

ペルー共和国

リマ市南部下水道整備計画調査

最終報告書  
(要約)

平成2年3月

国際協力事業団



JICA LIBRARY



1082736181

21220



ペルー共和国

リマ市南部下水道整備計画調査

最終報告書

(要約)

平成2年3月

国際協力事業団

国際協力事業団

21220

## 序 文

日本国政府は、ペルー共和国政府の要請に基づき、同国のリマ市南部下水道整備計画に係る開発調査を行うことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施した。

当事業団は、1989年4月より6月まで、および同年10月より11月まで、日本上下水道設計株式会社 入江 紘 氏を団長とする調査団を現地に派遣した。

調査団は、ペルー国政府関係者と協議を行うとともに、プロジェクト・サイト調査を実施し、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなった。

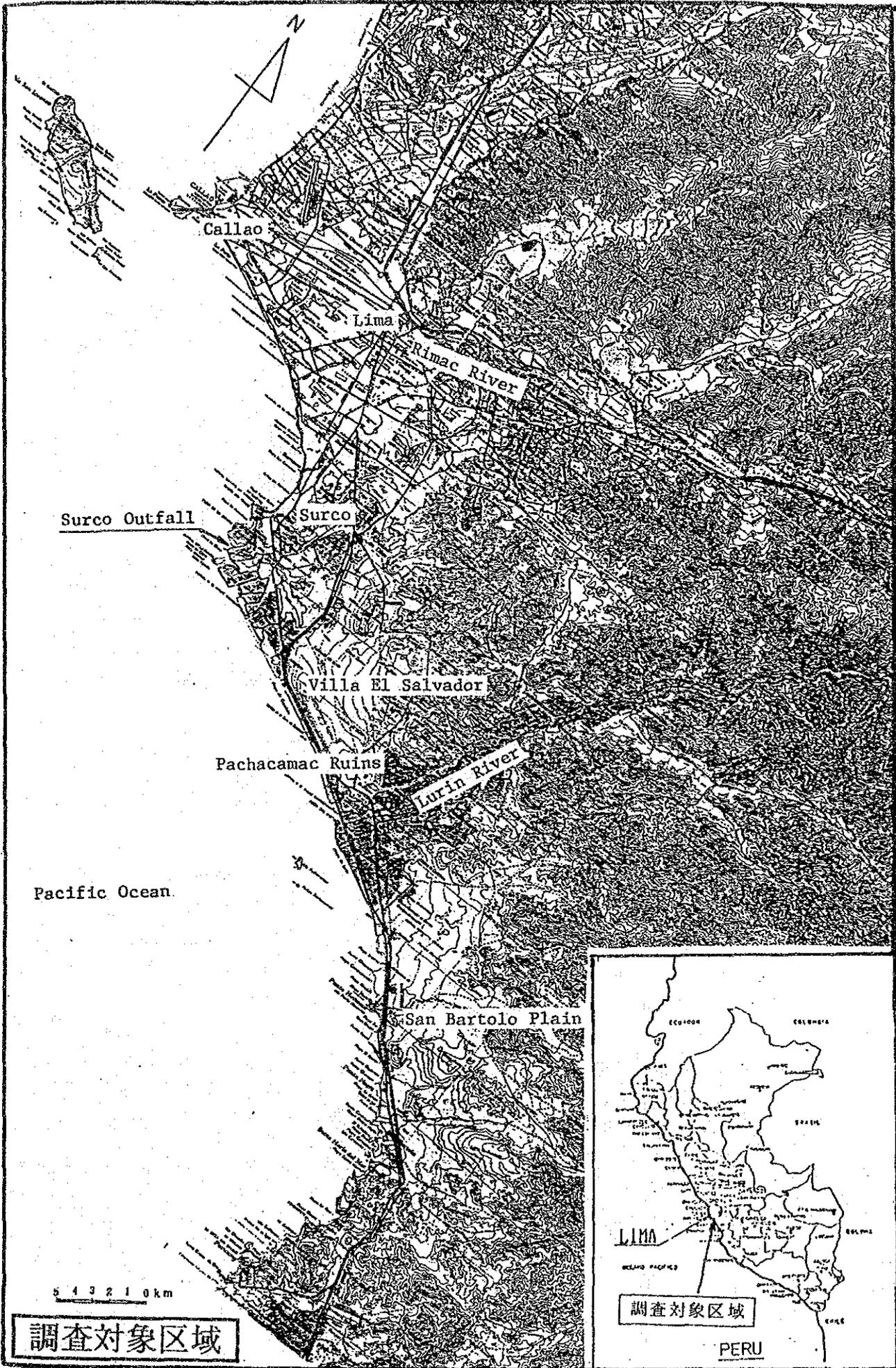
本報告書が、本計画の推進に寄与するとともに、ひいては両国の友好親善の一層の発展に役立つことを願うものである。

