面の切土には 1:0.7~1:1 とし、岩盤地帯は 1:0.3 として必要な法面には厚さ 10 cmのショットクリートを施し法面の安定を図る

こととした。

#### 11.2.4 沈砂池

沈砂池は本来、取水口直下流に設けるのが理想であるが、本地点の取水口から約 120 mの間は山腹勾配が急であるため取水口下流約 130 mの導水路途中で比較的緩斜面上に長さ 25 m、幅 3 m、有効水深 1.5 mの水槽を設け、取水された水中に混入した粒径 0.5 mm以上の砂を沈降除去させる。この沈砂池には幅 0.65 m、高さ 0.57 mのスピンドル式排砂ゲートを設ける。

また沈砂池川側には最大使用水量  $0.31\text{m}^3/\text{sec}$  が水深 0.1 m以下で越水出来る横越流式余水吐を設け、更にその下流には最寄りの Manuel Jorge 川に放流させる幅 1 m、深さ 0.5 mの石張式余水路  $L=125\text{m}$ を設ける。

なお、沈砂池下流終端部には流量調整用スピンドルゲート巾 0.72 m高さ 0.72 mを設け、沈砂池内の排砂作業時に取水された流水が下流にいかないよう、また水と混ざった土砂が効率的に排出出来るようにする。

#### 11.2.5 ヘッドタンク

ヘッドタンクは取水口から 1,150 mの標高 505 m付近の尾根の緩斜面上に有効水深 1.5 mで貯水容量  $2,400\text{m}^3$ が確保できる高さ 1.8 m以上のコンクリート擁壁で囲い、底版は厚さ 0.15 mの鉄筋コンクリート版を施工する。このコンクリート版の下部には Fig. 11-6 に示すような地山からの地下水やヘッドタンクからの漏水を除去しバックプレッシャーを軽減するためトレンチカットした中に  $\phi 100\text{mm}$ の有孔管を埋設し周りを砂利で囲った盲目暗渠を設ける。

ヘッドタンクの川側には発電が停止した場合の最大  $0.31\text{m}^3/\text{sec}$  が越流出来る横越流式余水吐（越流水深 0.15 m、長さ 7 m）を設ける。その余水路は練石張の幅 1.0 m、深さ 0.5 mをヘッドタンク上流側の水平に湾曲した斜面沿に Manuel Jorge 川に向けて延長 180 mを設ける。

なお、このヘッドタンクには地元 Milagrosa 等への既存生活用水路が損傷して飲料水等の供給が止まった場合等の給水に備え  $\phi 50\text{mm}$ の給水バルブを設置し、更に  $\phi 50\text{mm}$ の硬塩化ビニール管を約 50 mを既設用水に向け埋設する。

#### 11.2.6 水圧管路

水圧管路の管径は水車入口弁近くで漸縮させる以外は内径 0.394 mの鋼管を延長約 226 m設置する。管路の勾配は上部に於いては約 6度の緩斜面上を約 35 m下り、これより山腹斜面をほぼ最急勾配で下る箇所は 27度～47度と比較的急な勾配となっている。更に Manuel Jorge 川の左岸沿い道路を横断する前後では急な斜面となり、特に道路から下の発電所へ入る区間の 13 mは 63度と極く急と

なる。水圧管路全体のアンカーブロックが必要である個所は7ヶ所あり、最大ブロックが必要なヶ所は川沿道路直上部の交角部である。水圧管の管厚は日本の水門鉄管規準から管径 0.394 m に対して最小厚さは  $(D+800)/400=t$  (mm) としており、また最下部に於ける Water haer を見込んだ設計水圧  $15\text{kgf/cm}^2$  からは  $D \cdot P / (2 \cdot \sigma \cdot t \cdot \eta \cdot w \cdot ) + 0.002 < 6\text{mm}$  で鉄管の基準最小板厚である 6mm より計算値は小さくなるので管厚は 8.3.4 に示した既製鋼管内径  $D=0.394$  m の  $t=6.4$  mm を発電所直上流の漸縮管を除いた全区間に用いる事とした。

アンカーブロック間の鉄管小支台は既製管が 6 m 物の両端にフランジを取付け 2 本継ぎとすることから 12 m を基本間隔とした。なお配管には単管 6 m 物の中心 3 m 個所を小支台の中心に置き、将来修復を行う場合には中間の 6 m 管が取はずしがし出来ることを考慮した。また、鉄管と小支台の接触部にはグリスを塗布した鋼板を敷き鋼管が自由に伸縮移動出来ることにした。伸縮管については各アンカーブロックの直下部に置き下部鉄管に働く温度伸縮を調節させることとした。下部水圧管路において川沿左岸道路を横断する部分を幅、深さ共に 1.0 m を開掘し鉄管上端が路面下 0.3 m に設置しコンクリートでライニングし車両等の荷重に耐えられるものとした。

#### 11.2.7 発電所

発電所は Manuel Jorge 川と左岸道路とに挟まれた幅 30 m 程の狭い斜面を掘削し、標高 390.9 m (洪水位 390.4 m) 盤に発電所建屋を設けるが発電放水位は計画洪水位より 2 m 下の標高 388.4 m であるためその基礎は標高 388.7 m となる。

従って、発電機室は洪水面より下となることから周囲は水圧や土圧に耐えられ且つ、漏水を生じない重力式コンクリート壁を設ける。

また、コンクリート壁に土圧や水圧の外圧が加わる面には砂利のフィルター層を施工し圧力の軽減化を計る。

なお、洪水位は実測河川横断を用いマンニングの粗度係数  $n=0.25$  を用い 100 年計画洪水量  $Q_f=210\text{m}^3/\text{sec}$  で背水計算して求めた。

発電所と道路との間の掘削法面はコンクリート擁壁で保護し、発電所川側には放水口付近が洪水で洗掘されないよう練石積で護岸を行なう。

発電所建屋には発電機室、事務室、バッテリー室および倉庫、トイレを置き、内幅 5.5 m、長さ 14.9 m で基礎、柱および桁は鉄筋コンクリートで施工し、壁は目地モルタルを施した煉瓦造りとする。屋根は波型アスベスト版で棟の上に葺く。また、窓はアルミサッシのガラスを四方の壁に設ける。

### 11.2.8 発電所進入路 (Access Road for Power House)

発電所進入路は発電所下流約80mの標高397.4m付近の左岸道路から川側斜面沿いに発電所へ勾配1/12で路幅3mの砂利道とする。

進入路直上部の既設道路側の掘削法面に対してはコンクリート擁壁で保護し、道路川側に対しても進入口付近等の必要箇所にもコンクリート擁壁を施工することとした。

### 11.2.9 既設用水路

地元 Milagrosa および Santa Clara 地区への既設用水路は本発電計画により用水取入地点は川流が減水し、特に渇水期に於ける取水が困難となる。この用水が必要としている取水量は  $0.023\text{m}^3/\text{sec}$  であるためこの取水を容易とするため既設取入口直上流に高さ1.5m、長さ12mのコンクリート堰を砂礫層上に設け、その基礎からの漏水を防ぐため砂礫層にモルタルを注入すると共に必要に応じてセメントミルク等の注入工を施工する。また、既設水路は老朽化して漏水がひどいため補修が必要である。従って漏水のひどい区間のインバートには防水モルタル工を行い、特に傷みのひどい箇所については側壁を含めた改修工を行う。

## 11.3 電気工作物

### 11.3.1 主要機器の選定

#### (1) 水車

計画諸元(有効落差109.17m、最大使用水量 $0.31\text{m}^3/\text{s}$ )より水車の型式は横軸ペルトン水車、横軸フランシス水車またはクロスフロー水車が考えられる。

この地域の流況は乾期と雨期に大きく分かれ、当発電所は乾期・雨期を通じてベース発電所として運用される。特に乾期には雨量が少なく、部分負荷での運転を充分考慮する必要がある。

上記を考慮した場合、最高効率は多少下がるが、部分負荷運転幅が大きく、部分負荷運転での効率の高いクロスフロー水車とペルトン水車がフランシス水車より有利である。特にクロスフロー水車は構造が簡単で、ペルトン、フランシス水車よりも安価である。さらに構造が簡単なため、保守も容易であり、水車の故障時の補修もかなり現地にて対応が可能である。

以上より、クロスフロー水車の採用が好ましい。

なお、下流の Gue Gue 水力発電所もクロスフロー水車が採用されている。

主機の台数については、乾期・雨期における運転、機器の保守運用の利便さ、等を総合的に判断して、1台とした。

(2) 発電機

発電機は三相交流同期発電機を採用し、系統の電圧調整が充分可能なように、力率を0.8（遅れ）とする。なお、既存発電所の発電機率は0.8～1.0で設計されている。

(3) 主要変圧器

主要変圧器は発電所の屋外に設置するものとする。

(4) 制御方式

制御方式は運転員が常駐する有人制御方式とする。

### 11.3.2 主要機器諸元および仕様

(1) 水車

型式	:	クロスフロー水車
台数	:	1台
基準有効落差	:	109.17 m
使用水量	:	0.31m <sup>3</sup> /s
基準出力	:	253kW
回転速度	:	1,000r.p.m

(2) 発電機

型式	:	三相交流同期発電機
台数	:	1台
出力	:	290kVA
回転速度	:	1,000r.p.m
周波数	:	50HZ
電圧	:	400V
力率	:	0.8

(3) 主要変圧器

型式	:	屋外三相油入自冷式
台数	:	1台
定格出力	:	290KVA
電圧	:	400V/30KV

#### (4) 送電線

亘 長	:	5 km
回 線 数	:	1 回線
電 圧	:	30KV
導体の種類	:	硬銅より線 35mm <sup>2</sup>
区 間	:	Manuel Jorge No.4 発電所～Trindade 変電所

#### 11.3.3 設備概要

当発電所は屋内式とし、発電機室に主機および関連補機制御盤を設置し、主要変圧器は発電所の山側に設置する。発電所の単線結線図を Fig. 11-12 に示す。

#### 11.4 施工計画

##### 11.4.1 概 要

本計画に於ける主な土木工事は以下の如くである。

- (a) 取 水 ダ ム：幅 11 m、高さ 2.0 m、コンクリート量 210m<sup>3</sup>  
(含メーソンリーコンクリート)
  
- (b) 導 水 路：暗渠内幅 0.7 m、高さ 0.7 m、延長 40 m  
開渠内幅 0.57 m、高さ 0.72 m、延長 1,150 m  
路床掘削 幅約 3 m、延長 1,150 m、掘削量 8,040m<sup>3</sup>  
ショットクリート厚 0.1 m、面積 760 m<sup>2</sup>
  
- (c) 沈 砂 池：延長 25 m、幅 3 m、深さ 1.8 m  
コンクリート量 80m<sup>3</sup>  
余水吐 延長 125 m、練石張 280m<sup>3</sup>
  
- (d) ヘッドタンク：掘削量 10,070m<sup>3</sup>  
擁壁 高さ 1.8～2.0 m、コンクリート量 370m<sup>3</sup>  
床版 厚さ 0.15 m、面積 1,520 m<sup>2</sup>、コンクリート量 230m<sup>3</sup>  
余水吐 延長 240 m、練石張 530 m<sup>2</sup>
  
- (e) 水 圧 管 路：鉄管径 0.394 m、延長 225.6 m  
アンカーブロック 7ヶ所、小支台 14ヶ所  
掘削量 830m<sup>3</sup>、コンクリート量 125m<sup>3</sup>、練石張 380m<sup>2</sup>

(f) 発電所：建屋幅 5.5 m、長さ 14.9 m、床面積 82m<sup>2</sup>  
掘削量 2,000m<sup>3</sup>、コンクリート量 400m<sup>3</sup>

(g) 発電所進入路：延長 72 m、幅員 3 m  
掘削量 860m<sup>3</sup>、コンクリート量 205m<sup>3</sup>

(h) 地元生活用水取入設備：取水堰高さ 1.5 m、幅 12 m  
掘削量 170m<sup>3</sup>、コンクリート量 120m<sup>3</sup>

これらの工事は Fig. 11-10 の工事工程に示す如く 12 ヶ月で施工可能である。  
これ等諸工事のうち主な工作物の施工について以下に述べる。

#### 11.4.2 取水ダム

本計画地区は年間降雨量は約 2,000mm で 1 月から 2 月の少雨期と 6 月上旬から 9 月上旬にかけての乾期以外の時期は雨期で降雨がある。

この気象状況から、狭小な溪谷に設ける取水ダム工事は専ら乾期の 3 ヶ月に掘削からダムコンクリート並びに取水設備を仕上げるのが肝要である。このためにダムサイトへのアプローチは Manuel Jorge 川左岸道路標高約 432.5 m に架る橋の左岸アバット付近から上部へ伸びる林道沿いに登り、取水口から約 470 m 付近で水路盤に交わる地点から上流に水路盤をベンチカットし、これをアクセス道路としてダム地点まで到達する。この間には急峻な勾配で堅硬な岩盤が続く区間約 110 m を施工するため発破作業が必要で、その法面整形および法面保護工も必要であるので 3.5 ヶ月間程度を要することとなる。

ダム工事は乾期の川流は 0.1m<sup>3</sup>/s と少ないこととその工事数量が少ないことから付帯工事を含め 4 カ月間で終了することが出来るが、ダム工事の終了時期は急峻な岩盤地帯の施工工程に左右される。

#### 11.4.3 導水路

延長約 1,150 m の導水路工事は前述の取水ダム寄りの掘削を除いた部分の施工は標高 515 m 前後の既設林道と繋がっている山腹沿の道から標高約 505 m の水路盤に数ヶ所の仮設アプローチ道路を設ける。これより最寄りの水路盤に到達し、水路の上下流側にそれぞれベンチカットして水路盤を設け、これを施工用道路として水路コンクリートを設置するためのトレンチを掘削し、並行して開渠コンクリートを施工する。この場合、トレンチカットやコンクリート施工は各切羽から後向きに戻る方式が最適であろう。また、水路コンクリートの型枠は 6 m 前後の既製型枠を数セット用意し、移動と設置を容易とすることが導

水路全体の工程を容易にする。

#### 11.4.4 沈砂池およびヘッドタンク

沈砂地はその地形から取水口下流約 125 m 付近に設けるが、その本体工事量は小さい為、鉄筋組立、型枠据付およびコンクリート工事は、導水路全体の工事の相間を見ながら施工することとなろうし、その期間は2カ月間程で充分であろう。

ヘッドタンクの工事は本計画地点で一番大きなコンクリート構造となり掘削量は 10,000m<sup>3</sup>、コンクリート型枠 1,120m<sup>2</sup>、コンクリート量 600m<sup>3</sup>で工程は掘削と擁壁コンクリート打設のための型枠設置が工事期間の占める割合が大きくなる。このため、特に擁壁型枠はあらかじめ 6 m～9 m スパン移動式型枠を作製し施工することが効率的であろう。ヘッドタンク底版コンクリートは厚さ 15 cm であるが、この施工には基礎掘削後の目暗渠等の施工に際し底版基礎地盤が緩んで将来不等沈下が生じないように心掛ける必要がある。

#### 11.4.5 水圧管路およびヘッドタンク余水路

水圧管路および余水路の延長は約 226 m のうち 200 m 区間の大部分が 27 度から 47 度の斜面での工事となる。この管路工事の下部には Manuel Jorge 川左岸沿の一般通行されている道路が在るので管路基礎の掘削やコンクリート工および鉄管据付には落石等に対する十分な配慮が必要であり、特に落石については柵工等を山腹斜面に平行に設置する等の対策が必要となる。

鉄管の据付けには軽索を管路中心線沿に張って川岸道路やヘッドタンク側の工事用アクセス道路より吊上げ運搬し、設置することが考えられるが、鉄管 1 ピースの重量は約 400kg であることから木橋等でウインチの巻き上げ、巻き下ろしを行って運搬据付することも考えられる。

#### 11.4.6 発電所

発電所は Manuel Jorge 左岸沿の道路直下となるため道路通行の安全と掘削法面からの落石等に配慮するため発電所下流側からの進入路の掘削と擁壁工から始める必要がある。

また、発電所掘削に於いても既設道路肩より山腹を切下して、擁壁工を施しながら発電所基礎掘削することが肝要であろう。

発電所本体工事については基礎コンクリート施工後は直ちに計画洪水位標高 390.4 m 以上までの発電機室周辺擁壁工を行ない川流の出水で発電所基礎部が冠水しないよう配慮する必要がある。

## 11.5 建設資材

本計画の建設に必要な土木工作物に対する主な資材の調達先は以下の通りである。

### 11.5.1 コンクリート骨材

コンクリート骨材のうち細骨材は海浜から採取するものと原石山で削孔、発破して原石を採取し、破碎し篩分けした山砂とがある。

このうち、海浜からの採取は Sao Tome Principe 国港湾局の管理下にあり、許可申請して採取される。

この海砂の採取地は首都 Sao Tome から北西約 11km の Ponta Fernao Dias 地点と南南東へ約 6.5km の Praia Pombas および Sao Tome 島南端部に近い東海岸の Praia Grande の 3カ所がある。

これら採取地のうち Ponta Fernao Dias は海浜が狭く、満潮の採取は困難である。Praia Pombas 地点の場合は採取過剰のため埋蔵量が枯渇しており、港湾局は埋蔵量が豊富な南部 Praia Grande の採取と奨励している。しかし、この Praia Grande は首都 Sao Tome まで約 60km の遠距離であるため、輸送費が嵩む。また、海砂は当然水洗いして使用しなければならず、無筋コンクリート以外には使用できない。

山砂利については、Sao Tome 市の西を流れる Marcal 川の左岸 Mesquita と Boa Morte 地区の 2カ所で、原石山で硬質泥岩および玄武岩の原石を採取し、骨材プラント (Aggregate Plant) でクラッシングから篩分選別まで行っている業者が 2社ある。

このうちの 1社は Mesquita で、MESA が直営で粗細骨材併せて 100m<sup>3</sup>/月以上を製造している。もう一方は Boa Morte で南アフリカ資本の民間建設業者が道路路盤材 (Subbase Coarse Material) とコンクリート骨材の粒系 55mm 以下砂までを選別機にかけ、日量 300m<sup>3</sup> (うち砂 25m<sup>3</sup>) を玄武岩の原石を使って製産している。

上記 2社の骨材は碎石であるため、コンクリートのセメント使用量が川産の骨材に比べ多少多めの使用量となるが、塩分排除をしなければならない海産の細骨材を使用することよりコンクリート構造物に対して安全である。また、骨材の供給量も本計画の日最大コンクリート打設量が 10m<sup>3</sup> 前後であることから、問題はない。

### 11.5.2 セメントおよび鉄筋

セメント鉄筋は Sao Tome Principe 国では生産されておらず、総てが輸入に頼っている。

主な輸入国はポルトガルと南アフリカ連邦である。これ等を輸入する場合、ポルトガルからは発注して現地到達まで2ヵ月程を要する模様である。

一方、南アからの場合は民間建設会社が定期船を就航させており、安定供給能力を持っているが、独占的などところが見られ、やや価格高が予想される。

#### 11.6 建設工事工程

本計画の建設への実施設計、諸手続および建設工事終了までの全体工程は約2年弱を要し、Fig. 11-10に示す通りである。なお、事前に基本設計期間として、約5ヶ月が必要と考えられる。



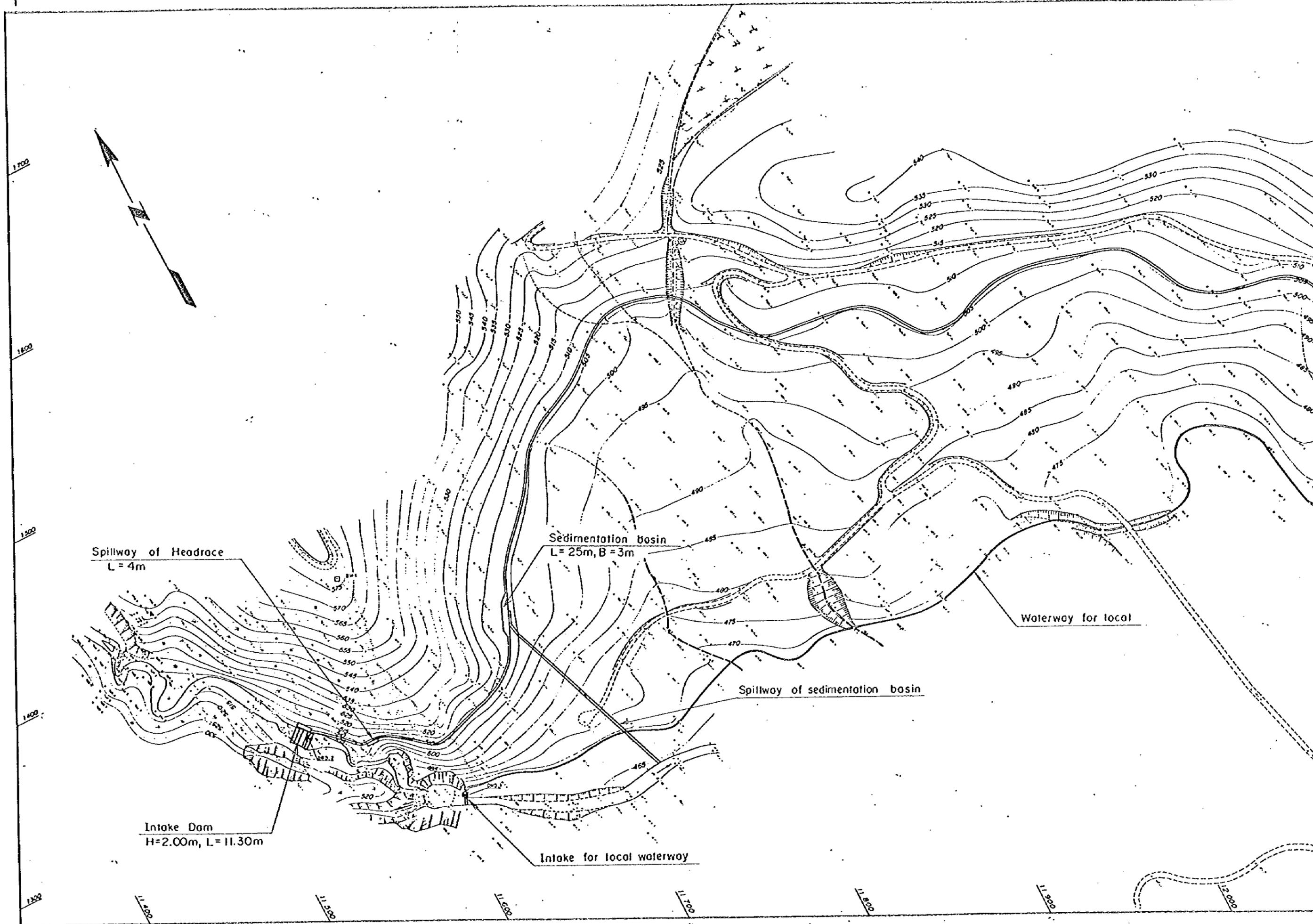
Table 11-1 Estimated Construction Cost of Munuel Jorge No. 4

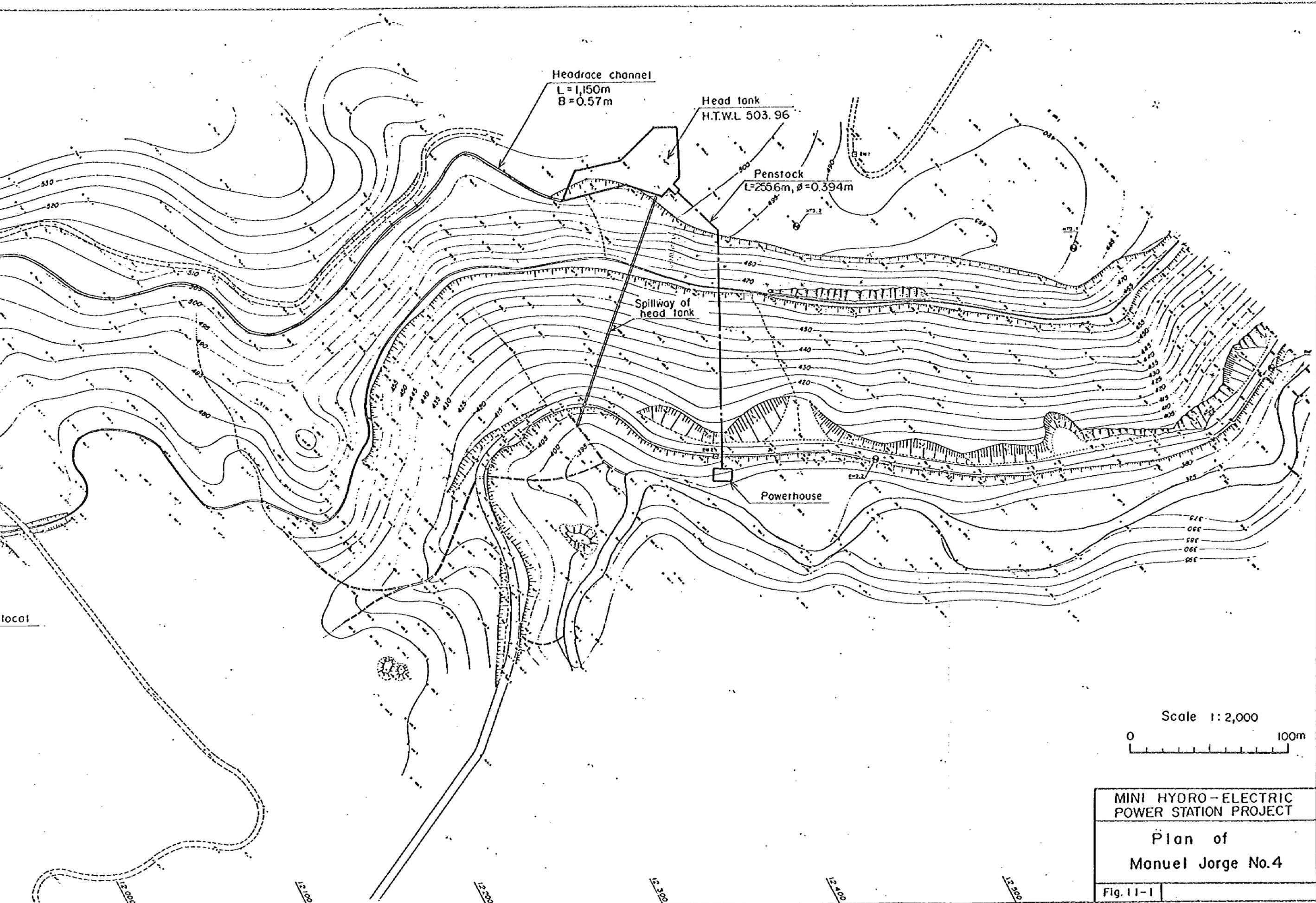
Unit:US\$

Item	Amount	Remarks
A. Preparation Works	138,379	P/H access road
B. Civil Works		
1. Intake Dame	121,881	
2. Sedimentation Basin	74,584	
3. Headrace Channel	617,311	
4. Head Tank	573,962	
5. Penstock and Spillway	99,398	
6. Powerhouse	354,178	
7. Intake & Channel for Local	93,437	
8. Disposal Area	41,998	10 % of Excavation
Sub-total	1,976,751	
C. Hydraulic Equipment		
1. Trashraks	13,050	
2. Gates	29,396	
3. Penstock	136,800	
Sub-total	179,246	
D. Electromechanical Equipment		
1. Turbine and Generator	926,800	
2. Transmission Line	311,300	
Sub-total	1,238,100	
E. Project Controlling		
1. Engineering Fee	720,000	
2. Administration Cost	60,000	
Sub-total	780,000	
F. Physical Contingency		
1. Preparation Works	13,838	10% of Direct Cost
2. Civil Works	197,675	10% of Direct Cost
3. Hydraulic Equipment	89,623	5% of Direct Cost
4. Electromechanical Equipment	61,905	5% of Direct Cost
5. Project Controlling	78,000	10% of Direct Cost
Sub-total	441,041	
Total (Project Cost)	4,753,516	≈4,754,000US\$

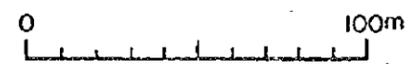




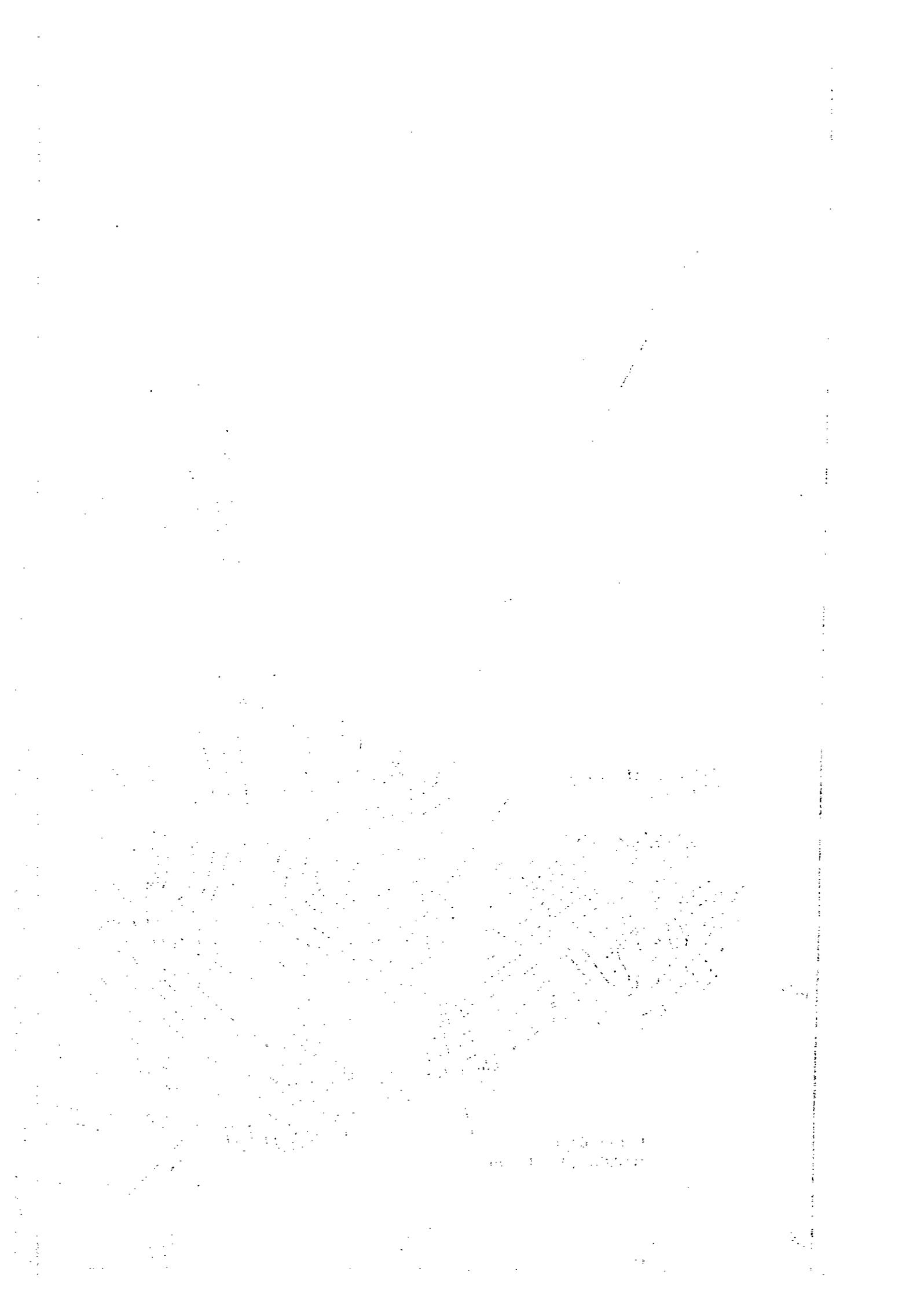




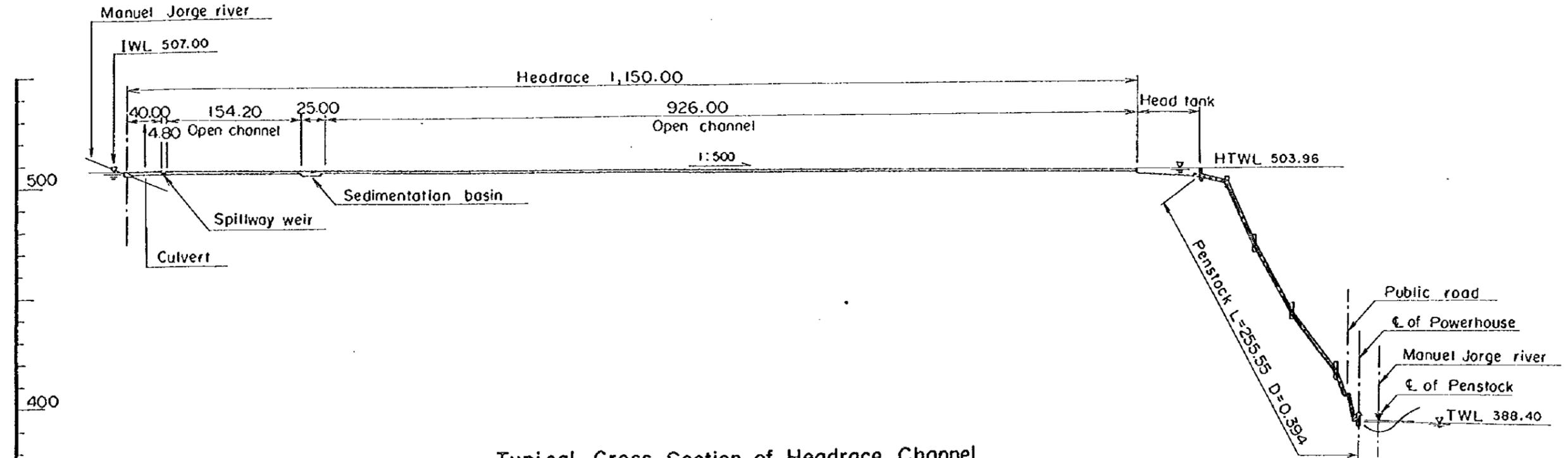
Scale 1:2,000



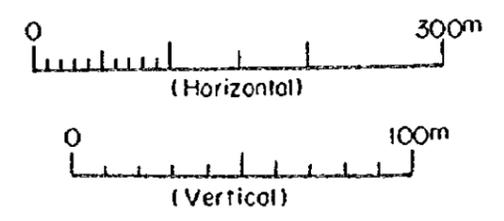
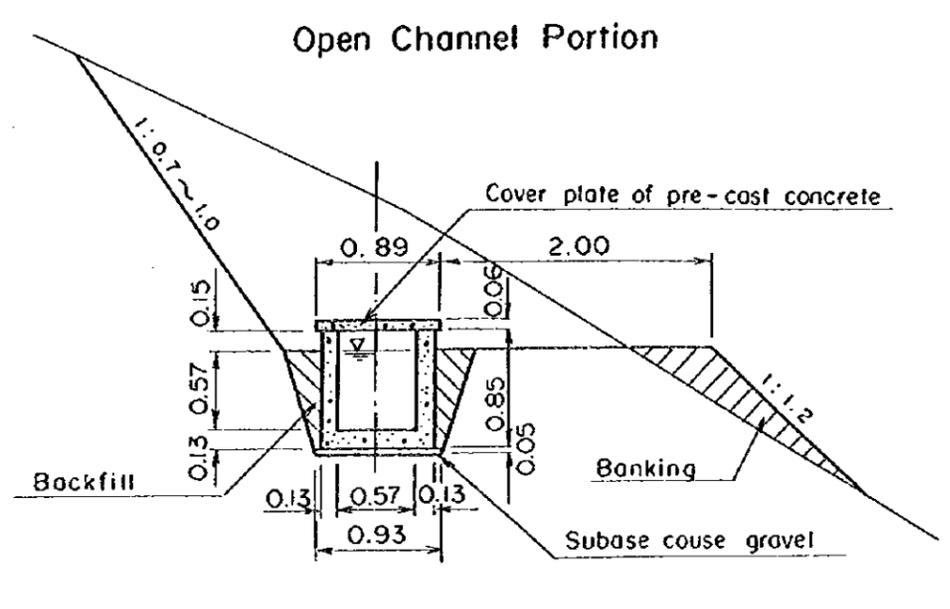
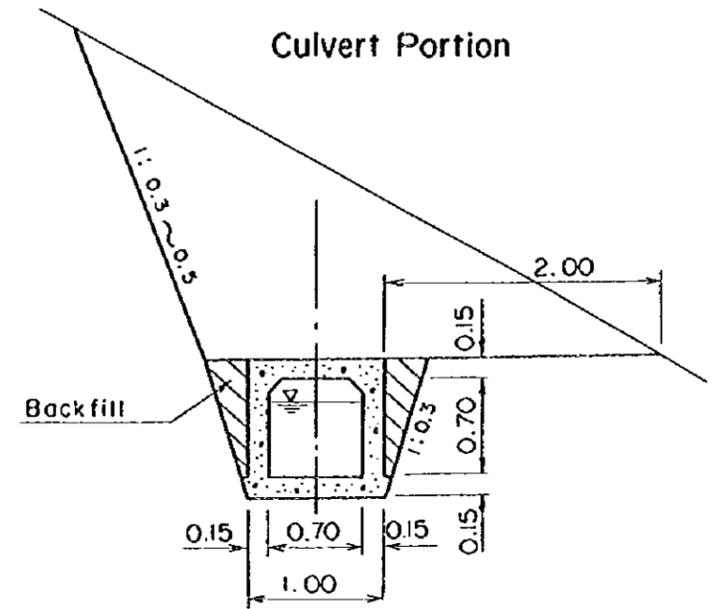
MINI HYDRO-ELECTRIC POWER STATION PROJECT	
Plan of Manuel Jorge No.4	
Fig. 11-1	



# Profile



Typical Cross Section of Headrace Channel

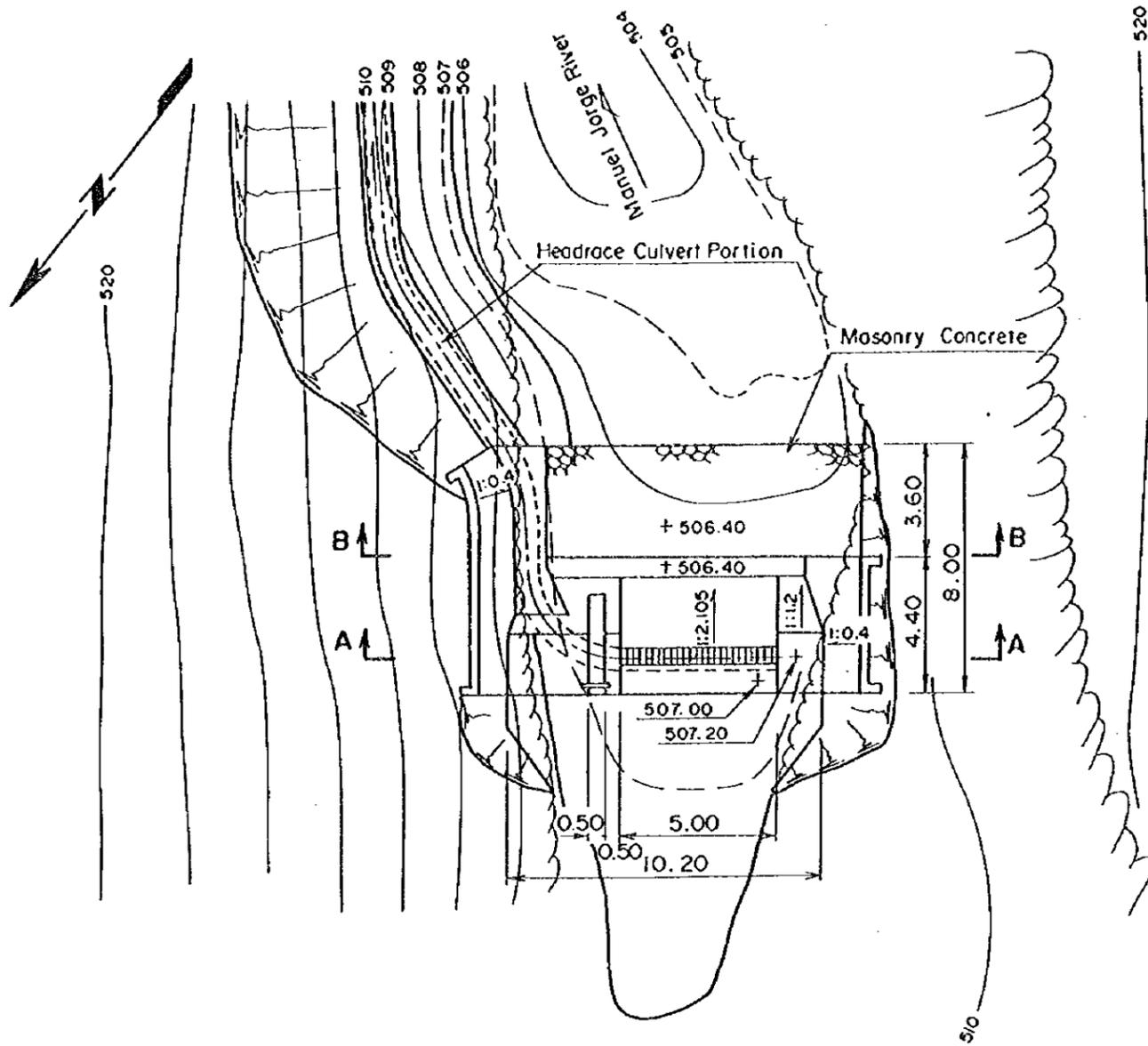


MINI HYDRO-ELECTRIC  
POWER STATION PROJECT  
Profile and Typical Cross  
Section of Water Way  
Manuel Jorge No.4  
Fig. 11-2