終りに、本件調査に御協力と御支援をいただいた両国の関係各位に対し、心より感謝の意を表するものである。

1990年3月

国際協力事業団  
総裁 柳谷謙介





調査対象区域

調査対象区域

PERU



# 要 約

序文  
調査対象区域図  
目次

## 目 次

	頁
S. 1 序論.....	1
S. 1. 1 本計画の背景.....	1
S. 1. 2 調査の目的.....	1
S. 1. 3 調査範囲.....	2
S. 2 調査対象区域の概況.....	3
S. 2. 1 リマ首都圏の略歴.....	3
S. 2. 2 自然状況.....	3
S. 2. 3 経済.....	4
S. 2. 4 公衆衛生の状況.....	5
S. 2. 5 エネルギー供給.....	5
S. 2. 6 リマ首都圏の水供給システム.....	6
S. 2. 7 他の社会基盤施設.....	6
S. 3 既存下水道システム.....	9
S. 3. 1 下水道基本計画.....	9
S. 3. 2 下水管網.....	9
S. 3. 3 汚水中継ポンプ場.....	12
S. 3. 4 下水処理場.....	13
S. 4 人 口.....	15
S. 4. 1 過去の人口の推移.....	15
S. 4. 2 将来人口の予測.....	15
S. 4. 3 Surco排水区内の予測人口.....	17

	頁
S. 5 流入下水量と水質.....	21
S. 5. 1 現在の下水流量.....	21
S. 5. 1. 1 Surco放流渠の流量測定.....	21
S. 5. 1. 2 取水点での流量.....	24
S. 5. 2 将来下水量.....	26
S. 5. 2. 1 Surco放流渠.....	26
S. 5. 2. 2 取水点.....	26
S. 5. 3 下水の現況水質.....	27
S. 5. 3. 1 生物化学的酸素要求量 (BOD)および浮遊物質(SS).....	27
S. 5. 3. 2 重金属.....	28
S. 5. 4 将来下水の水質.....	29
S. 6 代替案.....	31
S. 6. 1 計画の前提.....	31
S. 6. 2 代替案の概要.....	34
S. 6. 2. 1 代替案—A (揚水+自然流下).....	34
S. 6. 2. 2 代替案—B (自然流下).....	35
S. 6. 2. 3 代替案—C (自然流下+揚水).....	35
S. 6. 2. 4 代替案—D (自然流下+揚水).....	35
S. 6. 2. 5 代替案—E (自然流下).....	35
S. 6. 3 計画下水量のまとめ.....	35
S. 7 代替案の予備設計.....	43
S. 7. 1 取水施設.....	43
S. 7. 2 送水施設.....	46
S. 7. 3 沈砂池およびポンプ施設.....	49
S. 7. 3. 1 沈砂池施設.....	49
S. 7. 3. 2 ポンプ施設.....	50
S. 7. 4 下水処理施設.....	50
S. 7. 5 代替案の評価.....	52
S. 7. 5. 1 建設費用.....	52
S. 7. 5. 2 維持管理費用.....	53
S. 7. 5. 3 技術的評価.....	53
S. 7. 5. 4 最適代替案の選定.....	55