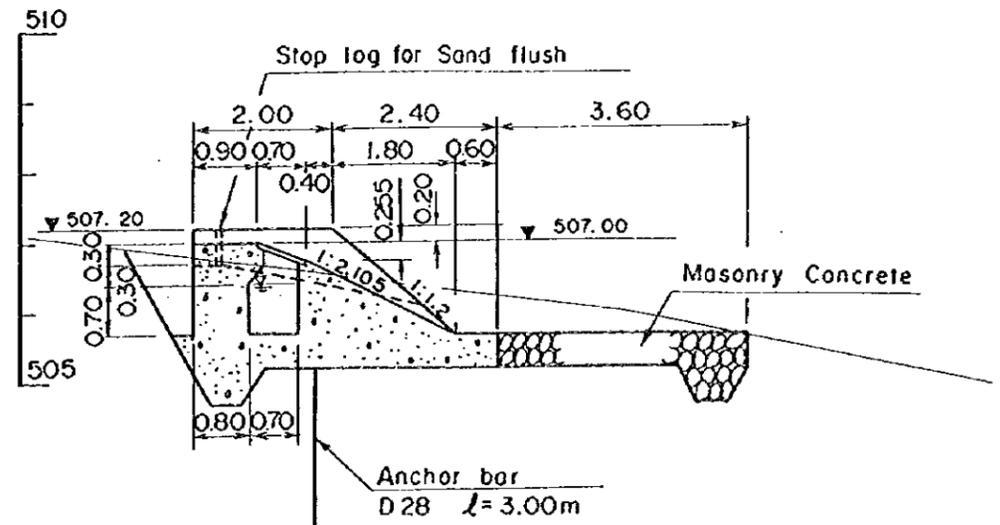




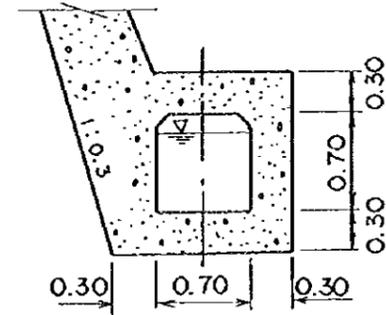
Plan



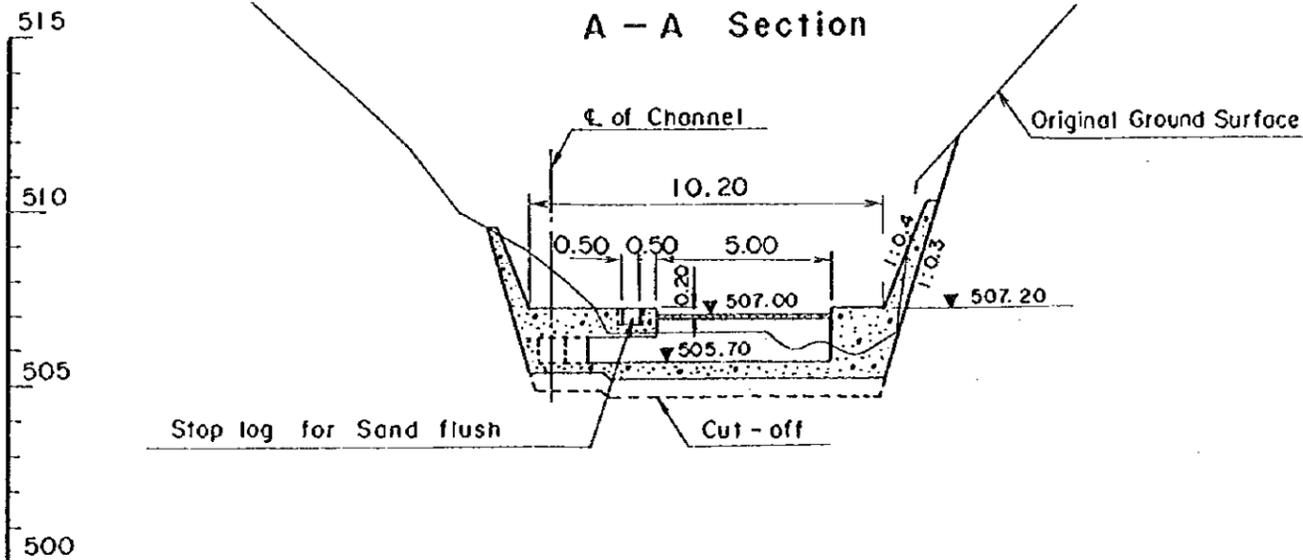
Typical Cross Section of Intake Dam



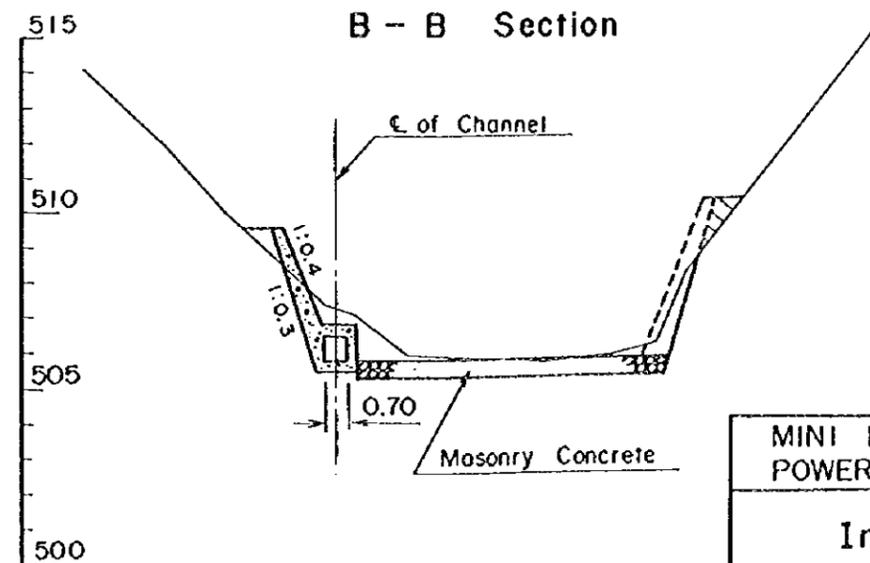
Typical Cross Section of Channel in Dam



A - A Section



B - B Section



MINI HYDRO-ELECTRIC  
POWER STATION PROJECT

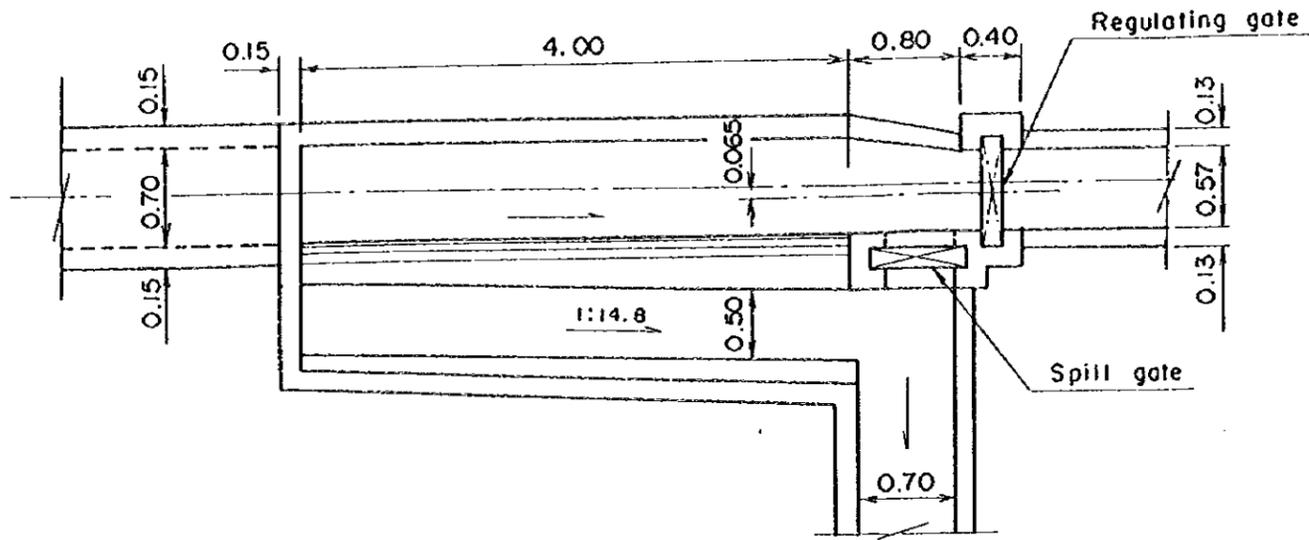
Intake Dam  
Manuel Jorge No.4

Fig. 11-3

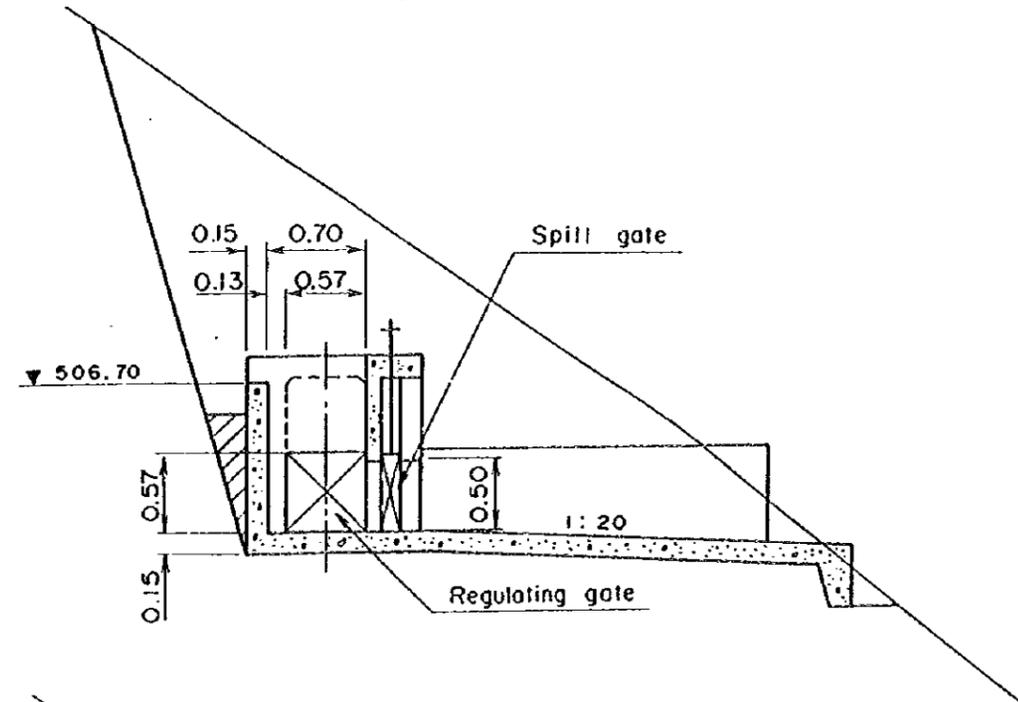




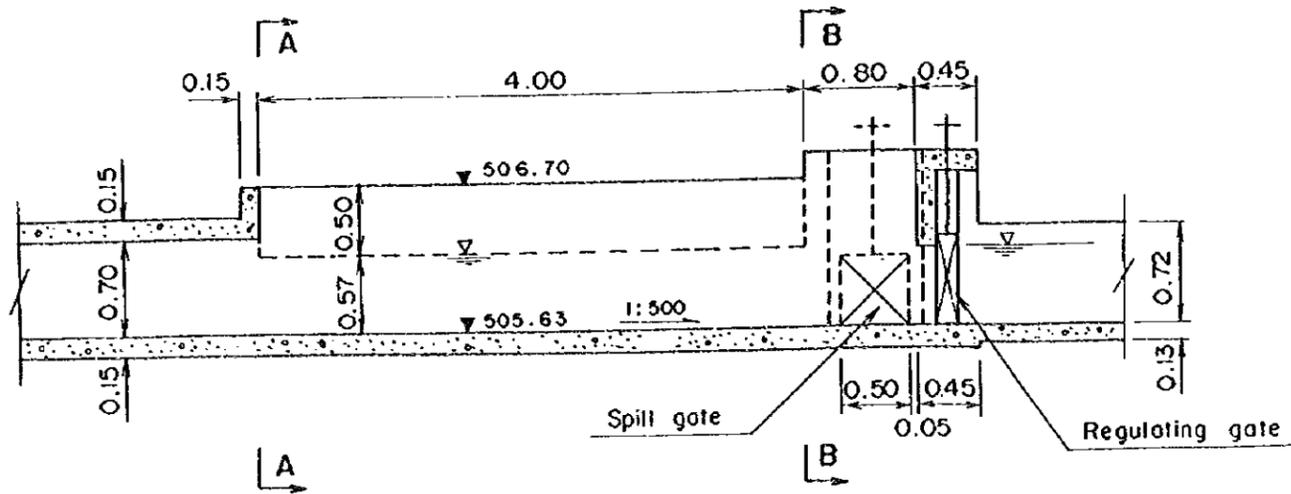
Plan



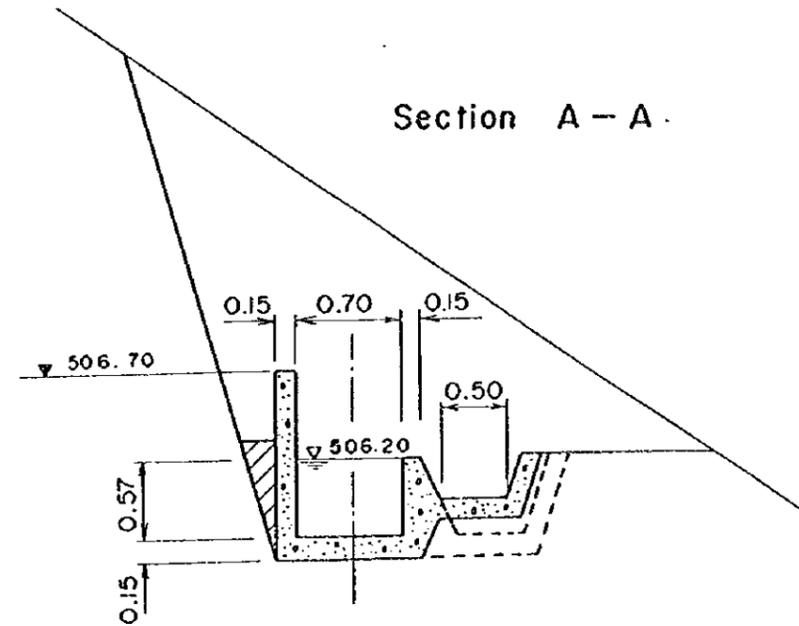
Section B-B



Profile



Section A-A

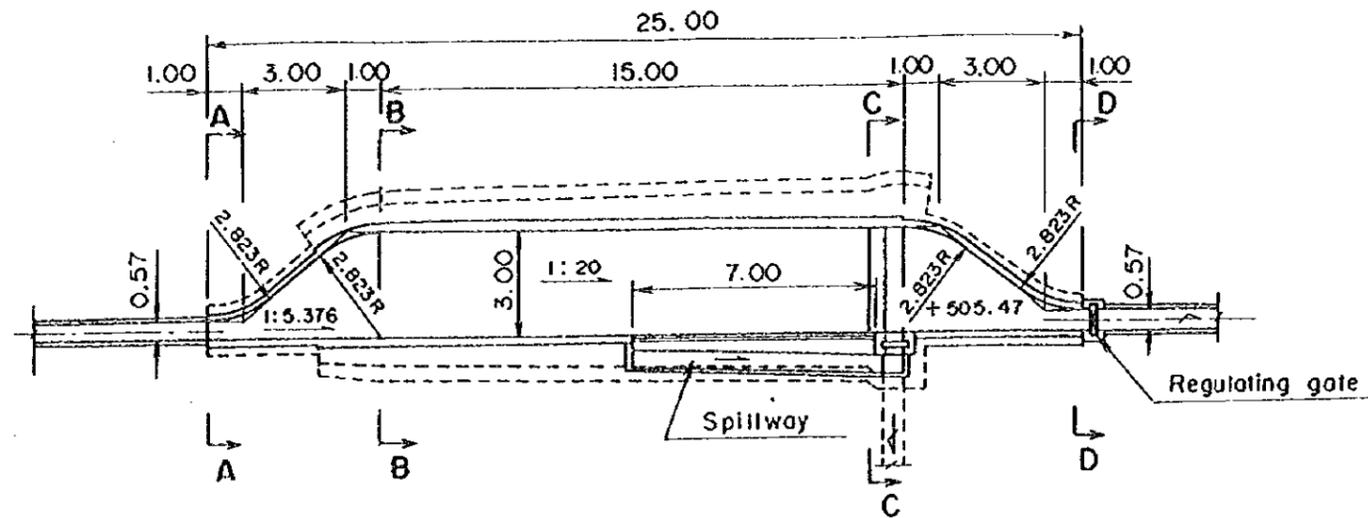


MINI HYDRO-ELECTRIC POWER STATION PROJECT	
Spillway of Headrace Channel	
Manuel Jorge No.4	
Fig. 11-4	

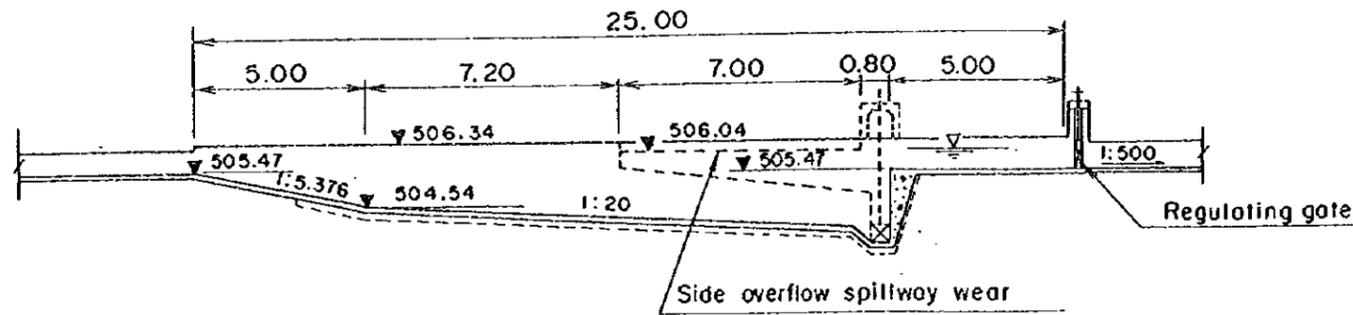




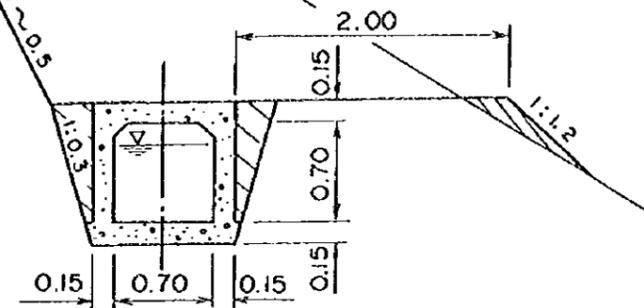
Plan of Sedimentation Basin



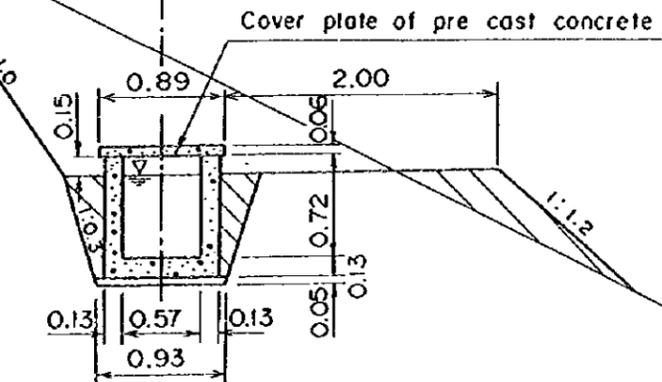
Profile of Sedimentation Basin



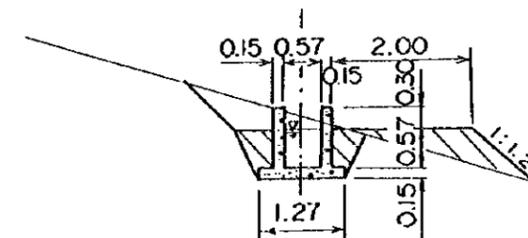
Culvert Portion



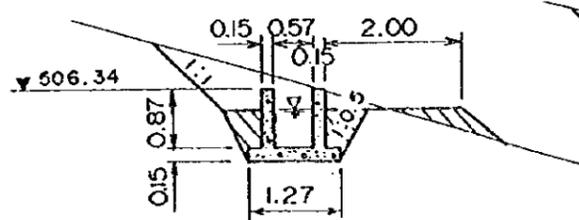
Open Channel Portion



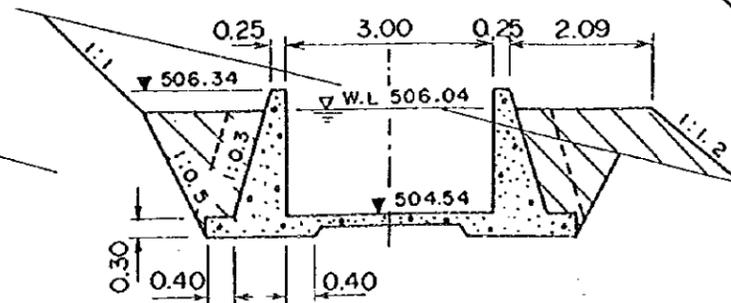
Section D-D



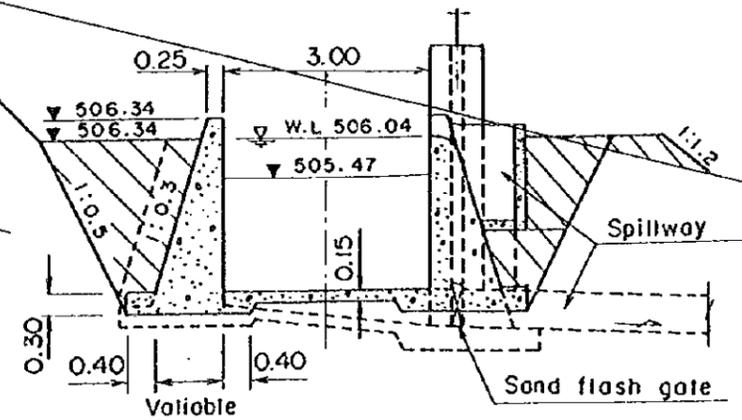
Section A-A



Section B-B



Section C-C



MINI HYDRO-ELECTRIC  
POWER STATION PROJECT

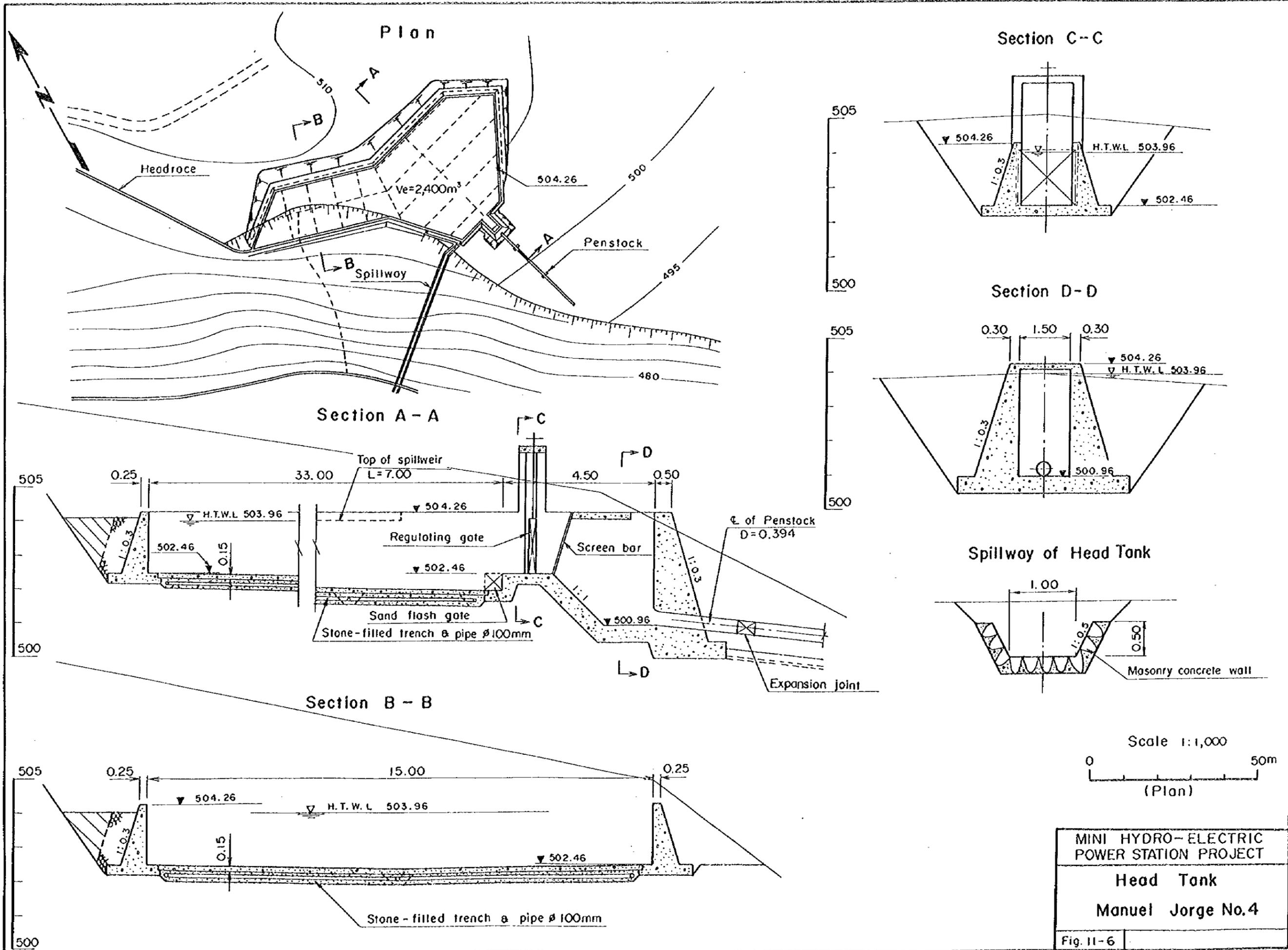
Sedimentation Basin

Manuel Jorge No.4

Fig. II-5





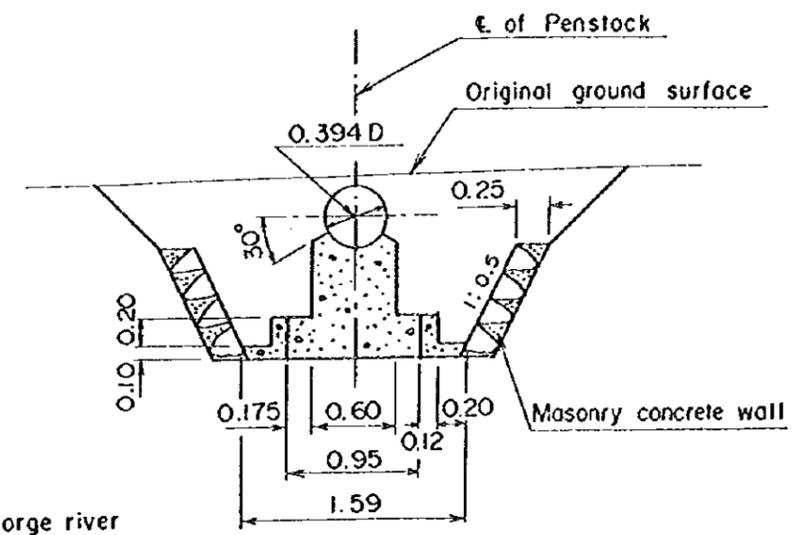
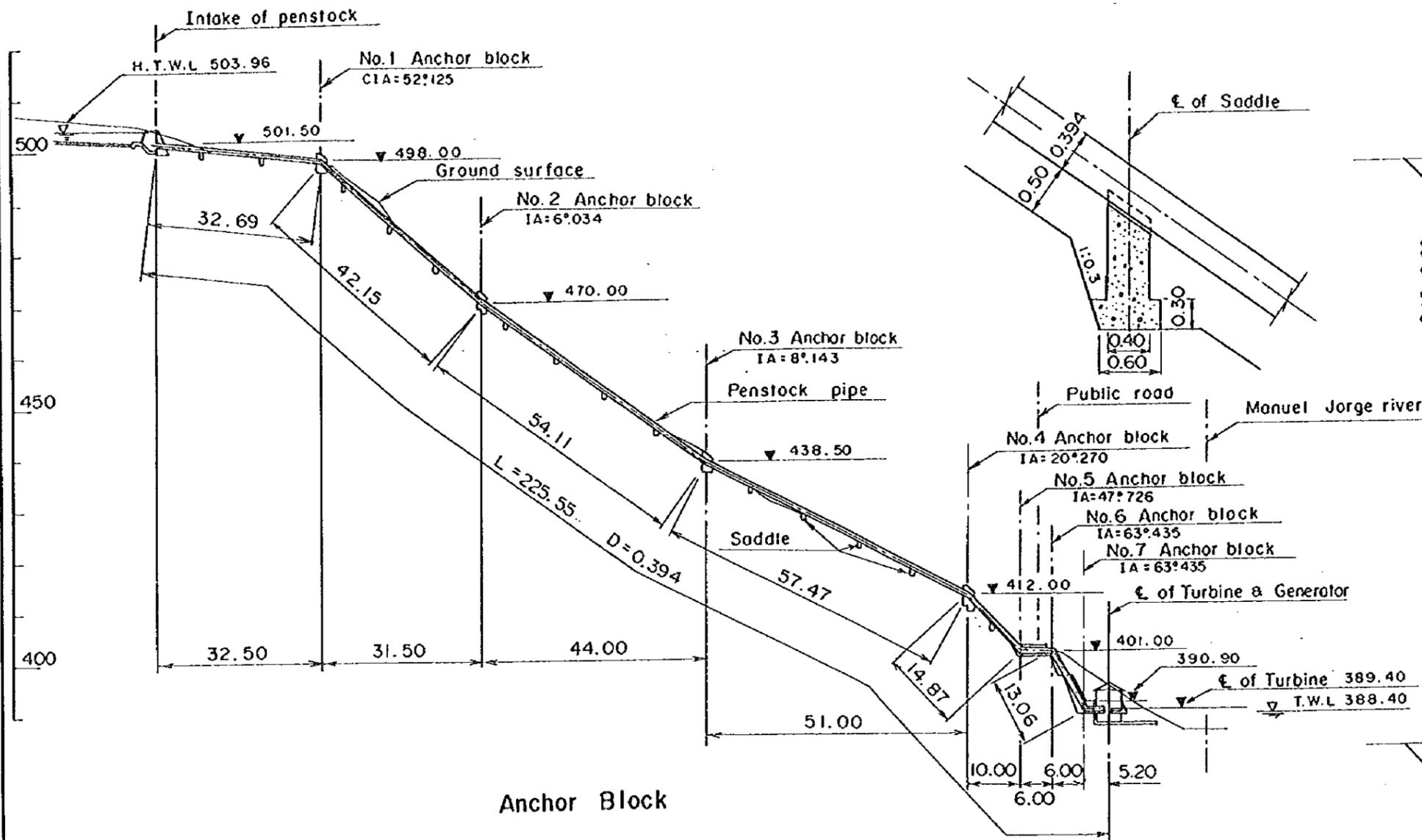