	頁
S. 8 CHIRA海岸の汚染状況解析.....	57
S. 8. 1 序論.....	57
S. 8. 2 海水汚染の現況.....	57
S. 8. 2. 1 細菌.....	57
S. 8. 2. 2 重金属.....	61
S. 8. 3 シミュレーションの結果.....	61
S. 8. 4 結論.....	62
S. 9 事業評価.....	65
S. 9. 1 実施計画.....	65
S. 9. 1. 1 実施工程.....	65
S. 9. 1. 2 事業投資計画.....	65
S. 9. 2 組織・運営.....	67
S. 9. 3 財務分析.....	67
S. 9. 3. 1 財務現況.....	67
S. 9. 3. 2 資金計画.....	67
S. 9. 3. 3 資金計画代替案.....	67
S. 9. 3. 4 収入予想.....	69
S. 9. 3. 5 本事業の経営総経費.....	70
S. 9. 3. 6 資金繰表.....	70
S. 9. 4 経済分析.....	71
S. 9. 4. 1 経済便益.....	71
S. 9. 4. 2 経済費用.....	72
S. 9. 4. 3 経済分析.....	72
S. 9. 5 感度分析.....	74
S. 9. 6 事業の有効性評価.....	74
S. 10 結論および提言.....	75
S. 10. 1 結論.....	75
S. 10. 2 提言.....	79

## 表 一 覧

表番号		頁
S-1	下水幹線別排水面積.....	10
S-2	汚水中継ポンプ場.....	12
S-3	各行政区ごとの推定人口.....	16
S-4	Surco排水区域内の予測人口.....	18
S-5	Surco排水区域内の各行政区別予測人口.....	19
S-6	Surco放流渠の下水流量測定結果.....	23
S-7	家庭下水量(1989年).....	24
S-8	三取水点における下水流量測定結果.....	25
S-9	家庭下水量(2000年).....	26
S-10	各取水点における下水量.....	27
S-11	下水の現況水質.....	27
S-12	下水幹線の現況水質.....	28
S-13	幹線における生下水中の重金属.....	28
S-14	各代替案計画下水量.....	42
S-15	計画取水量.....	43
S-16	各代替案の計画処理施設の設計流量.....	51
S-17	酸化池方式設計基準.....	51
S-18	曝気ラグーン方式設計基準.....	52
S-19	各代替案建設費.....	52
S-20	各代替案の維持管理費.....	53
S-21	各代替案の技術的評価.....	54
S-22	各代替案の建設費、維持管理費、技術的評価の比較.....	55
S-23	海水の殺菌試験分析結果.....	59
S-24	主要下水幹線細菌試験分析結果.....	60
S-25	Surco放流口からの計画平均流出量.....	61
S-26	事業費概要.....	65
S-27	事業支出計画.....	69
S-28	下水道料金収入.....	70
S-29	経済便益.....	72
S-30	経済便益・費用.....	73

## 図 一 覧

図番号		頁
S-1	既存下水道施設.....	1 1
S-2	下水量測定地点.....	2 2
S-3	各代替案の概略.....	3 2
S-4	各代替案配置計画.....	3 3
S-5	代替案-A (ポンプ施設+自然流下).....	3 6
S-6	代替案-B (自然流下).....	3 7
S-7	代替案-C (自然流下+ポンプ施設).....	3 8
S-8	代替案-D (自然流下+ポンプ施設).....	4 0
S-9	代替案-E (自然流下).....	4 1
S-10	下水取水地点.....	4 4
S-11	取水施設の概要.....	4 5
S-12	代替案-E <sub>1</sub> (導水管布設平面図と縦断面図).....	4 7
S-13	矩形式沈砂池の概要.....	4 9
S-14	採水地点.....	5 8
S-15	シミュレーションの結果.....	6 3
S-16	実施計画.....	6 6