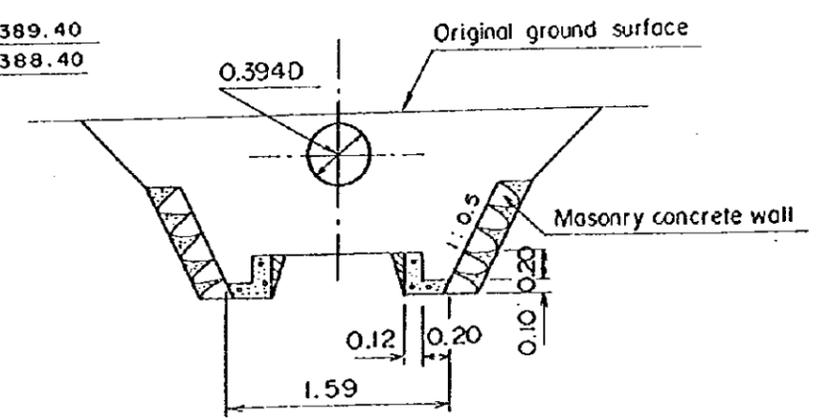


### Profile of Penstock

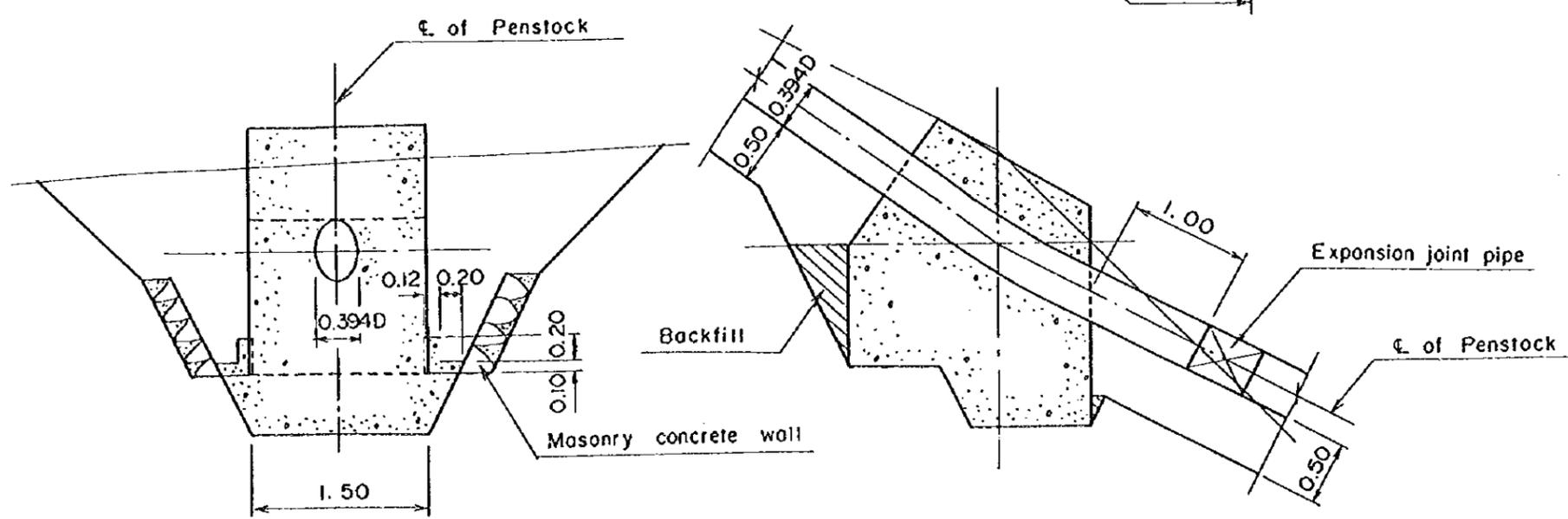
### Saddle



### Middle part. of between Saddle



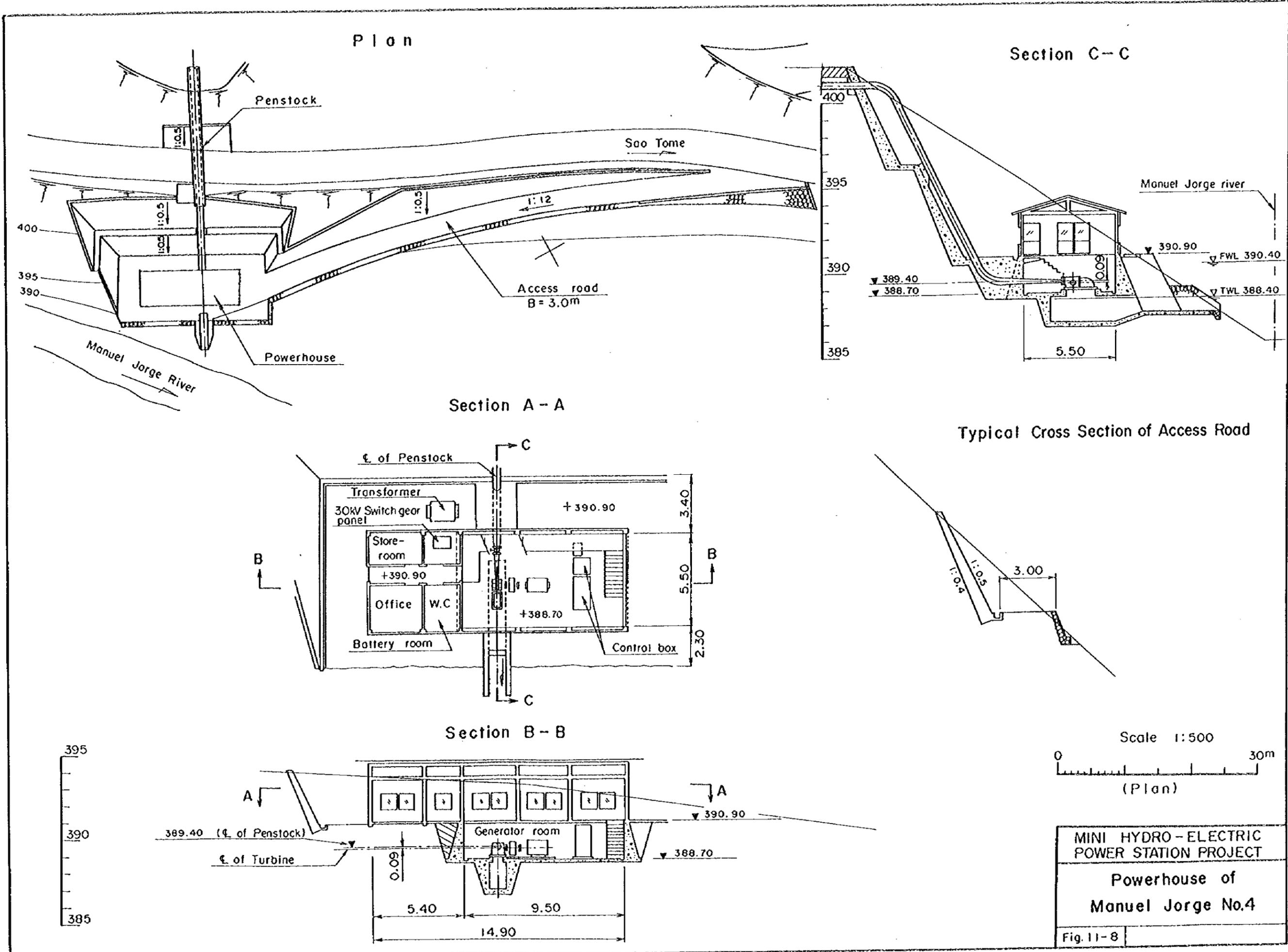
### Anchor Block



MINI HYDRO-ELECTRIC  
POWER STATION PROJECT  
**Penstock**  
Manuel Jorge No.4  
Fig. 11-7



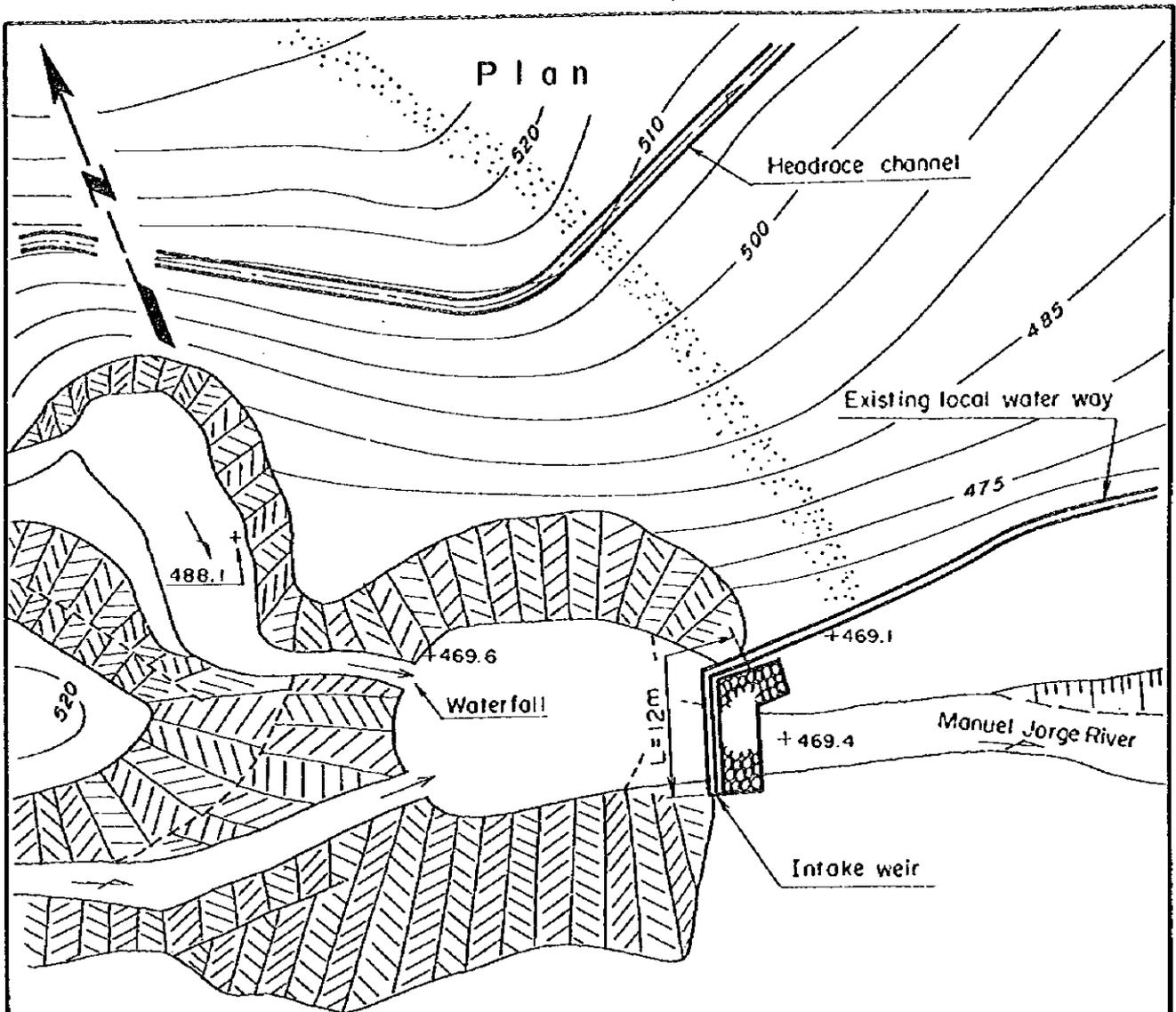




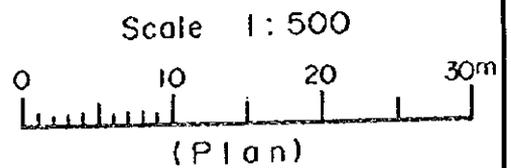
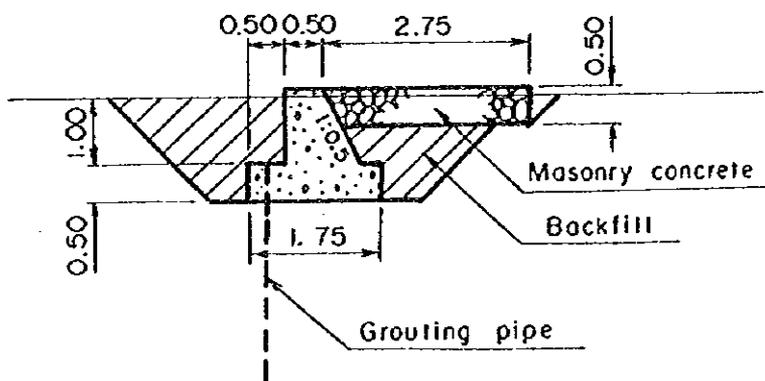




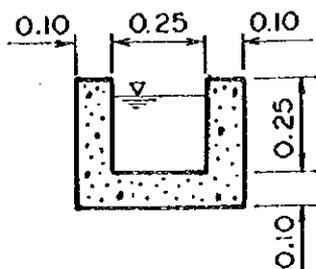




Typical Cross Section of Intake Weir



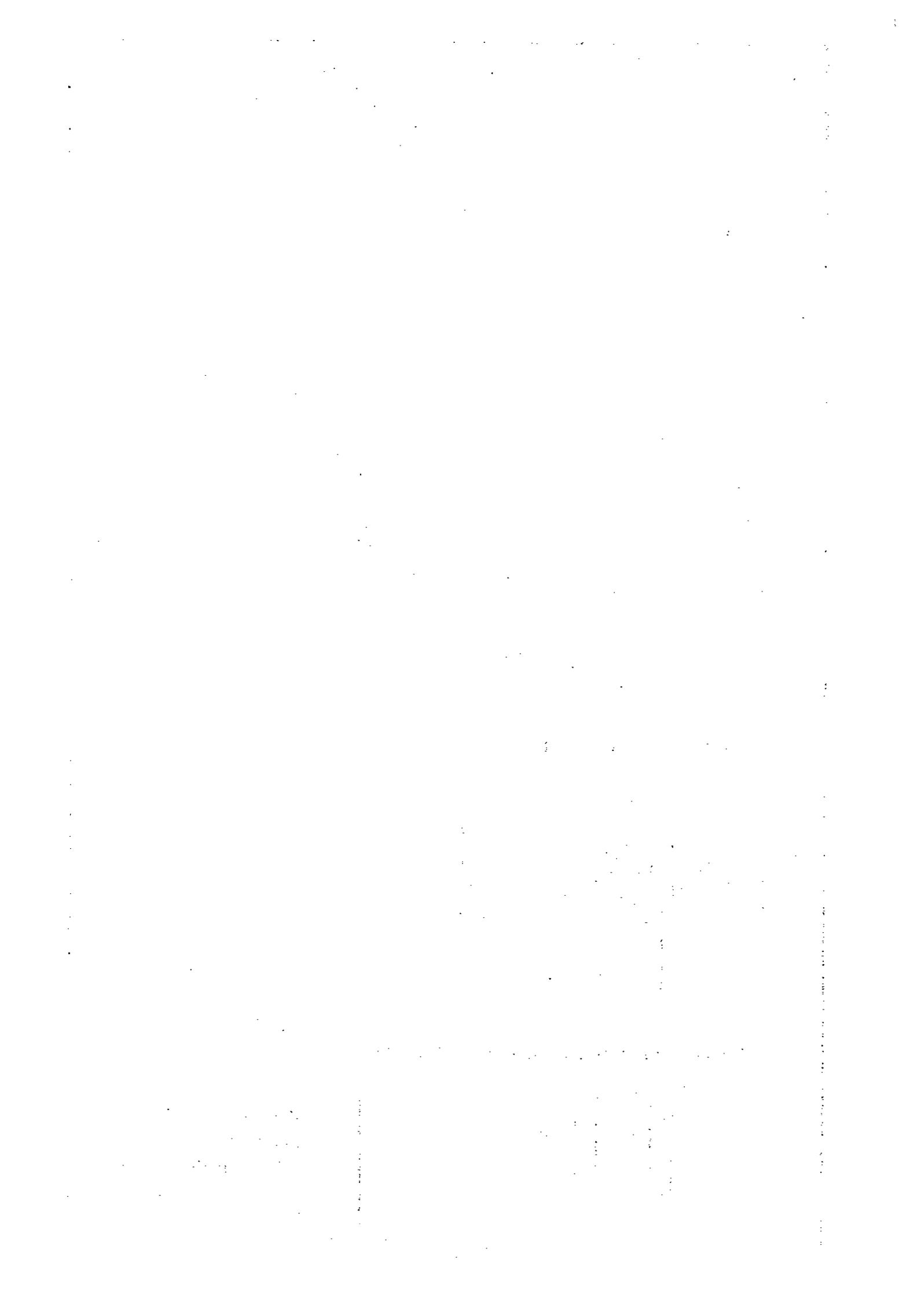
Cross Section of Reconstruction Channel



MINI HYDRO - ELECTRIC  
POWER STATION PROJECT

Intake Weir and Channel  
of Local Waterway  
Manuel Jorge No.4

Fig. 11-9

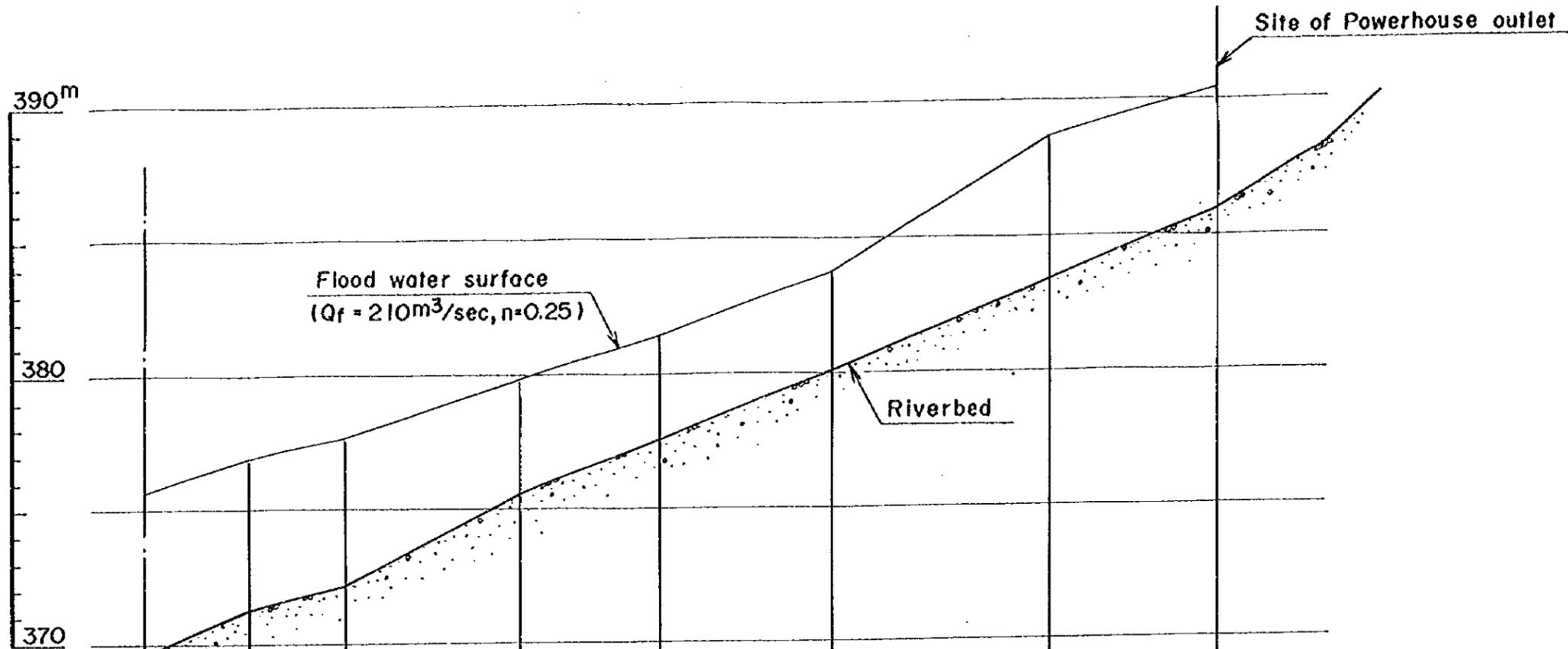


Work Item	Description	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Remarks
1. Definite Design																										
2. Construction Works																										
(1) Preparation Works	P/H Access road L8.1m x W3m																									
(2) Intake Dam	L12m x H2m																									
(3) Sedimentation Basin	L25 x W3m																									
(4) Headrace Channel	L1,150m x W0.57m																									
(5) Head Tank	Ve=2,400m <sup>3</sup> Ae=1,600m <sup>2</sup>																									
(6) Penstock	L225.6m x φ 0.394m																									
(7) Powerhouse	L14.9m x W5.5m																									
(8) Intake & Channel for Local Use																										
(9) Turbine, Generator & Auxiliary Equipment	Turbine: 253kW x 1 unit Generator: 290kVA x 1 unit																									
(10) Transmission Line	30kV x 5.5km x 1cct																									
(11) Commissioning Test																										
3. Taking Over																										

MINI HYDRO - ELECTRIC  
POWER STATION PROJECT  
Construction Schedule of  
Manuel Jorge No. 4  
Fig. 11-10







Cross Section Number	Distance (m)	Total Distance (m)	Ground Hight of Riverbed (EL.m)	Flood Water Level (EL.m)
PHD-0	—	0.00	369.60	375.65
PHD-1	40.50	40.50	371.30	376.93
PHD-2	36.50	77.00	372.17	377.69
PHD-3	66.00	143.00	375.60	379.86
PHD-4	53.00	196.00	377.60	381.46
PHD-5	65.00	261.00	380.10	383.69
PHD-6	82.00	343.00	383.40	388.67
PHD-7	64.00	407.00	385.90	390.42

MINI HYDRO - ELECTRIC  
POWER STATION PROJECT

Flood Water Surface at  
Tailrace of Manuel Jorge  
No. 4 Site

Fig. 11-11

## 第 12 章

### 送 電 計 画

## 第12章 送電計画

### 12.1 送電システムの概要

EMAEの送電システムは30 kVと6 kV送電線にて構成されている。Fig. 12-1にSao Tome島の30 kVおよび6 kVの送電システムを示す。

Contador 水力発電所～Sao Tome 火力発電所～Gue Gue 水力発電所間は30 kVで連系され、この30 kV送電線はSao Tome市の南東のRibeira Afonso地区まで延びている。これ以外の電力消費地へは6 kV送電線が採用されている。これ等送電線はそれぞれ1回線送電線である。

尚、将来の送電線の拡充計画については、現在のところEMAEは持っていない。

### 12.2 送電計画

Manuel Jorge 水力発電所の発生電力はSao Tome市へ送電するものとし、又、発電所近くのMilagrosa及びSanta Clara地区へも送電できるものとして(EMAEの要望)既設設備と十分な協調を図り、次の通り検討した。

#### 12.2.1 送電線ルート

送電線ルート選定にあたっては、通過地域の自然および社会環境と協調を取り、技術的事項を十分に考慮し、特に下記に示す事項に留意した。

- (1) 貴重な植生群の生息地を避け、自然林、植林地の伐採ができるだけ少なく自然環境と調和が取れること。
- (2) 人家および生産性の高い土地や復元が困難な土地(カカオ畑の通過を避ける。)等を避けて、社会環境と調和を取ること。
- (3) 技術的に調和を取ること。
  - 設備の安全性が高い。
  - 施工が容易である。
  - 保守が容易である。
  - できるだけ短距離であること。

以上の事項に留意し、考えられる次のルートについて検討を行った。

送電線は最寄りの Trindade 変発電所に接続される。このため、次の A 及び B ルートが考えられる。Fig. 12-3 に送電線ルート案を示す。

- A ルート  
発電所より Trindade 変発電所まで直線に接続する案で、ほとんどがカカオ林の中を通過することとなる。この場合の距離は約 4.3km である。
- B ルート  
発電所より道路沿いに送電する案で、この場合、カカオ林の通過を避けることができる。この場合の距離は約 5.0km である。

それぞれのルートの比較を次表に示す。

項 目	A ルート	B ルート
送電線巨長	◎	○
山岳部通過	△	△
送電線との交叉	○	○
カカオ林の通過	×	△
資材輸送	×	◎
保守の容易性	△	◎
工事費 (A ルートを 1 とした場合)	1.0	1.1
伐 採	×	◎
総合評価	○	◎

備考： ◎ 非常に良い      ○ 良い      △ 悪い      × 非常に悪い

以上より総合的に検討した結果、地域の特産であるカカオの木の伐採が少なく施工が容易で、将来の保守も容易である、B ルートを採用することとした。

## 12. 2. 2 送電線設備

### (1) 送電電圧

一般的に送電電圧は送電容量、電線の太さ等より電圧を選定するのは当然であるが、一方、既設電力系統と協調を取り、既設の電圧階級から選択するのがより経済的で運用面においても有利である。

Manuel Jorge No. 4 水力発電所の出力 (約 230 kW) より考えた場合、送電線は既存電圧の 30 kV および 6 kV の最小導体を採用しても送電容量は充分である。

EMAEは基本的には発電所間の連系には 30 kV を採用している。将来、開発が予定されている Abade 水力発電所（約 1,740 kW）の発生電力も Manuel Jorge No.4 発電所経由で送電されることが考えられる。

以上より、既設の考え方にあわせ、30 kV 送電線を採用することとした。

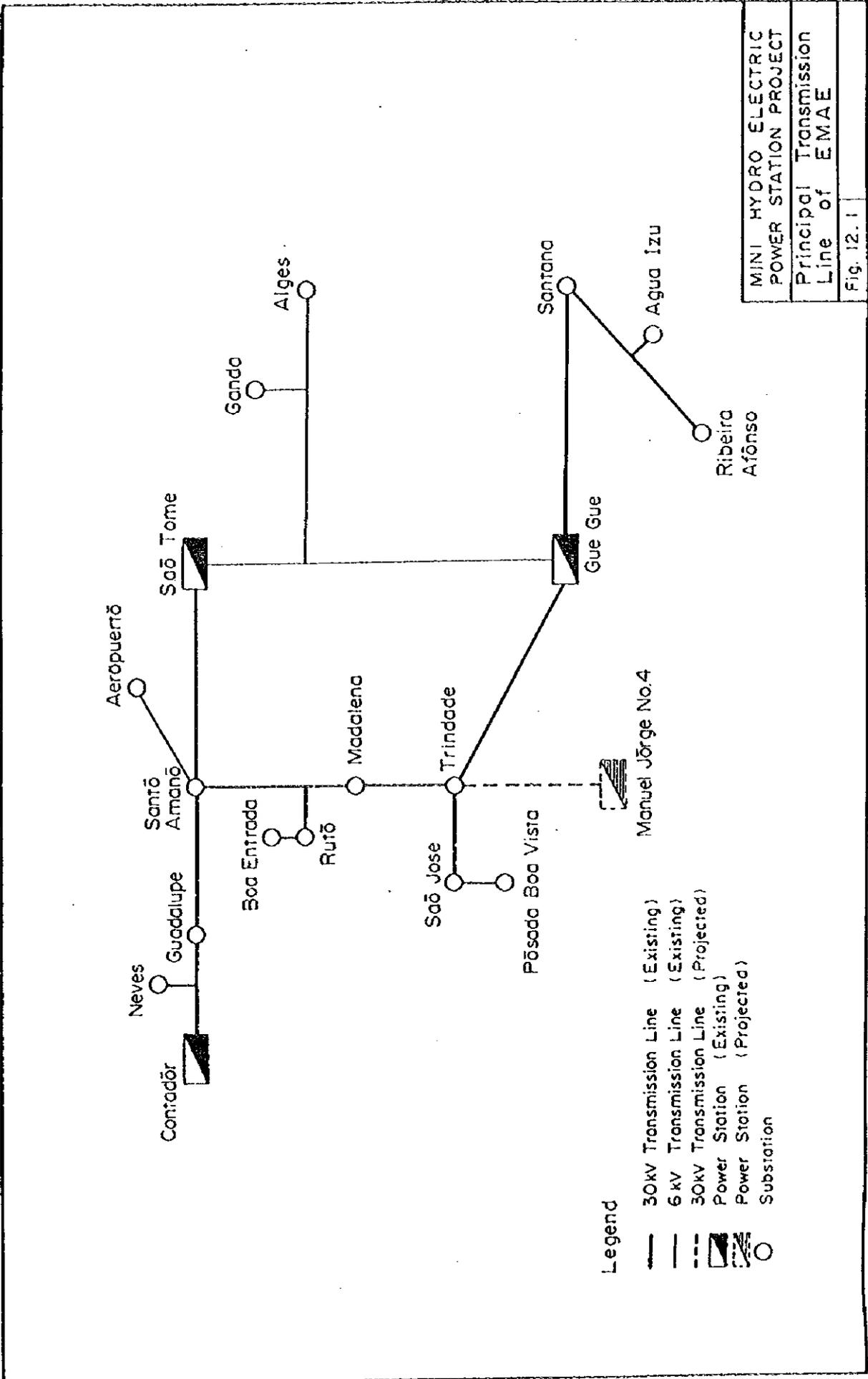
(2) 送電線支持物

既設の支持物（ポスト）はコンクリート柱（一部には鉄塔も採用されている）が主に使用されている。Fig. 12-2 に代表的な装柱図を示す。このコンクリート柱は、EMAEが自社製作しており、外国から持ち込むより安価である。又、現状においては耐久性面でのトラブルは発生していない。よって、EMAEが現在使用しているこのコンクリート柱を採用することとした。

(3) その他

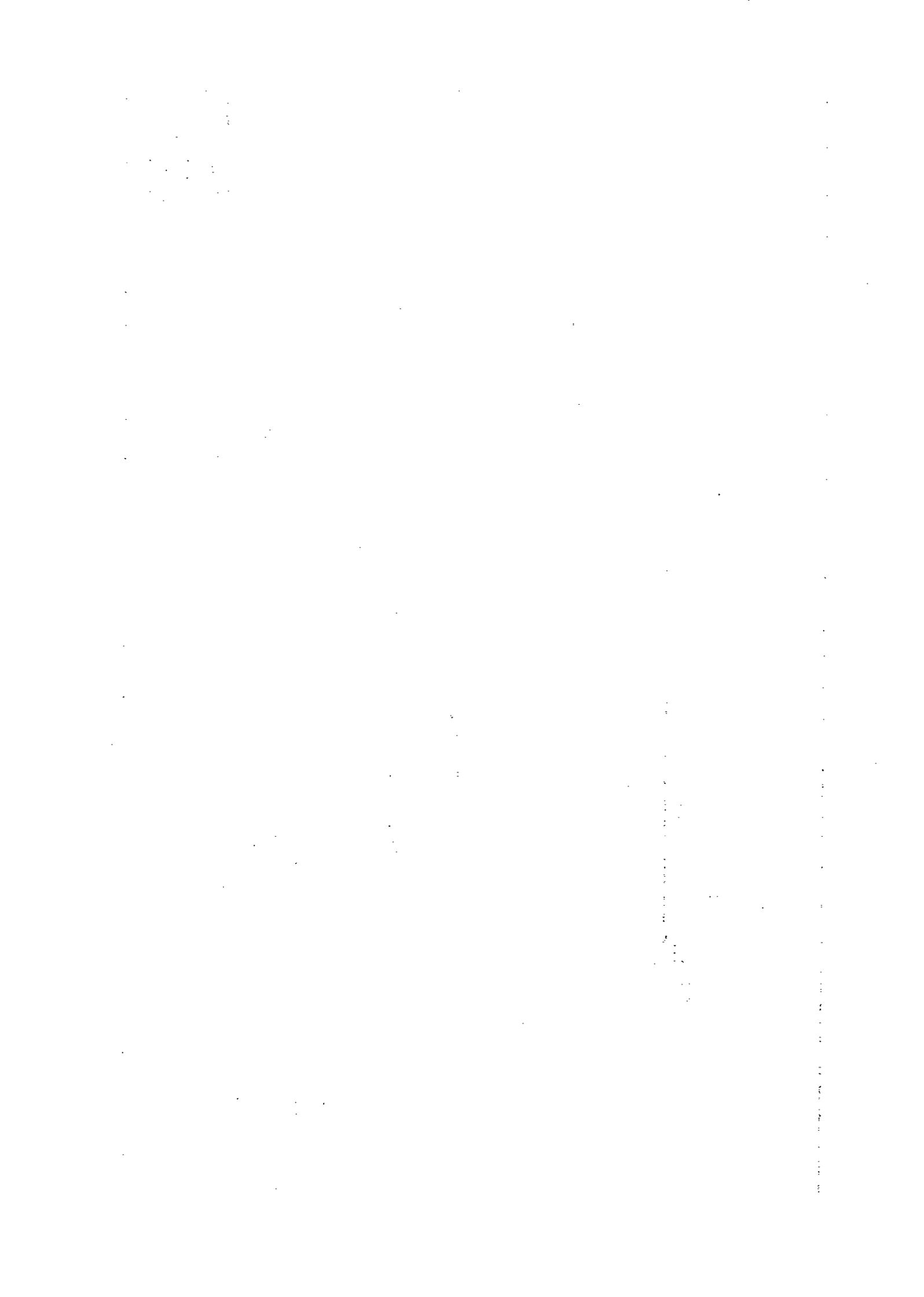
EMAEの要望により、Milagrosa および Santa Clara 地区への送電も可能な様に途中にその地域への供給設備（変電設備）をも考慮したものとする。

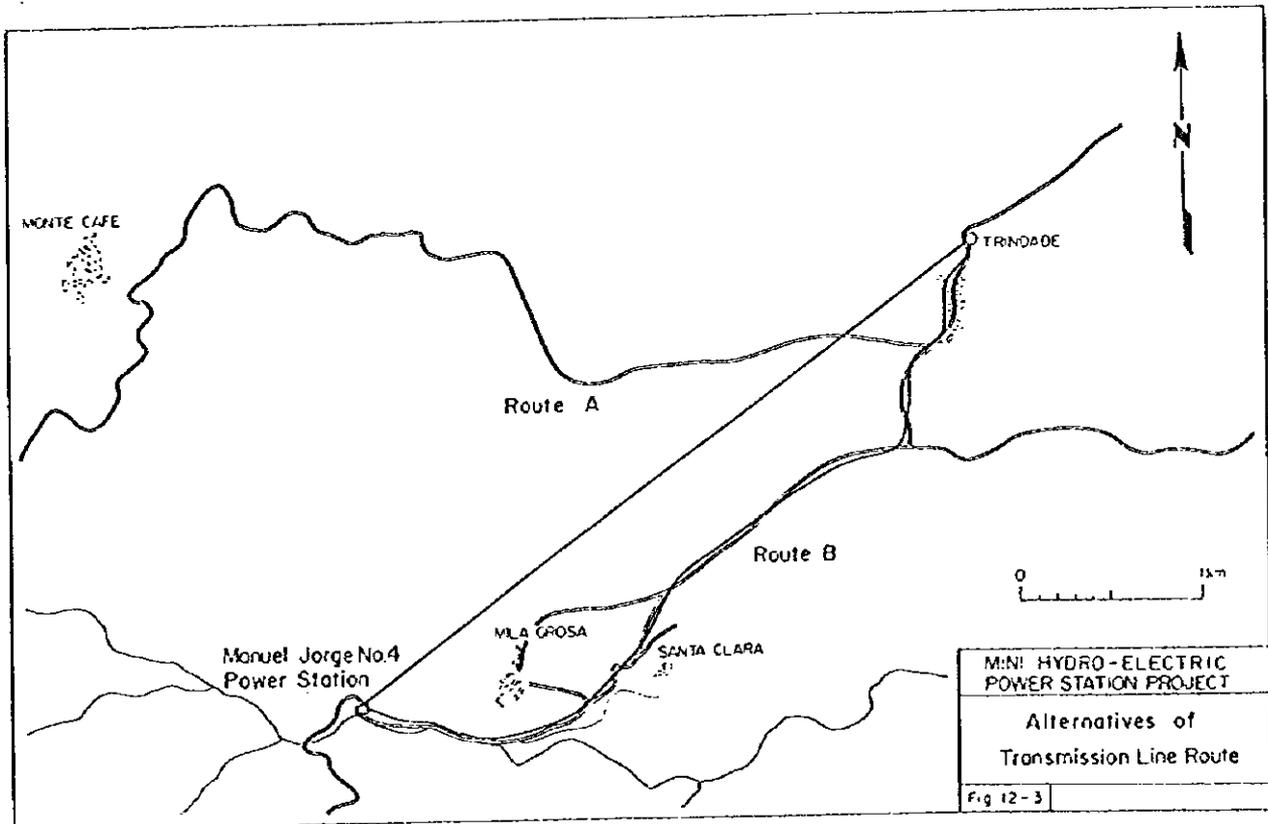
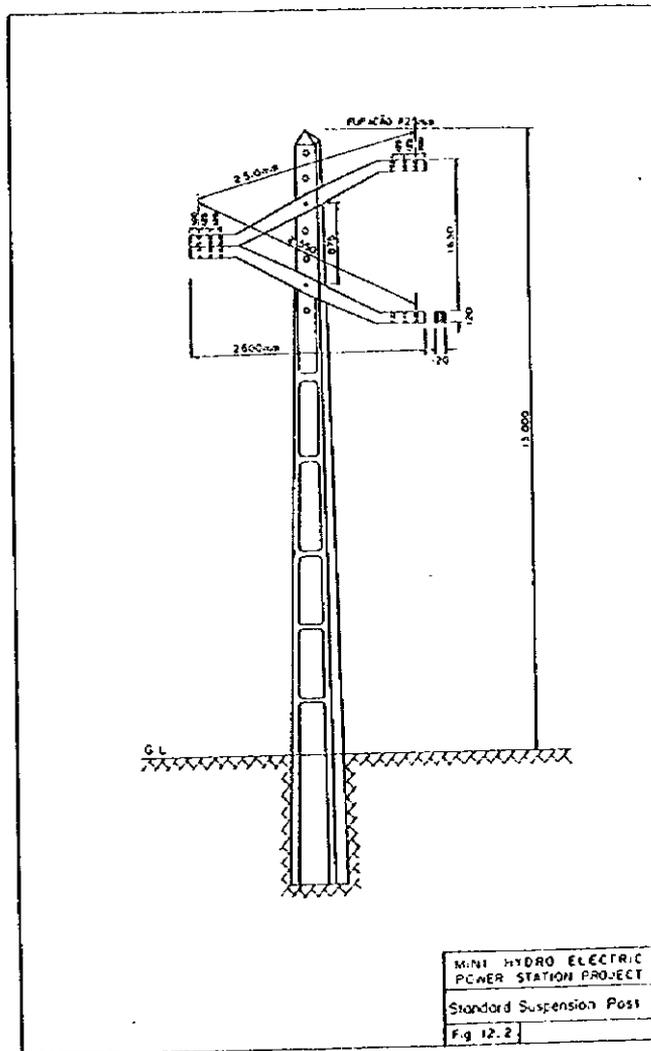




MINI HYDRO ELECTRIC  
POWER STATION PROJECT  
Principal Transmission  
Line of E.M.A.E.  
Fig. 12.1

- Legend
- 30kV Transmission Line (Existing)
  - - - 6 kV Transmission Line (Existing)
  - - - 30kV Transmission Line (Projected)
  - ▴ Power Station (Existing)
  - ▽ Power Station (Projected)
  - Substation





## 第 13 章

### 環 境 調 査

## 第13章 環境調査

### 13.1 概要

既に述べたように、Sao Tome 島は火山起源の島で、北端から約 10km と西端から約 8 km の地点にこの島の最高峰があり、標高は 2,024 m に達する。気候は赤道海洋性で、年間降水量はこの最高峰の南西部で約 6,000mm、一方その北東部で約 1,500mm から 2,000mm とかなりの相違がある。全島の年間平均気温は約 25℃ (1974 年の記録) で標高によりかなり異なる。湿度は降水量に左右され、島の南西部から北東部に向けて漸次低くなっている。Fig-13.1 に Sao Tome 島の気候図 (湿度分布) を示す。Fig-13.2 に同島の地形断面図を示す。

1995 年同国の人口は約 127,000 人で、その内都市が 33%、農村が 67% を占める。Sao Tome 島には全人口の約 85% が集中している。Sao Tome 島の農業はカカオを主産物にコーヒー、バナナ、茶が点在する農園が中心になっている。農業以外に社会経済を支える産業はなく、漁業や観光業はこれから開発を要する分野といえる。鉱工業資源は石材及びコンクリート骨材以外は皆無ではないかといわれる。Fig-13.3 に Sao Tome 島の農産物適性分布図を示す。実際の農業活動はこの分布図の通りであるが、生産量は 1975 年の独立以降下降線を辿っており、カカオ等の生産による食料品等の確保ができていない状態に陥っている。

Sao Tome 島は上記最高峰を中心に四方八方に多くの河川が流れている。流域は複雑な地形を反映し、かなり細分化されている。Fig-13.4 に同島の河川と流域分布図を示すが、Rio Io Grande が河口に於ける流域面積が広く、最も大きい流量を有する。本ミニ水力の開発は Manuel Jorge 川の中上流部に位置する計画である。以下にまずこの国の環境行政に言及し、後に本計画地点とその周辺地域の環境の現状を明らかにするとともに本計画の環境影響評価について論じる。

### 13.2 Sao Tome & Principe 国の環境行政

#### 13.2.1 Sao Tome & Principe 国の環境規則等

同国独立時に施行されていた法令は、現行の憲法及びその他の法令に反しない限り暫定的に効力を維持するものとされている。

##### (1) 環境に係わる大統領令の条項

1980 年の大統領令 No. 59 では飲料水の権利について言及され、水力発電所通過後の下流における水質が問題になるが、この法令は水の利用・配分、排水規制、水源への悪影響に係わる違反やそれらの罰則について言及している。また同大統領令 No. 44 では、いかなる目的でも建物を建築または再建する場合には、保健省に施設や飲料水に関する内容を通知しなければならないことが定められている。

一方、EMAEでは過去において「水と衛生に関する法規」の案を作成したが、国会での承認が得られなかった経緯がある。その法案では水の利用と配分、河川や水路の管理部門（工業・電力局）等に関する規定がなされている。

## (2) 環境基本法の法案

環境基本法の法案は、持続可能な開発のための国家環境施策を定め、1992年のリオ宣言と憲法の理念や原則を踏まえるものとして現在作成の最終段階にある。同法案は今後、閣議及び国会の承認を得なければならない。同法案は大気、水、土壌や動植物等自然環境の保全に関する基本的な考え方を定め、また環境汚染、化学物質や放射性物質、排水、廃棄物、騒音等に関する配慮がなされている。これらの基本理念はしかるべき細則を定め、実施されることがその後の課題となる。

Manuel Jorge 川における本ミニ水力開発計画に係わるものとして下記の条項を挙げることができる。

第 16 条： エネルギー政策は、天然資源の合理的・持続可能な利用を基本とし、生産源の多様化、開発の分散化及び消費の合理化を目指す。

第 29 条： 地表及び地下水の種々の利用は合理的でなければならない。

第 45 条： 全ての工事には環境影響評価（EIA）の実施が必要条件であり、関係担当省は環境影響評価を行い、意見を述べることが義務づけられる。

## (3) 森林法案

森林法の法案は既に閣議の承認を得ており、現在は国会の審議と承認を待つ段階にある。この法案は森林地域の管理及び林業のあり方に関する国家政策の基本となるもので、森林の3形態（永続保護林、生産保護林及び林業林）を定めている。永続保護林の中では国立公園、自然保護区及び特別区を設ける。森林局の許可を得た調査以外は立ち入り禁止である。