## 要 約

### S. 1 序論

#### S. 1. 1 本計画の背景

リマ市の下水道システムは、総延長 6,000km に及ぶ下水管網、約 30ヶ所の汚水中継ポンプ場、および合わせて 0.4 m<sup>3</sup>/秒の処理能力を持つ下水処理場等から構成されている。1985年の調査では、リマ市は家庭汚水と工場排水合わせて 16m<sup>3</sup>/秒の下水を排出しており、したがって、残余の大量の下水は何ら処理されることなく海洋へ排出されていることになる。その結果、リマ市の海岸一帯は著しく汚染され、重大な社会問題を引き起こしており、ペルー国政府は緊急に取組むべき問題であると閣議決定をした。

現在、下水処理水は、農林業用灌漑用水に利用されており、最近では水産養殖への利用実験が試みられている。いくつかの地域では、禁じられているにも関わらず農作物への生下水の再利用も行われている。リマ市内の公園では、時折、下水道をせきとめ溢水させて芝生や樹木に水を供給することが行われている。公園の緑化による環境への貢献は、実際的なものであり、下水の灌漑への再利用の強力なる論拠となる。しかし生下水は農民とその灌漑による農作物の消費者への潜在的な健康障害をおこすものとなるため、灌漑への下水利用に際しては、望ましい程度まで処理することが必要である。

このような状況から、1986年8月、ペルー国政府は、日本政府の協力による下水道改善事業の実施の可能性について最初の照会を行なった。1988年9月、ペルー国政府は環境状況の改善を目的とするリマ市南部下水道整備計画に関して委託条項(Terms of Reference)を添え、日本国政府に正式に要請書を提出した。その要請に対し日本国政府は当該計画のフィージビリティ調査を実施することを決定し、国際協力事業団(以下 JICA という)を通じて事前調査団を1988年11月末から12月初めまで派遣した。既存下水道システムの問題に関する調査が本調査のカウンターパート機関であるリマ上下水道公社(以下 SEDAPAL という)と協力して行われ、本調査の業務範囲(Scope of Work)が JICA 調査団と SEDAPAL との間で、1988年12月7日に合意された。

#### S. 1. 2 調査の目的

ペルー国政府の要請内容に基づけば、本調査の目的は、i) 既存下水道システムの改善及び下水処理場の建設計画に係るフィージビリティ調査の実施、そして、ii) 調査活動を通じて関連技術をペルー国側へ移転することである。

### S. 1. 3 調査範囲

調査対象区域はリマ市の南部地域であり、特に北に位置する Surco幹線の中流及び他の幹線に建設される取水地点から、南に位置する San Bartolo平原の北側の境界であるPucara溪谷までが調査対象区域である。事業の計画目標年次は、西暦2000年である。

調査はペルー国における現地調査と日本国における国内解析から成り、1988年12月7日に合意された合意書及び議事録にしたがい、目的達成のためのいくつかの業務事項を実施した。これらの業務事項は、資料収集と解析、下水の質と量の測定、測量や土質調査等の現場調査、代替案の作成、施設計画・実施計画・組織・維持管理計画等を含めた最適計画の樹立、そして推奨計画の評価である。

## S. 2 調査対象区域の概況



## S. 2 調査対象区域の概況

### S. 2. 1 リマ首都圏の略歴

リマ首都圏は、リマ県とカヤオ憲法県から成る。1535年、リマ県の主要部として発足し、その後、第2次世界大戦中に、隣接するカヤオ憲法県を併合し発展してきた。その人口は、1820年にはリマ県で64,000人であったものが、1989年にはリマ首都圏の人口として600万人を越えるほどに増加してきた。リマ市は近年急速に発展しており、特に南部地区においてはプエブロ・ホーベンと呼ばれる新居住地区が移入者により広い範囲に拡大中である。