同法案第 16 条では、河川両岸沿いの森林や区域は最低川幅の半分、少なくとも 5 m 以上 100 m 以下は永続保護林とされる。また、湖沼や貯水池の周りはその都度森林局が定める幅（5 m 以下であってはならない）が永続保護林となる。山頂や山岳部もその対象となる。一方、45 度以上の傾斜地やそれ以下の場合の農地については、浸食防止の対象となる。また、砂丘の防砂林、マングローブの定着林、都市部の街路樹も永続保護林となる。

同法案ではまた森林局の再構成、短・中・長期の森林政策を作成し、国家森林基金の創設、森林監視隊の設置等に言及し、同法の実効性を期している。

#### (4) 国立公園

国立公園は Sao Tome 島と Principe 島双方に設けられており、総面積は約 3 万ヘクタールで、その 72% が Sao Tome 島にある。本ミニ水力開発計画地点は国立公園外にある。

#### (5) 保護動植物

Table-13.1 に E C O F A C (Conservation et Utilisation Rationnelle des Ecosystemes Forestiers en Afrique Centrale, Sao Tome 市に事務所を持つ同国の自然保護センター、欧州 N G O からの資金や人材派遣で運営されている。) (1995 年) と I N C N (International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, 国際自然保護連合) (1991 年) の資料を基に保護政策の対象となるべき絶滅に瀕した陸生・水生動物のリストを示す。しかし、これらの動物の生態や生息環境等についての調査はまだ行われていない。

保護植物については未だリストが作成される段階に至っていない。森林法案でいう保護林の形で保護の対象となる。

### 13.2.2 Sao Tome & Principe 国の環境行政

環境行政に携わる政府の専門機関はまだ存在していない。ただし、環境関連の専門家や技術者が近年育成され、環境の種々の分野や特定の必要性に対応した種々の組織が存在するようになった。

環境行政の機能は多くの政府機関や公的組織の間でかなり分散した形となっている。基本的には M E S A が環境に関する国家政策を打ち出す責任を負う機関である。M E S A 内には国土整備・環境局があり、その中に環境部がある。しかし、実際には環境行政の責務はほとんど機能しておらず、環境管理を行うには農水省、経済工業省、保健省、M E S A、外務省といった多くの省庁に散らばった権限と機能を集結しなければならない。

国際協力の面では、森林局は 2 つの森林資源管理・自然保護のプロジェクトを行っている。E C O F A C がその一組織に当たる。一方、U N D P (国連開発計画) と U N E P (国連環境計画) も環境分野で政府に対して支援業務を行っている。

## 13.3 本計画地点及びその周辺地域の社会経済環境の現状

### 13.3.1 本計画地点とその周辺地域の人口と生活の現状

計画地点とその周辺地域の土地利用等については植民地時代の特徴が残っており、その時代に広い森林域が粗放的な農業地帯に変わった。カカオ等を主産物とした農園がその代表的な形態である。今でも農園の中心に管理棟や住宅棟

があり、そこに農園の全ての労働者が集まる場所となっている。そのため、計画地点やその周辺地域内には孤立した世帯は見あたらない。従って各農園の中心地が集落を形成している。本計画地点とその周辺地域には Milagrosa, Santa Clara, Quinta das Flores 及び Santa Luzia の4つの村落があり、全部が Mezochi 地区に属している。同地区の人口は調査時点で 29,758 人である。Fig-13.5 にこの4村落の位置を示す。

以下にこれら4つの村落の現状及び生活用水について述べる。

#### (1) Milagrosa (ミラグロサ)

Milagrosa には社会的基盤が比較的整備されており、集合社会的な機能を持つセンターとして機能している。近隣の村民は医療、学校教育や娯楽を求めてこの村を利用している。人口は約 400 人で、他の3村の合計より多く、約 80 の世帯が生活している。成人と子供の割合はそれぞれ 50% である。成人 200 人中の 68 人が国家土地分配私有化計画で 1996 年 5 月に土地の配分を得た。

土地の分配を受けたこれらの農民は Empresa Milagrosa の旧給与所得労働者で、年間所得が低く、また農業金融も受けられず生活条件の好転は望めない状況にある。一方、配分された土地には以前から定住している住民が居座り続けていることで、両者間の争いが現在も絶えない（他の村落ではこのような事態は起こっていないようである）。

良質な水や電力の不足がこの地区の発展を妨げ、購買力が低いため地元でとれる物を食料とし自給自足している。公共交通サービスが存在せず、白タクが住民の主な移動手段になっている。村には約 20 台のテレビがあり、住民の主な情報源と娯楽になっている。

ここは本質的に農業地帯であり、工業はなく、住民は農業からの所得で十分な生計を維持できず、一部の住民は村外でアルバイト的な仕事に従事しているため、年間所得は把握できない。この地区の主な農産物はカカオであり、収穫期になると約 15 日毎に収穫が行われる。カカオから得られる収入は 1 農民当たり年間約 1,920,000 ドブラ（約 820 US ドル）と推定され、関連村落の中では最も高額である。他にバナナ等を生産しているが、自己消費用である。

#### (2) Santa Clara (サンタ・クララ)

本計画地点の下流に位置し、人口は約 60 人である。村には2階建ての事務棟が2棟、10世帯のための労働者用集合家屋が1棟及び付属的な建物がある。住民中の 20 人が常勤労働者で、他は若年と子供。Milagrosa と異なり、住民は私有地を持たず、農園の被雇用者である。農園は唯一の土地所有者によっ

て管理されている。労働者の年間収入は約 360,000 ドブラ（約 153 US ドル）で、かなり低い。生計を維持するため、他に労働の提供が必要になっている。

村には学校や保健所がなく、Milagrosa の施設を利用するしかない。

(3) Quinta das Flores (キンタ・ダス・フローレス)

上記 2 村よりも高い標高に位置し、地方の中心村から遠いばかりでなく、アクセス用村道は 4 輪駆動車でないと通行することは難しい。村には 5 軒の木造家屋があり 10 世帯の計約 40 人が生活している。9 人の村民が私有化計画で 21 区画の土地の分配を受けている。世帯毎の平均年収は約 1,550,000 ドブラ（約 660 US ドル）である。

子供の教育が非常に問題で、村民の中で初等や中等教育を終えた人がいない。学校は遠く長距離歩かなければならないのが原因でもある。一方、電話通信施設がないため、病気や事故の緊急時はどうしようもないのが現状。

(4) Santa Luzia (サンタルジア)

この村は、本ミニ水力計画の予定取水堰地点からパワーハウスの間で最も計画サイトに近く、Manuel Jorge 川の右岸に位置している。9 世帯の計 35 人の村民がいる。その内 18 人が若年や成人で、17 人は子供である。サンタクララの場合と同様、ここも中規模農園 (Empresa Agricola) の経営下で村民が労働者として働いている。他村と同様カカオが主な農産である。一世帯の平均年収は約 420,000 ドブラ（約 180 US ドル）。食料や生活形態も他村に類似している。

生活用水は本計画河川に頼らず、地区の水源から得ている。小さな商店があり、米、豆類、魚やビールも売っているが、村民は「つけ」で買うことができる。電力不足で、保健所や学校等はなく、村の発展の障害となっている。

以下の表に上記 4 集落の人口、主な収入源と平均年収のまとめを示す。

村 落 名	人 口 (人)	家 族 数 (戸)	主 な 収 入 源	1 家 族 当 り 平 均 年 収 (Dobras)
Milagrosa	400	80	農業、その他	1,920,000
Santa Clara	60	10	農業	360,000
Quinta das Flores	40	10	農業	1,550,000
Santa Luzia	35	9	農業	420,000
合 計 ・ 平 均	535	109	農業	1,062,500

(5) 本計画サイトにおける減水区域

本計画では約 1.5km の減水区域が生じる。その区域に居住する世帯はなく、減水による村民への影響は生じない。

(6) 生活用水について

上記計画地点一帯の村落の生活用水はその大部分を Manuel Jorge 川の河川水に頼っている。農園や菜園の灌漑、飲料水、小型発電機の動力源等に利用しているのが現状である。用水路も存在し、時期によって異なるが必要取水量は村落ごとに明らかになっている。従って、本発電計画はこの生活用水の確保を考慮に入れて、関係村落と協議しなければならない。参考までに関係 4 村落の生活用水量の推定値を以下に示す。

関係 4 村落の生活用水量の推定値 (単位：リットル)

村 落 名	人 口 (人)	家 族 数 (戸)	推 定 月 間 用 水 量 (1 家 族 当 り)	推 定 年 間 用 水 量 (各 村 落)
Milagrosa	400	80	9,000	8,640,000
Santa Clara	60	10	9,000	1,080,000
Quinta das Flores	40	10	9,000	1,080,000
Santa Luzia	35	9	9,000	972,000
合 計	535	109	9,000	11,772,000

13.3.2 本計画地点とその周辺地域の産業等

(1) 農 業

計画地点とその周辺の農業用植物は、カカオ (*Theobroma cacao*)、バナナ (*Musa sp.*) のコンビネーションがやし (*Elaeis quincensis*)、パラミツ (*Antocarpus intergrifolia*)、パンの木 (*Antocarpus communis*) などの高

木樹の下にあり、*Erytrina* sp. 種が繁茂している。Milagrosa の総面積 260ha のうち 205ha はカカオ栽培で一部は灌漑され、残り 51ha はやし油生産用のやしの栽培に、2.5ha はパイナップルの栽培にあてられている。260ha のうち 51ha は、1つの中規模農園として私有化され、また約 240ha は地元の小農に私有化・分配されている。

Santa Clara は 70ha で 30 人の労働者がいる 1つの中規模農園である。カカオ栽培は 5月～9月の乾期と 1月～2月の小乾期の間、害虫 (*Selenothrips Rubrocintus*) にしばしば襲われ、10月～5月の雨期にはウドンコ病が発生して生産が低下する。病虫害対策として、殺虫剤と水が必要となる。

単位面積当りの樹木数の減少、木の老朽化、適切な施肥や病虫害対策がとれないなどの原因により近年生産量は下降している。

Santa Clara には牛 2頭、豚 12頭、羊 4頭がいる。私有化後、Milagrosa にいた牛の残りは全て他地域へ移された。

同国で樹木の伐採は環境面での最重要問題の一つになっており、本計画地点でも例外ではなく、Milagrosa の場合、1995年に多種の樹木 22本が伐採・製材され Santa Clara でも桑など 13本が伐採された。

商品価値のある木としては、桑 (*Chirophora exelsa*)、*Cedrela* (*Cedrela odorata*)、*Marapiao* (*Phagara microphylla*)、*Gogo* (*Carapa procera*)、パンの木 (*Artocarpus communis*)、パラミツ (*Artocarpus in tegritolia*)、マンゴ (*Mangifera indica*) がある。

## (2) 工業

本計画地点とその近接地には工業らしきものはなく、Milagrosa にカカオの発酵・乾燥工場、国营企業当時の車の修理工場、木工所があるが現在いずれも稼動していない。Santa Clara で飼料生産工場を設置する計画がある。

## (3) 水資源とその利用

本計画地点とその周辺地域の水資源の賦存量は充分で、Manuel Jorge 川の他に Aqua Panada 川に 1つの小湧水点があり、Milagrosa、Santa Clara の飲料水に使用することや、必要とあれば灌漑も可能である。Milagrosa にはその他に 3つの小さな水源 (小湧水) がある。

起伏や乾期の川の減水で、Milagrosa や Santa Clara では灌漑されていない所があり、そのために小規模な水利工事が必要となる。Santa Clara では水供給をよくするため、揚水機をとり入れる計画もある。

### 13.3.3 交通輸送網

Milagrosa、Santa Clara には比較的良い状態の道路が通り、地区の中心 Trindade 町や Sao Tome 市に結ばれている。本計画地点と外部や近接地を結ぶ公共交通機関はなく、私有化以前には当時の Milagrosa 農園が交通・通信システムを請負っていたが、現在ではそれらがなく、住民各人で手配しなければならない。

### 13.3.4 公共施設

本計画地点とその周辺地区では公共施設は非常に不足しており、Milagrosa だけに1学校（2教室）、1保育所、1応急診療所があるのみである。中等教育を受けるには、地区の中心地 Trindade まで通わなければならない、定期的な交通手段がないので徒歩で通学する状態で、雨の日は困難である。また、応急診療所では軽度の場合の処置はできるが、重傷の場合は Sao Tome 市の中央病院へ行かなければならない。

### 13.3.5 景観

本計画地点とその周辺は2次林をベースに農園で栽培されているカカオ等の農作物や多くの灌木が茂っている。一方、本計画地点一帯は取水ダム予定地点の上下流3ヶ所程の滝が存在する。河床の幅は10m~20mで深い峡谷をなしている。Fig-13.6に本計画地点の河川の景観を示す。本計画の規模は小さく、現存の景観の改変にはならないといえる。

### 13.3.6 文化財等

現地踏査と面談調査の結果、本計画地点とその周辺には文化財や遺跡が存在していないことが判明した。

## 13.4 本計画地点とその周辺地域の自然環境の現状

### 13.4.1 気候

地理的条件やその他の要因から気候は sub-humid~dry humid で、年間平均気温は約 25℃で年間平均相対湿度は moderate で、降雨量には変化があり、年間では 2,500mm 以上である。

### 13.4.2 土壌

1962年の同国の土壌図によると、Milagrosa には非顕晶質火山岩から生成された茶色がかった熱帯タイプの土壌があり、Santa Clara では非顕晶質火山岩の茶色い土が支配的である。気候は年間降雨量 2,500mm 以上の humid,

mesothermie タイプである。土壌の pH は 4.5~6.0 で、一般的に種々の変化にとんだ植生で覆われている。

#### 13.4.3 植生

計画地点とその隣接地は Milagrosa、Santa Clara、Santa Luzia 及び Quinta das Flores の境界内にあり、南北 2,750 m、東西 3,800 m の中にあり 10.26km<sup>2</sup> に及ぶ。北西では Quinta das Flores の村と隣接し、カポエイラと呼ばれる、保護区とみなしてもよい森林があり、水源涵養林の役目を果たしており滝もある。

その他の地域では、カカオとバナナが広く栽培され、種々の他種樹木と混生している。カポエイラ（2次林）地域の樹種としては、Pau Branco (Tetrochidium didymostemon)、Moindro (Aidia quintassi)、Muandim (Pentaclethra macrophylla)、Pau Sangue (Hurungana madagascariensis) と、つる植物等が存在する。

#### 13.4.4 動物

陸生生物では、種々のタイプの鳥類が圧倒的に多い。また、猿も生息していることからカカオやバナナなどの農作物への被害が生じる。水生動物としては、本計画地点とその周辺地域内で目立ったものは非常に少ないかほとんどいないが、甲殻類（淡水えび）と極わずかであるが小魚、導入されて川に順応したテラピアがおり、住民の蛋白質源となっている。

同国は鳥のよい生息地となっており、計画地点やその隣接地や農業栽培地等の変化に富んだ場所を生息地として順応している多くの鳥がいる。

### 13.5 本環境インパクトの同定

本計画が実施される場合には、取水ダム、導水路、ヘッドタンク、発電所及び他の付属施設が建設・運転・維持されるが、その場合に起こりうるインパクトを次に記す。

#### 13.5.1 取水ダム

コンクリート造りの高さの低い堰で川流を取水するが、2区画 (Quinta das Flores の 19 番区画、Santa Luzia の 3/4 番区画) が減水の影響を受ける。

取水ダムは Manuel Jorge 川の 2 つの比較的高い滝 (15 m 以上) の中間に設けることになるが、この地点の河床は全般にわたり深く、垂直断面で 30 m 以上の深い谷となっている。そのため出水時の川流は勢いよく流れるが、沿岸上部への洪水を引き起こす問題は特に考える必要はないと思われる。

しかし、周辺は農業生産地（近年の国家土地私有化分配政策から生じた小規模私有地）や、アクセスしにくい1次林や2次林の森林（森林法案の予定では将来、永続保護林となる）に囲まれているため、取水ダムの築造に伴い周りの土地を拓くことになれば上記の私有地や森林の損失も起こりうるし、多少のインパクトも予想される。

大半は Manuel Jorge 川の水を生活用水として使う、Milagrosa と Santa Clara のコミュニティーに対するネガティブな影響が起こりうるだろう。ミニ水力発電所使用水量の発電規模は川流水、特に流量が激減する乾期の流量を考慮に入れなければならない。また、取水ダムと発電所間の川の区間は最もクリティカルで、生活用水と発電用取水のためこの区間の水量は今までとは異なってしまふ。乾期には川流は特に状況は悪化し、支流によっては涸川となってしまふこともある。従って周囲の大気の湿度も下り、川沿いの植生に適した局地気候（micro-climate）も相対的に変化し、特に特徴的な森林構成があると思われる滝付近ではその兆候がみられることになるだろう。しかし、減水域内では灌漑やその他の人工的な水の利用はない。

#### 13.5.2 ヘッドタンクまでの導水路

導水路は約 1.2km にのぼり、約 30 の私有地を通過すると予想される。導水路が通ると思われる区画にはバナナやカカオ等の木が栽培されている。

同じ Manuel Jorge 川にある Gue Gue 発電所の場合、導水路（ふたのある水路）の建設は環境への目立ったインパクトは現れていないが、本計画の場合、土地の起伏や標高の条件がよりデリケートな場所なので注意が必要。その意味から取水ダムから放水口まで水路の全区間で浸食の起こりやすい地点がいくつかみられ、特に水圧管路の最終部分にある現国道の山側法面や川岸近くは注意すべきである。

また、傾斜面の急な所での導水路の建設は、機能的にも問題となり得るので、水路の底部からの長期にわたる水漏れが水路基礎の風化玄武岩の層を飽和水状態にし、大規模の斜面崩壊を起こさないよう注意しなければならない。

調査対象地域には、その種の危険が起こりうる集落はないが、崩落による損害が起きないように、注意を払うべきであろう。

#### 13.5.3 ヘッドタンク

ヘッドタンクの建設のインパクトはその規模と位置によって異なるため、タンクは地形、地質上もっとも安定性のある所に建設されるべきである。また、近隣の子供たちが水浴びにやってくる危険性も考慮して安全策を講じることが必要である。

#### 13.5.4 水圧管路

約 200 m の延長で 3 区画 (38 番、39 番、40 番) に掛かることになる。(詳細については設計が明らかになった時点で検討する。)

#### 13.5.5 発電所

水車発電機等が設置される発電所建屋は、Manuel Jorge 川の左岸 97 番区画に位置する。

発電所建屋は 100 m<sup>2</sup> 以下であり小さく、環境にインパクトも小さいと判断される。

しかしながら、水車を通過して放流される水については濁度の他、機械潤滑油等の油性物質が混入する恐れがあるので、発電所下流の水質が低下しない様、適切な対策を講じる必要がある。

また、Manuel Jorge 川は雨期にはかなりの頻度での鉄砲水が出るのが予想されるので、発電所建屋は川の氾濫によって被害を受けないよう、発電所の設計にあたっては十分な対策を講じる必要がある。

### 13.6 本水力発電開発で予想される環境への影響の要約

#### 13.6.1 建設段階でのポテンシャル・インパクト

- 1) 景観の多少の変化
- 2) 導水路と水圧管路が通るであろうルート沿いのカカオ畑などの一部の損失
- 3) 固形物質の排出あるいは残渣 (油類、燃料、塗料等) の漏れなどによる下流側の水質への影響
- 4) アクセス用道路沿いの埃の発生
- 5) 車両や運転中の機械から発生する排気ガスの大気中への放出
- 6) 建設資材運搬のため、建設現場までの輸送ルート沿いの交通量の増加
- 7) 労働力の需要増加による近くの住民に対する一時雇用機会の発生 (正のインパクト)
- 8) 建設に伴って発生する騒音

#### 13.6.2 運転段階で起こりうるインパクト

- 1) 取水ダム上流側水位の上昇による土地の水没 (水位の上昇は 1 m 以下であるため、その影響はほとんど無視できる。)
- 2) 滝の水量の減少及び景観上の美観の低下による観光資源としての川の

### 変化

- 3) サイトへのアクセス用新しい道路の出現
- 4) 発電所の運転による騒音の発生

## 13.7 補償

本計画の実施により、ヘッドタンクやそこまでの導水路等の建設で既存の農園地の使用が必要になる。従って、カカオやバナナの伐採につながり、また、土地の利用にもつながる。これらには補償を行う必要がある。現時点では具体的に伐採量や土地の利用面積を算出することが出来ないため、全体の補償総額を推定することはできない。従って、ここでは補償額の算出に要する標準単価を示す。以下の諸単価は本調査時点のものである。

### 1) カカオ、バナナの補償単価

農産物	収量 ( kg/ha )	単価 ( Dbs/kg )	単位面積当りの 価値 (Dbs/ha)
カカオ	200	1,800	360,000
バナナ	5,000	200	1,000,000
合計			1,360,000

### 2) 樹木の単価

樹木は木材としての価値で評価すると US\$ 70/m<sup>3</sup> の単価になる。

### 3) 土地の単価

土地の価値は農地用とその他の用途で異なる。農地としては約 US\$583/ha の収入につながると見て、1区画 2.5ha で約 US\$ 1,458 の単価になる。その他の用途では利用形態や投資の内容によって異なる。なお、Aqua Grande 地区での工業用地としての価値は US\$129/ha である。

## 13.8 総合評価

本計画地点とその周辺地域は長年の農業活動の結果、比較的バランスのとれた環境になっている。本発電計画は極めて小規模のもので、現在の自然環境状態には影響がほとんど出ないと思われるが、留意すべき被害は小農の栽培農作物に出るとと思われるため、その補償を考慮することが生じ得る。また重要なことは、土壌浸食を避けるための保全対策を講じることである。

Table-13.2 に本計画による社会環境への影響評価、また Table-13.3 には自然環境への影響評価の総合評価のまとめを示す。

**Table 13-1 List of Species of Threatened Fauna in Sao Tome & Principe**

Common Names	Species	Family	Notes
Musanho	<i>Crocidura poensis</i>	<i>Soricidade</i>	K
Morcego	<i>Tadarides thomersis</i>	<i>Molossidade</i>	I
Guembu	<i>Myonyceteris brancycephala</i>	<i>Pteropodida</i>	V
Morcego	<i>Pipistrellus sp.</i>	<i>Vespectition</i>	I
Tarturuga	<i>Chelonia nydas</i>	<i>Cheloniidade</i>	E
Tarturuga	<i>Eretmochelys imbricata</i>	<i>Cheloniidade</i>	E
Tartaruga	<i>Lepydochelys olivaceae</i>	<i>Cheloniidade</i>	E
Tartaruga	<i>Dermochelys coriacea</i>	<i>Dermochelyidae</i>	E
Patomarinho	<i>Sula leucogaster</i>	<i>Sulidae</i>	E
Papagaio	<i>Psittacus erithacus</i>	<i>Psittacidae</i>	V
Kitoli	<i>Otus hartlaubi</i>	<i>Strigidae</i>	R
Picanco	<i>Lanius newtoni</i>	<i>Laniidae</i>	I
Toldo	<i>Turdus olivaceofuscus</i>	<i>Muscicapidae</i>	EX(?)
Selele	<i>Dreptes thomensis</i>	<i>Nectariniidae</i>	R
Tchiliquito	<i>Speirops leucophoews</i>	<i>Zosteropidae</i>	R
Tchili-tchili	<i>Zosterops ficedulinus</i>	<i>Zosteropidae</i>	E
Pardal	<i>Neospiza concolor</i>	<i>Fringillidae</i>	I
Chotacafe	<i>Poliospiza rufobrunnea</i>	<i>Fringillidae</i>	E
Aqua doce	<i>Neretina manoeli</i>	<i>Neretidae</i>	E
Libelinhas	<i>Trithemis nigra</i>	<i>Libellulidae</i>	I
Escar aveihos	<i>Pachnoda canui</i>	<i>Libellulidae</i>	I
Borboletas	<i>Coeliades bocagii</i>	<i>Hesperiridae</i>	V
Borboletas	<i>Graphium thomasius</i>	<i>Papilionidae</i>	V
Borboletas	<i>Graphium santamarthae</i>	<i>Papilionidae</i>	E
Borboletas	<i>Epamera maris</i>	<i>Lycaenidae</i>	EX(?)
Borboletas	<i>Leptotes terrenus</i>	<i>Lycaenidae</i>	I
Borboletas	<i>Chilades sanctithomae</i>	<i>Lycaenidae</i>	I
Borboletas	<i>Charaxes defulvata</i>	<i>Nymphalida</i>	EX(?)
Borboletas	<i>Pseudacraea game</i>	<i>Nymphalida</i>	I
Borboletas	<i>Globanus integer</i>	<i>Nymphalida</i>	K
Borboletas	<i>Globanus marginescaber</i>	<i>Nymphalida</i>	K

(Notes) EX : Extinct; E : Endangered; V : Vulnerable; R : Rare  
I : Not determined; K : Not well known



**Table 13-2 Summary of Potential Socio-economic Environmental Impacts and Their Preventions and Mitigations**

Socio-economic Environmental Factors	Potential Impacts	Remarks ( Description of the potential impacts and measures to prevent/mitigate the impacts )
1. Resettlement of villagers (1) Reservoir area (2) Water reduction area	△ △	No villagers are living in the reservoir area. No villagers are living in the water reduction area.
2. Industries (1) Agriculture 1) Project area  2) Downstream area  (2) Forestry (3) Fishery (4) Manufacturing / mining (5) Tertiary industry (handcraft, tourism, etc.)	○  △  △ △ △ △	The routes and space for construction of headrace channel and headtank will need some land and to cut some plantation trees. Compensation will be needed.  No impacts will be incurred to the downstream area.  Only a few trees would be cut. No fishes are existing in the river. No manufacturing or mining industry is existing. No such industry is existing.
3. Transportation	△	Impact of construction of an access road is moderate and will improve transportation network of this area.
4. Other infrastructure (1) Education (2) Public health  (3) Cultural assets	△ △  △	No school is existing in the project area. No water born disease could be induced due to very small scale of the reservoir. No cultural assets are existing in the project area.
5. Water utilization (1) Project area and its vicinity  (2) Downstream area	○  ○	The villages such as Milagrosa and Santa Clara are using the river water for drinking and plantation. Prior agreement between EMAE and the villagers for reasonable sharing of the river water must be achieved. Water quality of the discharge water from powerhouse shall be kept acceptable by preventing leakage of oil and other substances.