### S. 2. 2 自然状況

調査対象地区は、リマ県内41地区のうち16地区にわたっている。その面積はリマ県内2,800km<sup>2</sup>のうち122km<sup>2</sup>を占め、600万人の人口のうち180万人が調査対象地区に居住する。

リマは、Rimac川、Chillon川、そしてLurin川により形成された扇状谷の海岸部に位置し、主要部は海拔40mから200mにわたる高度にある。調査対象区域は主としてRimac川とLurin川の間位置する。川添いの低地を除き、調査地域は海岸から急に立ち上がった崖を持っており、元は砂漠地帯である。地表勾配は川添いの溪谷を除き、海に向かってほぼ5%傾斜している。

三紀層の基底部と四紀以降の表層砂層が調査地域の地質を特色づけている。これらの砂は、河床堆積物、河成堆積物、そして風成堆積物による砂丘から生じている。

リマ首都圏は、北部を貫流するChillon川、市中心部を貫流するRimac川、そして調査地域を貫流するLurin川という3つの川を保有する。Chillon川は主に灌漑に利用されており、2000年における上水源として特に注目されている。Rimac川はリマ首都圏の主要水源であり、灌漑にも利用されている。ルリン川は灌漑にのみ利用されている。

ペルー沖の海域には、フンボルト海流、南赤道海流、赤道反流が有り、相互に影響し合い、まれに海岸部に大量の降雨をもたらしたり、大量のプランクトンを発生したりしており、漁業や海岸部の農産業に、重大な影響を与えている。

地震は、ペルー国において最も多大なる被害を生ずる可能性を持つ唯一の自然災害であり、アンデス地域は最も地震を生ずる地域と考えられているが、リマからは遠く離れているため、大きな災害はなかった。多くの土石流の痕跡のあるSan Bartolo平原を除き、調査地域内では土石流

や地滑りの記録はない。

リマの気候は砂漠気候に属する。フンボルト寒流の影響により、湿度は高く気温は同緯度にあるブラジルよりも低い。年平均相対湿度は80%以上であり、月平均相対湿度は60%から95%の範囲にある。月平均気温は12.7℃から28.9℃の間で変化し、年平均気温は18℃である。

リマ首都圏の降雨量は、実質的に皆無といえるほど非常に少い。暴風雨や季節風はなく、大気圧と風は年間を通して安定している。年間蒸発散量は1,470mmであり月平均は、70mmから170mmの範囲にある。

日照量は4月に58~60%と最大になり、8月に14~16%と最低になる。

### S. 2. 3 経済

ペルー国の国内総生産（GDP）は、1986年と1987年にそれぞれ9.5%と7.8%の伸びをみせたが、1988年には8.4%の減少となった。1986年と1987年の経済成長は、外貨準備高の減少をもたらした。1988年の経済停滞となった。通貨供給量の増大のため、インフレーション率は、1986年、1987年、1988年にそれぞれ62.9%、114.5%、そして1,722.3%となった。1988年には、農業と水産業部門のみGDPを伸ばしたが、後者は漁獲高を増加させた絶好の海流状況がもたらしたものである。

ペルー国の主要生産物は農業と鉱業よりなりたち、農林業、水産業、鉱業のGDPに占める割合は、1987年においてそれぞれ、10.9%、0.8%、そして10.1%である。工業部門のわずかな伸びを除き、1985年以来ペルー国の産業構造に大きな変化はない。

観光はペルー国の主要な外貨獲得産業である。1987年には、外国人25万人、ペルー人164万人、合計184万人の観光客がリマ首都圏を訪れ、観光産業に393百万米ドルをもたらした。リマの主要観光地には、太平洋岸にあるいくつかの海岸保養地が含まれる。Chira海岸は観光促進地として計画されているが、Surco幹線からの生下水排出が付近の海域を汚染し、大きな社会問題を起こしている。