( Legend ) ● : Significant impact    ○ : Moderate impact    △ : Negligible or no impact



**Table 13-3 Summary of Potential Natural Environmental Impacts  
and Their Preventions and Mitigations**

Natural Environmental Factors	Potential Impacts	Remarks ( Description of the potential impacts and measures to prevent/mitigate the impacts )
<b>1. Topography</b> (1) Sedimentation in reservoir (2) Impact on downstream waterway (3) Impact to coastal area	△ △ △	Upstream of the reservoir is rich in forest and therefore the soil condition is stable. Scale of the project is very small and therefore the impact to downstream is negligible. No direct impact due to existing of Gue Gue power station.
<b>2. Soil condition</b> (1) Slope collapse (2) Soil erosion	○ △	Measures must be taken to prevent slope collapse along the routes of headrace and penstock. Water leakage from headrace must be avoid to prevent soil erosion along its route.
<b>3. River water</b> (1) Change in water system (2) Impact to water quality	△ ○	No change to water way. Impact can be avoided by good maintenance of the powerhouse.
<b>4. Biosphere</b> (1) Impact to flora (2) Impact to fauna (3) Impact to aquaic organisms (4) Impact to protected /valuable flora and fauna	△ △ △ △	Impact is negligible due to small scale of the project. Impact is negligible due to small scale of the project. No valuable aquatic organisms are existing in the project area. No such flora and fauna are existing.
<b>5. Impact on national and natural parks</b>	△	No such parks are existing.
<b>6. Atmosphere</b> (1) Air pollution during construction (2) Offensive odors	○ △	Measures must be taken to mitigate dust generation. No offensive odors will be generated.
<b>7. Noise and vibration</b>	○	Measures must be taken to mitigate the noise and vibration to be occured during construction and plant operation.

( Legend ) ● : Significant impact   ○ : Moderate impact   △ : Negligible or no impact



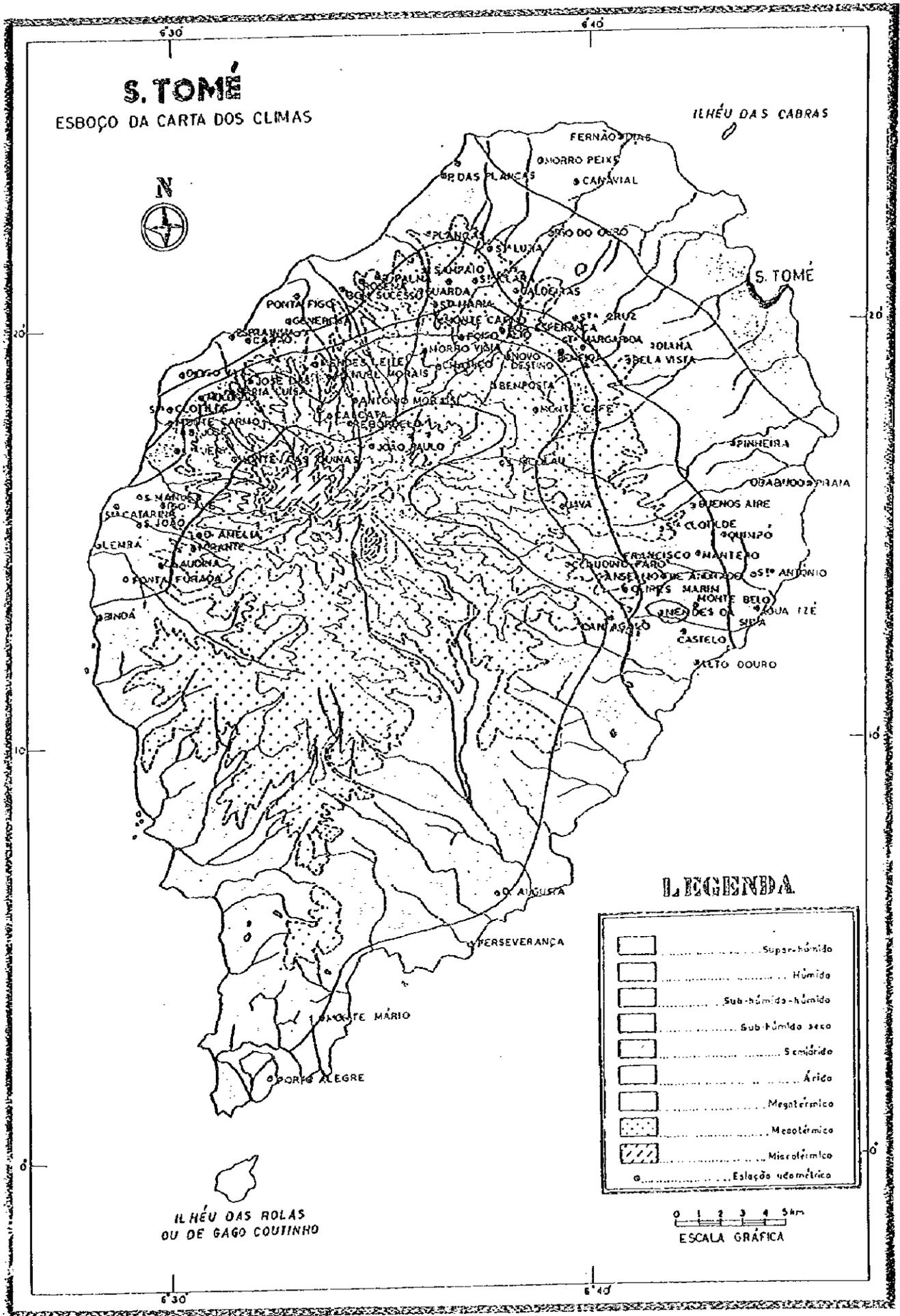


Fig. 13-1 Climate map (Humidity Distribution) Map of Sao Tome Island



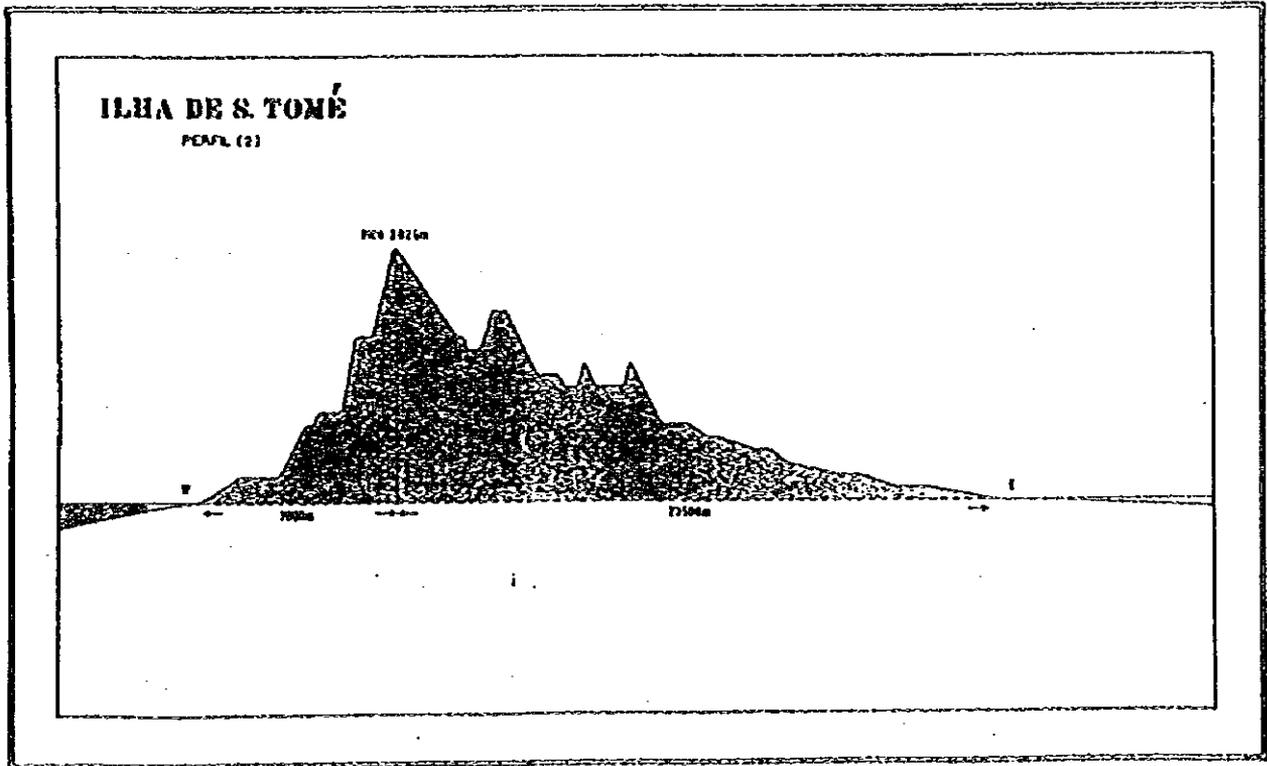
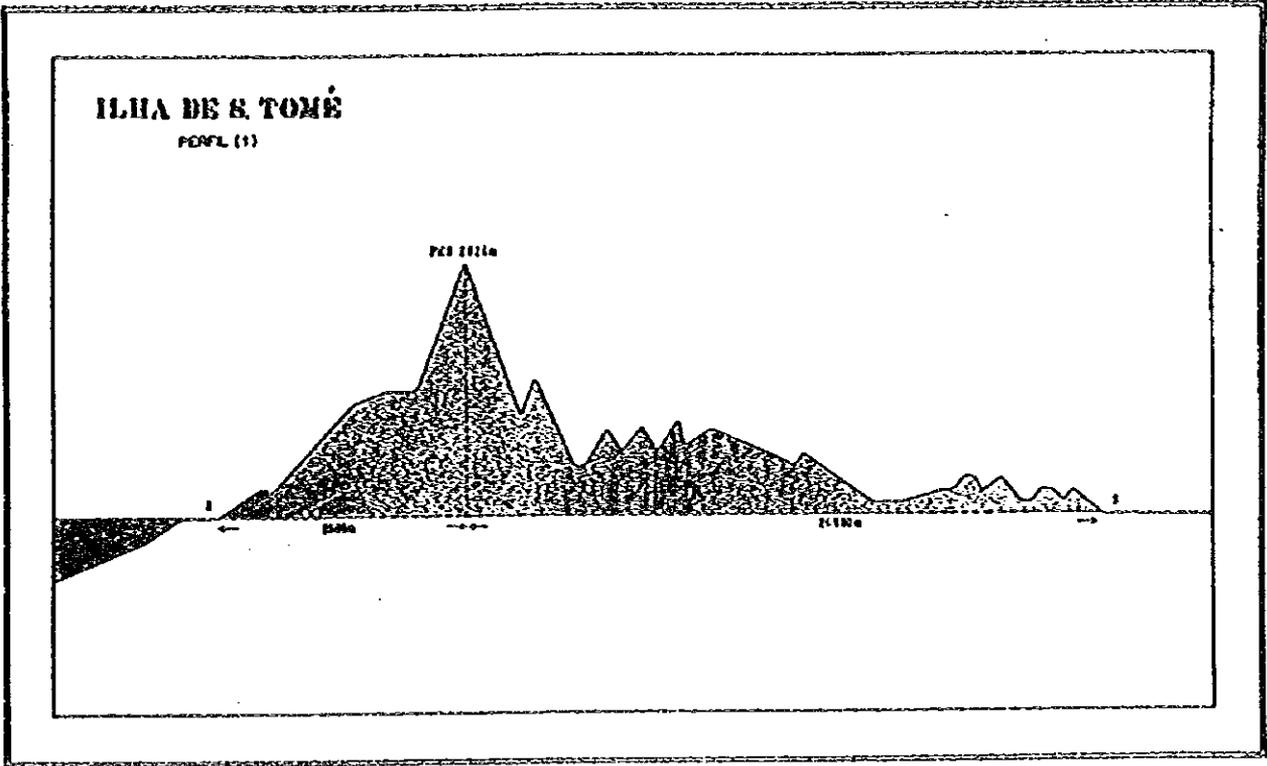


Fig. 13-2 Geographical Sectional View maps of Sao Tome Island



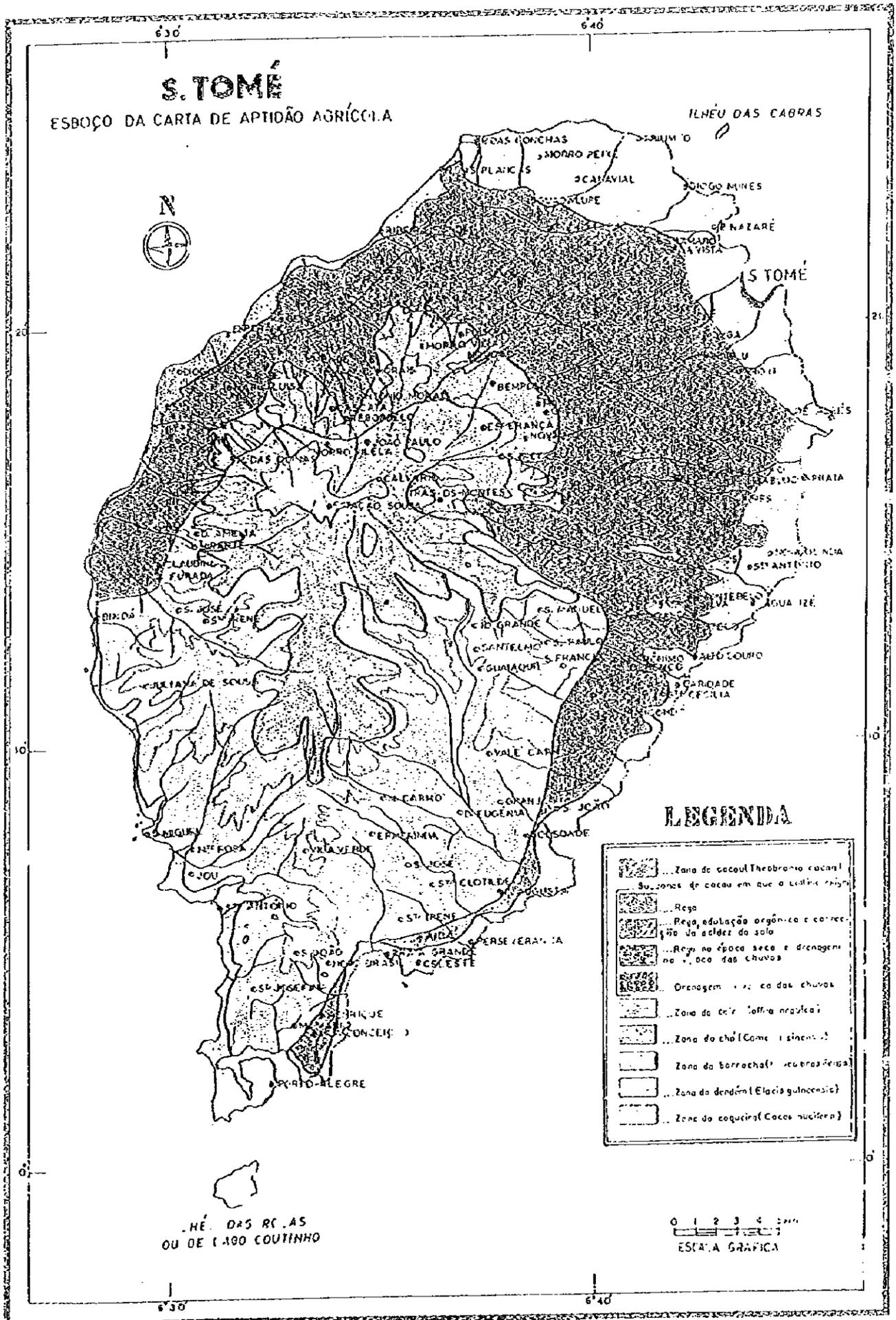


Fig. 13-3 Agricultural Map of Sao Tome Island







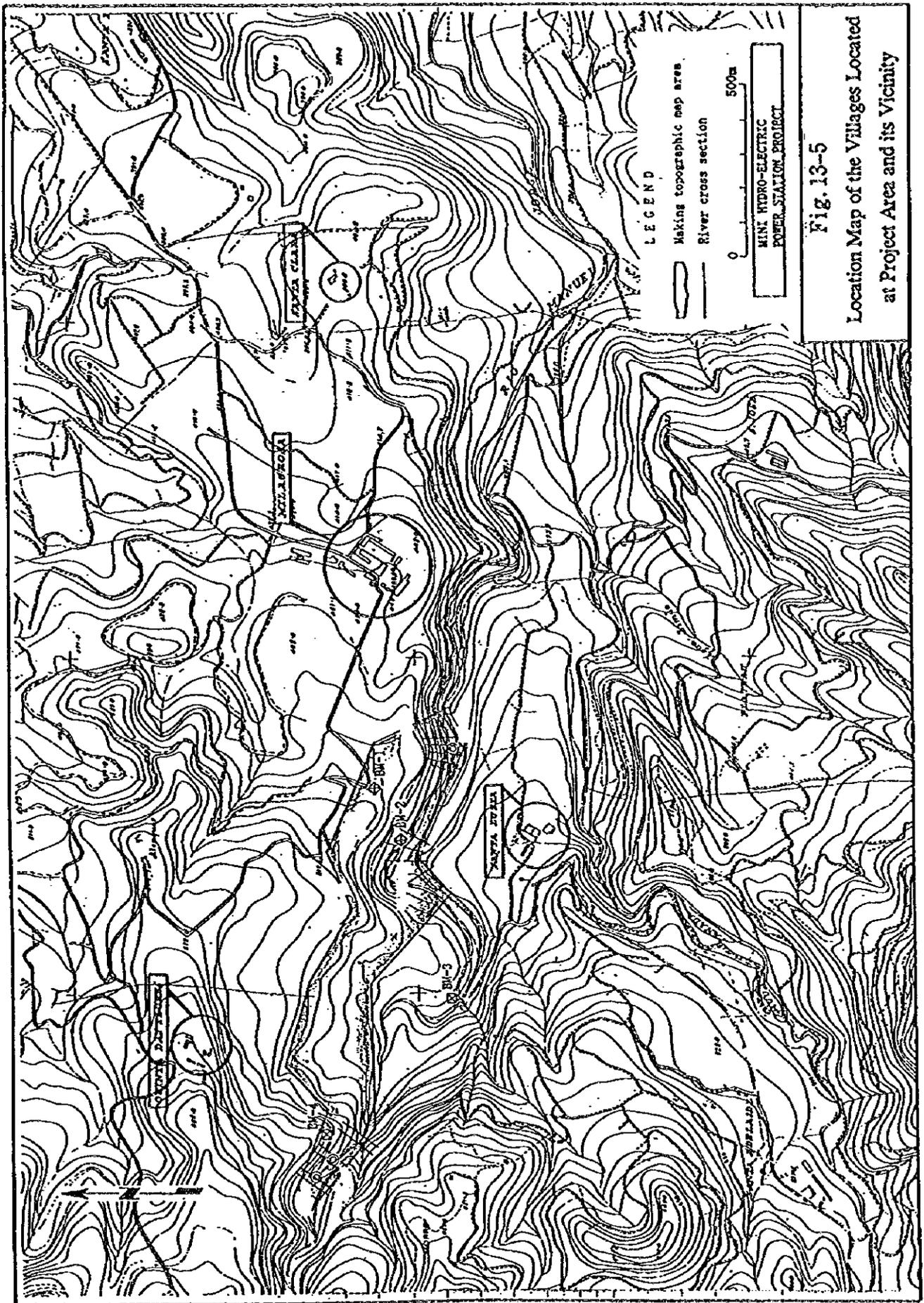


Fig. 13-5  
 Location Map of the Villages Located  
 at Project Area and its Vicinity





Fig. 13-6 The Scenery of a Waterfall and the River Bed of the Project Site Area

## 第 14 章

### 經濟・財務評估

## 第14章 経済・財務評価

### 14.1 経済評価

#### 14.1.1 経済評価の手法

本プロジェクトの経済評価には、代替火力発電所を計画した場合の総費用の現価換算額を便益とみなし、本プロジェクトの総費用の現価換算額を費用としてその比率を求める便益・費用比率法を用いた。代替火力としては、当国の火力発電で実際に使われているディーゼルオイル発電を用いた。なお、為替レート、未熟練労働者、失業率などにより行ういわゆるシャドウ・プライスの調整は、下記の理由から行わなかった。