ペルー国の貿易収支は、1985年に1,172百万米ドルの黒字であったがそれ以降赤字となり、1987年には463百万米ドルという最大の赤字を記録している。

## S. 2. 4 公衆衛生の状況

ペルー国の公衆衛生の状況は、伝染病が毎年多くのペルー人の生命を脅かし続けているように総じて不十分な状態にある。1980年から1988年の9年間を通じて水系伝染病は殆ど同じ水準にあったが、他の伝染病のり患率は、1982年以来着実に上がってきている。ペルー国における水系伝染病は、明らかに非衛生的な水と不適切な下水処理により引き起こされる重大な問題となっている。幼児死亡率は、他の年齢層に比べて9:1と非常に高い。高い幼児死亡率は、予想されるように、病院、病床、医師、看護婦の少ない州でみられる。ペルー国の医療状況は現在も不十分であるが、昨今の経済状態から増々悪化（医薬品の不足が顕著）するものと思われる。

リマにおける幼児死亡率は他の州に比べ低く、栄養状態も他の地域に比べはるかに良いが、1985年から1988年の過去4年間における水系伝染病を含む伝染病のり患率は全国値よりやや高い。チフス、パラチフス、ウィルス性肝炎、そして胃腸炎が水系伝染病や伝染病の中で高いり患率を示している。特に4才以下の年齢層に於いてこれらの病気のり患率が高い。

SEDAPAL 及び Villareal大学の伝染病学教室によるアンケート調査によれば、Surco海岸における海水浴客の皮膚病や類似の病気のり患率と、海浜リクレーション地域の海水汚濁との相関関係が確認されている。

リマの住民は、SEDAPALの給水システム、井戸からの地下水、共同水栓、水売等の多種の経路を経て水を得ている。これらの中で、水槽に一時貯留されるタンク車からの売水と、私有井戸からの水は、伝染病の原因の1つと考えられる。前述したように、生下水の一部は、野菜栽培を含む灌漑に再利用されており、水系伝染病の媒介をしていると思われる。

## S. 2. 5 エネルギー供給

ELECTROPERU が発電、送電、給電についての政策決定をする機関であり、調査対象区域に電力供給している ELECTROLIMAを含めた地域電力会社に電力を供給している。

1986年時点で、全国の41%が電化されている。2000年までに実質的に全国を網羅する電力供給ネットワークの完成が期待されている。

老朽化や種々の理由による機器能力の低下のため、発電施設の実効出力は、設置能力の3/4程度となっている。時折、計画停電が調査対象地域内で行われているが、全市で停電となった例はない。

1987年及び1988年の統計によれば、SEDAPALは、ペルー国内最大の北中部送電網の総最大需要電力量の約1.5%を消費している。曝気ラグーン方式による $1.0\text{m}^3/\text{秒}$ の処理能力を持つ下水処理場は、SEDAPALの消費電力をさらに約8%増加させる。SEDAPALの総支出に占める電力費用の割合は、減価償却のような留保性費用を含めると1.6% (含めないと3.5%)になる。

このようにリマ首都圏の電力不足は明白なため、ポンプ場や処理施設の計画に当たってはELECTROLIMAと協議の上、立案しなくてはならないし、停電に対する用意をしておかなくてはならない。

## S. 2. 6 リマ首都圏の水供給システム

リマ首都圏の飲料水供給源は、Rimac川と井戸である。Rimac川の水はAtarjea浄水場で処理されており、一方、井戸水はSEDAPALの基準に準じ塩素処理されている。SEDAPALの記録によれば、1988年1月から1989年2月までの合計生産量は、平均 $20.5\text{m}^3/\text{秒}$ である。

SEDAPALは現在リマ首都圏650万人のうち約500万人に水を供給しており、77%の普及率となっている。実消費水量と総人口を基にした1人当り平均消費水量は、 $0.244\text{m}^3/\text{人}/\text{日}$ である。無収水量の割合は総供給水量の約13.5%である。