- (1) 為替レートについては、当国の輸入が輸出の約5倍に達すること、その差額はほぼすべてが無償援助で賄われていること、有償援助も含めた被援助総額がGDPの1.5倍に達していることなどから、いわゆる適正為替レートの水準を求めることは極めて困難といえる。
- (2) 投資コストのうち、シャドウ・プライスの調整の対象となる内国通貨払の部分、労賃、石材、木材などの諸費用を合算しても51千ドル強で、全コストの1.2%に及ばない。

#### 14.1.2 費用

表14-1の通りで、年間資本費は投資コストの8.174%で、388,553 USドル、年間運転維持費が47,535 USドルで、合計436,088 USドルである。

#### 14.1.3 便益

代替え計画をディーゼルオイル発電とした場合の費用は、年間固定費が5,174 USドル、年間変動費が73,856 USドルで、合計79,030 USドルとなる。

#### 14.1.4 経済評価

上記から算出した便益/費用の比率は $79,030/436,088=0.181$ となり、経済評価での分岐点である1を大幅に下回る。しかしながら、下記の理由から、無償援助を前提として、前向き検討すべきものとする。なお、全額無償援助を想定した場合の便益/費用の比率は1.663となり、1を上回る。

- (1) Sao Tome・Principe 民主共和国の貿易構造、対外債務の状況等から見て、輸入燃料に依存する火力発電は採用できない。
- (2) Sao Tome 島の地形、水量等から見て、本プロジェクトはこの程度の規模での水力発電所としては、最適条件を備えており、投資効率が悪いのもやむを得ないと考えられる。

- (3) 現在「サ国」においては、約1万軒強の家庭が電力の供給を受けているが、本プロジェクト実施により、もしすべての電力が家庭用に使用されたとすれば、約2,500人が追加されることとなる。これにより、家庭への電力普及率は現在より改善されることとなる。
- (4) 本プロジェクト導入により、火力発電を導入した場合と比べ、年間74千USドルの外貨節約となるが、これは同国の年間輸出額(5.1百万USドル)の1.4%、燃料輸入額(1.1百万USドル)の6.7%で、対外収支面への寄与は大きい。
- (5) 同国の対外債務残高は、1995年末現在で3億USドルを超えており、GDPの約8倍に達している。また、年間の対外債務弁済額は年間輸出額(含むサービス)の100%(20%が管理可能な水準)を超えている。実際に、過去2年間(94/95)には債務救済も行われており、これ以上の対外債務増加は不可能な状況にあるといえる。
- (6) 同国には現在工業といえるものはほとんどなく、資本財を含めた工業製品のほとんどを輸入に依存している。また、カカオ中心のモノカルチャーから脱却し得ておらず、食糧も輸入に頼っている。その結果、対外収支面では、輸入が輸出の5倍になっており、かつ、食糧輸入額が輸出総額を上回っている。現在の同国にとって、最重要の課題は、食糧の自給の達成であるが、そのためには、同国の自然条件を生かした漁業の振興が最優先の施策である。しかし、現状では漁獲物貯蔵のための冷凍・冷蔵施設がなく、恵まれた自然環境が十分生かされていない。その最大のネックは電力の供給不足であり、そのためにも電源開発が不可欠となっている。なお、漁業振興は食糧自給のためのみならず、輸出による外貨獲得のための最有力な方策でもある。
- (7) 国家エネルギーマスタープランによると、今後、10年間に約15,000kWの新規発電を計画しているが、もしこれをすべて火力発電で賄うとすれば、年間約6~7百万USドルの燃料輸入を必要とするが、上述のような対外収支構造からして、不可能であり、今後の新規発電は、すべて水力によらざるを得ない。EMAEは緊急分を除き、原則としてすべて水力によるとしている。
- (8) 以上の通り、同国が食糧の自給を達成し、カカオ以外の中核になる輸出産品を作り出し、経済的に自立する方向に向かうには電力の供給不足を解消することが不可欠である。本プロジェクトはその方向への一歩を踏み出すものといえよう。

## 14.2 財務分析

### 14.2.1 財務分析の方法

第8章開発計画で最適とされたケース（最大出力、年間発電量、建設費）を前提としFIRRを算出し、投資価格（EMAE負担率）と電気料金を変数としたFIRRの感度分析（Sensitivity Analysis）と自己資本利益率、現金収支の分析を行い、本プロジェクトがViableとなる条件を求めた。なお、財務分析に当たっては、下記の前提条件を設けた。

- (1) 最大出力：230 kW
- (2) 年間発電量：1,252,600 kWh/year
- (3) 建設費：4,754,000 USドル
- (4) 使用通貨：USドル一本とした（投資コストのうち内国通貨建となるのはわずか1.2%のみ）。
- (5) 電気料金：過去3年間の実績と国際的な料金を参考にした。
- (6) O&M Cost：投資額の0.5%、1.0%、2.0%の3段階とした。
- (7) 減価償却：EMAEが採用している方式に従った。  
20年、25年、50年の3区分でいずれも定額法である。
- (8) 金利：外貨金利とし、年率8.0%とした。
- (9) 法人税率：30%が適用され、赤字は年限なく繰越される。
- (10) 追加投資：償却完了年度に当該部分の初期投資と同額が投資されるとした。
- (11) 借入金：投資金額×EMAE負担率とした。
- (12) 借入金返済：7年据置き、その後20年間の均等払いとした。
- (13) FIRR算出に当たっての投資額：EMAE負担分のみをカウントした。
- (14) ROE、現金収支については借入金返済が開始される前年＝操業開始後6年目の数字を使用した。

### 14.2.2 財務的費用及び便益

EMAE負担率100%、電気料金15 C/kWhのベース・ケースにつき損益計算書、現金収支表を作成したのが、Annex Table14-1、同14-2である。

#### (1) 財務的費用

本プロジェクトの財務的費用は、水力発電所建設に係わる費用であり、当初は4,754,000 USドルで、以降耐用年数が経過した部分につき、耐用年数終了年度に当該部分に係わる当初投資と同額の財務的費用が発生する。

#### (2) 財務的便益

本プロジェクトの財務的便益は、年間のフローベースの便益、即ち、電気

料金収入からO&Mコスト並びに税金を差し引いたもの(131,523-47,560=83,963 US ドル)と投下資本の残存価格(建設費-減価償却費累計)の和である。

尚、O&Mコストについては下記の通りこの種費用計算に一般的に使用される対投資コスト比率0.5%、1.0%、並びに2.0%を使用、また、減価償却費については、EMAEが現在使用している方式に従い、50年、25年、20年の定額償却とした。

(a) O&Mコスト

0.5% : Preparation Work, Civil Work, Hydraulic Equipment

1.0% : Project Controlling

2.0% : Electromechanical Equipment

(b) 減価償却

50年 : Preparation Work, Civil Work, Hydraulic Equipment

25年 : Transmission Line

20年 : Turbine と Generator

### 14.2.3 財務評価

上記14.2.2で述べた便益と費用の現在価格を等しくする割引率としてのFIRRを求めると、-1.90%となり(運転期間35年を想定)、財務的に見てプロジェクトとしてViableとはいえない。しかし、「経済評価」で述べた通り、Sao Tome・Principe民主共和国の経済の自立には電力の供給不足解消が不可欠であること、その電源開発には水力に依らざるを得ないこと、同国の地形的条件から投資効率が低いことも止むを得ないことなど勘案し、前向きに検討したい。本プロジェクトについて我が国からの無償援助が供与されれば、収支面で黒字に転化し得る。因みに、電気料金料率を15セント/kWhとし、EMAE負担率(残りが無償援助となる)が15%まで下がった場合(Annex Table14-3参照)、FIRRは10.51%となり、プロジェクトはViableとなる。しかし、料率15セントが国際的に見て高すぎるので10セントまで下げると仮定すると、プロジェクトをViableにするためには、EMAE負担率を7-8%まで下げる必要がでてくる。

尚、通常企業経営上の目安となるROE(EMAE負担分を全額借入とした場合)は、ベース・ケース(EMAE負担率100%)で-9.15%、EMAE負担率15%の場合で0.86%(税引前)で、後者の場合は黒字となる。しかし、電気料金料率が10 C/kWhとなると、ROEは-5.29%となる。

### 14.3 資金返済計画

電気料金上限を 15 C/kWh とすると、EMAE 負担率が 20%では年返済金額 47,540 US ドルに対し、現金在高は 9 千ドルで返済は不可能である。EMAE 負担率が 15%まで落ちると、返済資金は賸え、返済可能になる。

### 14.4 EMAE の財務状況

EMAE の 92 年以降 3 年間の貸借対照表、損益計算書はそれぞれ表 14-2/14-3 の通りである。

(95 年度の財務諸表はコンピューターが指数オーバーフローのため作業がでくず、未だに締められていない……フランスで修正作業中)

#### 14.4.1 貸借対照表から見た特徴

EMAE の貸借対照表の特徴は以下の通りである。

- (1) 資産の 85%が建物、構築物、機械設備などの固定資産で占められている。
- (2) これら固定資産の原資は補助金と再評価積立金を含めた自己資本であるが、補助金による部分が極めて高く、固定資産残高に占める補助金部分の比率は、ストックベースでは 93 年末の 34.7%から、94 年末の 49.1%へと上昇している。また、フローベースでは、93 年が 96.3%、94 年が 97.3%と最近では新規固定資産投資のほぼすべてが補助金により賸われている。  
(表 14-4 参照)

#### 14.4.2 損益計算書から見た特徴

EMAE の損益計算書から見た特徴は以下の通りである。

- (1) 最終損益は、92 年、93 年と赤字が続いていたが、94 年には黒字に転化した。電気料金が 93 年の 10.2 C/kWh から、94 年には 13.3 C/kWh へと引き上げられた結果、販売収支の赤字が大幅に縮小したことが貢献しているが、フランス並びに政府から多額の補助金が供与されたことが大きく寄与した。これらの補助金がなければ、大幅赤字で終わっていたと思われる。なお、ここで計上されている補助金は、技術協力・部品供与とうに係わるもので、機械設備などの固定資産に係わるものは含まれていない(負債サイドに見合いの勘定が計上されている)。
- (2) 再評価積立金の繰り入れ、戻し入れが多額に上がっている。(EMAE

は固定資産を主たる援助供与国であるフランスの通貨で記帳しており、年度末毎に再評価を行っている。)

#### 14.5 感度分析

EMAE負担率と電気料金を変数としたFIRRの感度分析 (Sensitivity Analysis)は表14-5の通りである。

資本コストをカバーするに必要なFIRRを10%とすると、電気料金が15 C/kWhの場合には、EMAE負担率を15%まで引き下げる必要がある。しかしながら、この料率は国際的に見てもかなり高水準にあり、同国の社会、経済状態を勘案すれば、10 C/kWhまで引き下げるのが望ましい。その場合には、EMAE負担率を7%にする必要がある。

#### 14.6 総合評価

本プロジェクトの投資効率は上述の通り、経済評価、財務分析のいずれも極めて悪いが、同国が非常に小さい島国で、地形的に効率の良い立地条件を見つけることが困難なことから、この程度の投資効率になることはやむを得ないものとする。同国の経済自立のためには電力の供給不足解消が不可欠であること、電源開発には対外収支の面から、輸入燃料に依存しないこの種ミニ水力発電に頼らざるを得ないこと等も勘案すべきである。

Table14-1 Economical Evaluation

Item	Unit	Optimal Case	Remarks
Maximum Output	kW	230	
Firm Peak Output	kW	76.5	12hrs peak generation
Firm Output	kW	36.4	97%(355days) Firm Output
Annual Energy Production	MWh	1,253	
Construction Cost (A)	US\$	4,753,517	excl. Interest during Construction
<b>2. Economical Index</b>			
a) Construction Cost per kW	US\$/kW	20,667	
b) construction Cost per kWh	US\$/kWh	3.79	
<b>c) Benefit</b>			
Loss Factor of Effective Output	%	2.9	
Loss Factor of Effective Energy	%	4.9	
Effective Output	kW	35.3	
Effective Energy	Mwh	1,191.2	
kW Value	US\$/kW	146.4	
kWh Value	US\$/kWh	0.062	
Benefirt of kW	US\$	5,174	
Benefit of kWh	US\$	73,856	
Total Annual Benefit (B)	US\$	79,030	
<b>d) Cost</b>			
Capita Recovery Factor : CRF	%	8.174	$CRF = 0.08(1+0.08)^{50} / \{(1-0.08)^{50}-1\} = 0.08174$
O & M Cost	%	1.000	
Total Annual Cost (C-1)	US\$	436,088	incl. Capital recovery cost
Total Annual Cost (C-2)	US\$	47,535	excl. Capital recovery cost
<b>c) Benefit Cost Ratio : (B) / (C-1)</b>			
		0.181	
<b>Benefit Coct Ratio : (B) / (C-2)</b>			
		1.663	
<b>d) Benefit - Cost : (B)-(C-1)</b>			
	US\$	-357,057	
<b>Benefit - Cost : (B)-(C-2)</b>			
	US\$	31,495	
<b>e) Justifiable Investment Cost</b>			
	US\$	861,459	$(B)/(0.0874)-0.01$
<b>f) Necessary Aid Fund</b>			
	US\$	3,892,058	$(A)-\{(B)/(0.08174-0.01)\}$

Table 14-2 Balance Sheet of EMAE  
(Unit : Million Dobra)

	<u>1992</u>	<u>1993</u>	<u>1994</u>
<u>Assets</u>			
Cash & Deposit	130	97	275
Account Receivable	221	435	819
Other Liquid Asset		11	930
Adjustmen account	69	116	426
Exploitation Fund	44	88	527
Fixed Asset	2,887	3,725	10,684
Building	883	1,192	4,699
Other Construct.	644	916	2,171
Transportation Equipment	44	70	136
Machenery/Equip.	1,307	1,547	3,422
(Asset Total)	3,342	4,471	12,957
<u>Liabilities</u>			
Account Payable	281	337	522
Domestic	25	106	39
Foreign	256	231	483
Adjustment Account	14	22	95
Clients Deposit	19	25	40
Provision for Risk/Charge	0	0	222
(Liability Total)	314	376	880
Subsidy for Equipkment	508	1,317	5,473
<u>Capital Account</u>			
Total	2,519	2,770	6,604
Paid-in Capital	364	179	368
Reserve for Revaluation	2,244	2,705	6,096
Reserve accumulated	0	-90	-114
Net Income for year	-90	-24	254
(Liability/Capital Total)	3,342	4,471	12,957

Table 14-3 Profit & Loss Statement of EMAE  
(Unit : Million Dobra)

	1992	1993	1994
<u>Revenue</u>	465	693	1,681
Energy	421	635	1,579
Water	28	28	46
Others	17	30	57
<u>Expenditure</u>	861	1,076	1,758
Oil	363	335	685
Spare Parts	125	203	213
Transportation	30	24	41
Technical Services	0	54	136
Management Services	330	458	676
<u>Operating Profit</u>	-396	-383	-76
<u>Non-Operating Revenue</u>	281	751	1,256
Complementary Tariff	0	299	0
Subsidy from Government	278	352	1,016
Subsidy from France	6	20	17
Others	6	20	17
<u>Non-Operating Expenditure</u>	97	139	246
Personnel Expense	90	138	217
Others			
<u>Curent Profit</u>	-209	229	933
<u>Financial/Subventionary Track</u>	-37	-296	-750
Exchange Grain	11	50	95
Subsidy for Amortization	183	0	0
Recover/Amortization Sub	41	74	317
Exchange Loss	-11	-37	-65
Amortization	-225	-321	-865
Provision for Exch. Loss	0	0	-222
Credit Loss Provision	-37	-62	-11
<u>Other Revenue</u>	3,524	1,899	9,694
Recovery of Reval. Reserve	3,236	1,679	9,378
<u>Other Expenditure</u>	3,368	1,856	9,622
Extraordinary Amortization	3,236	1,670	9,379
<u>Net Income</u>	-90	-24	254

Table 14-4 Trend of subsidies provided for Fixed Assets

	Currency Subsidy	Unit	Total	Building	Other Constr.	Transp. Equipment	Machinery Equipment
1993	Dbr	Million	3,725	1,192	916	70	1,547
	FFR	Thousand	41,467	13,270	10,195	776	17,225
	Subsideze	Million Dbr	1,294	50	481	58	706
	% subsid.	% subsid.	34.7%	4.2%	52.5%	83.3%	45.6%
	Dbr	Million	703	59	116	28	500
1994	Subsideze	Million Dbr	677	50	116	23	487
	% subsid.	% subsid.	96.3%	85.2%	100.0%	85.1%	97.4%
	Dbr	Million	10,684	4,812	2,171	278	3,422
	FFR	Thousand	47,347	21,324	9,623	1,230	15,166
	Subsideze	Million Dbr	5,251	2,073	1,176	228	1,774
	% subsid.	% subsid.	49.1%	43.1%	54.2%	82.0%	51.8%
Installed in the year	Dbr	Million	2,341	2,014	0	146	181
	Subsideze	Million Dbr	2,278	1,965	0	109	177
	% subsid.	% subsid.	97.3%	97.6%	-	75.0%	97.6%

Table 14-5 Sensitivity Analysis --- FIRR for 35 years

(Unit : %)

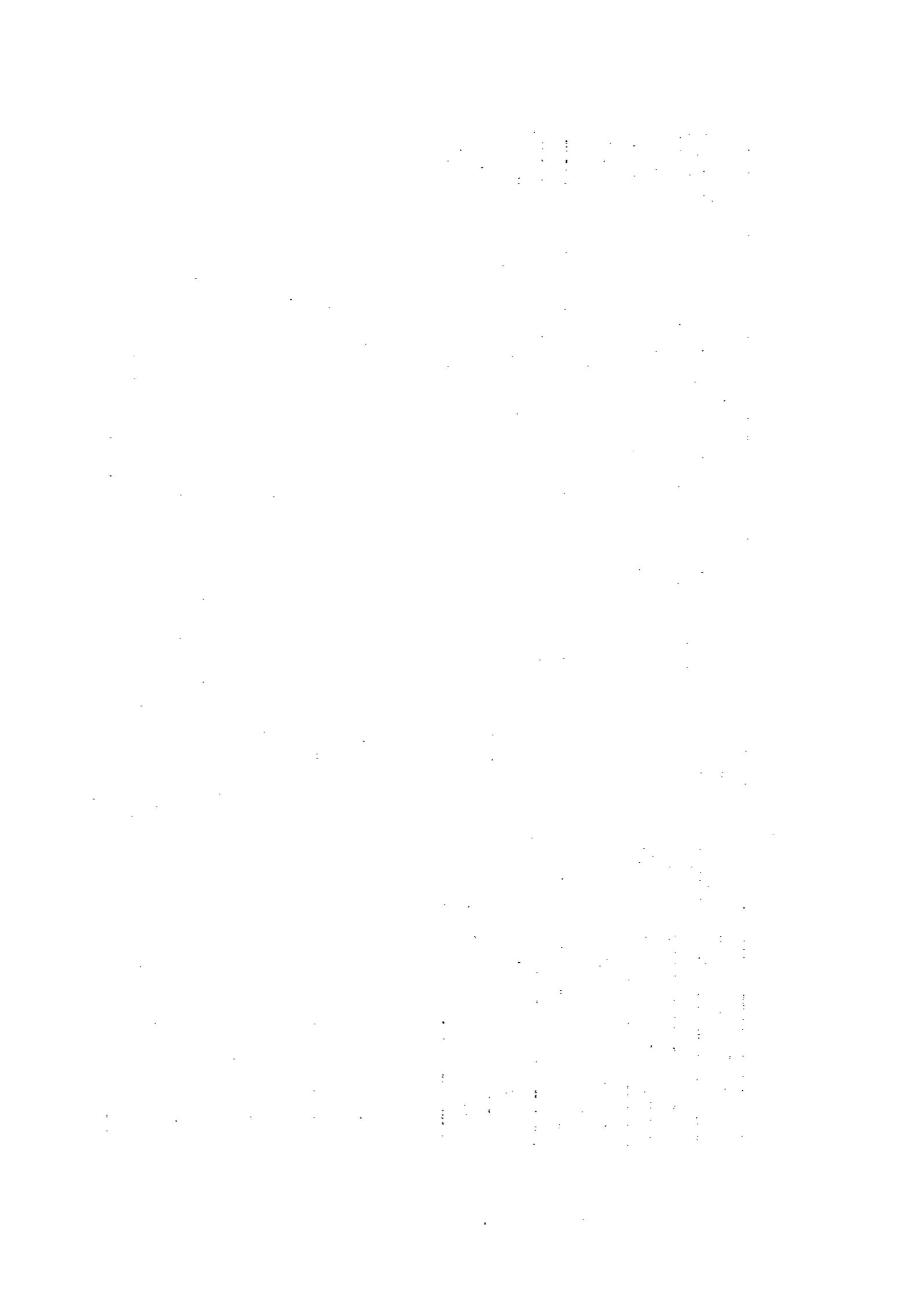
E.M.A.E 負担率	電気料金 (c/kWh)													
	15c/kWh	14c/kWh	13c/kWh	12c/kWh	11c/kWh	10c/kWh	9c/kWh	8c/kWh	7c/kWh	6c/kWh	5c/kWh	4c/kWh	3c/kWh	2c/kWh
5%	28.10	25.45	22.79	20.09	17.36	14.57	11.67	8.39	4.13					
6%	23.87	21.64	19.38	17.10	14.77	12.37	9.82	6.74	2.83					
7%	20.81	18.87	16.91	14.91	12.87	10.75	8.31	5.38	1.86					
8%	18.49	16.76	15.302	13.24	11.40	9.41	7.09	4.30	1.10					
9%	16.65	15.10	13.52	11.90	10.21	8.27	6.05	3.42	0.49					
10%	15.17	13.75	12.30	10.81	9.16	7.30	5.14	2.70	-0.02					
15%	10.51	9.41	8.21	6.92	5.46	3.89	2.21	0.39	-1.61					
20%	7.71	6.73	5.63	4.46	3.24	1.95	0.59	-0.87	-2.45					
50%	0.95	0.38	-0.19	-0.79	-1.40	-2.04	-2.70	-3.37	-4.08					
100%	-1.90	-2.23	-2.55	-2.89	-3.23	-3.57	-3.93	-4.29	-4.65					

Financial Summary

(Unit : US\$)

EMA E 負担率	100%	50%	20%	15%	15%	15%	7%	5%
電気料金	15c/kWh	15c/kWh	15c/kWh	15c/kWh	15c/kWh	10c/kWh	10c/kWh	10c/kWh
F I R R	-1.90%	0.95%	7.71%	10.51%	3.89%	10.75%	14.75%	
借入金	4,754,000	2,377,000	950,800	713,100	713,100	332,780	237,700	
税引前利益	-435,057	-175,547	-19,841	6,110	-37,731	3,791	14,170	
税引後利益	-435,057	-175,547	-19,841	4,277	-37,731	2,653	9,920	
R O E 税引前	-9.15%	-7.39%	-20.9%	0.86%	-2.29%	1.14%	5.96%	
R O E 税引後	-9.15%	-7.39%	-2.09%	0.60%	-5.29%	0.80%	4.17%	
現金収支単年	-296,357	-106,197	7,899	25,082	-16,926	12,362	16,855	
現金収支累計	-1968,302	-732,262	9,362	130,525	-130,080	64,857	94,473	
借入金返済年	237,700	118,850	47,540	35,655	35,655	16,639	11,885	

税引前利益から現金収支累計までの数字は借入金返済が開始される前年の繰上開始後6年目の数字である。









JICA