調査対象地域であるSurco排水区への水供給はSEDAPALの管轄下にある。1989年における排水区域内への水供給量は $5.1\text{m}^3/\text{秒}$ であった。

## S. 2. 7 他の社会基盤施設

リマを中心として、陸海空の輸送網がペルー国の主要都市を結んでいる。航空路はリマがあるJorge Chavez国際空港を中心として放射状に伸びている。鉄道はリマの中央駅を通過する貨物輸送に主として使われている。リマ市の中心部と南部地区との間の旅客輸送を主目的とする都市鉄道が現在建設中である。国内で最も重要な高速道路は、海岸沿いに走るパン・アメリカン道路とリマからAndes山脈を横断し内陸部に伸びている中央街道である。海上輸送については、国内外への海上輸送の最大のターミナルであるCallao港がある。

ペルー国の約2,000kmに及ぶ海岸線には多くの漁港や港があり、そのうち15港が主要港として分類されている。Callao港は主要玄関港として、大量の輸出入貨物を取扱っている。水産業に関わる産業が同港周辺に数多く存在している。調査対象地域に近いChorillos港では、リマでの消費のために、多くの生鮮魚を水揚げしている。ペルー国最大の石油精製施設が、Callaoの北方の

Ventanillaにあり、Callao港やJorge Chavez国際空港に燃料を供給している。

調査対象地域内では、周囲の砂漠が、農地や緑地へと開発・転換されつつあり、関係政府機関が広大な緑地を持ついくつかの大公園の建設を行っている。



S. 3 既存下水道システム



## S. 3 既存下水道システム

### S. 3. 1 下水道基本計画

リマの下水道システムの基本計画は当初1945年に策定され、その後、多くの改定が為されてきた。最近では、国際復興開発銀行（IBRD）の資金協力により1981年にリマの上水道、下水道システムの基本計画の全面的改定が為された。関連する事業として、リマ市南部の不毛地域の灌漑への下水の再利用についてのフィージビリティ調査が1985年に行われた。これらの、基本計画やフィージビリティ調査の結果が、本プロジェクトの基礎となっている。

Engineering-Science社により1981年に策定された、下水処理水の再利用に関する調査を含む上水道、下水道システムの基本計画は、リマ首都圏の580km<sup>2</sup>の範囲に及んでいる。計画期間は1981年から2010年までの30年間であり、計画人口は、1980年の500万人から2010年の1,520万人に増加すると予測されている。平均下水量は、1980年の13.8m<sup>3</sup>/秒から31.3m<sup>3</sup>/秒（特別な策を講じた場合）もしくは、36.8m<sup>3</sup>/秒（特別な策を講じない場合）に増大すると予測されている。日最大下水量は日平均下水量の110%とされている。この基本計画の重要な特色は、i) Surco排水システムの流向は変わらないが、河川、海への放流の全てが遮集される、ii) 2000年には、11.2m<sup>3</sup>/秒の下水が、地下水涵養と農緑地の灌漑に再利用される、iii) 再利用されない残余の下水は、一次処理後、海中放流管を通して海中に放流される、iv) 公共下水道に接続されない下水は、2000年に1.8m<sup>3</sup>/秒に達すると見込まれ、それらは酸化池で処理された後、付近の用水路へ放流される、v) 相当な量の管径350mm以上の下水管が布設される。そして、vi) 灌漑のための4m<sup>3</sup>/秒の処理能力をもつ下水処理場と導水システムの建設、である。

灌漑を目的とした下水再利用に関するフィージビリティ調査は、米州開発銀行の資金協力によりTAHAL Consulting Engineers社の手で行われた。当該プロジェクトは、San Bartolo平原にある約5,000haの砂漠の灌漑のために、Surco幹線の下水を処理し、導水しようとするものである。いくつかの代替案を検討した結果、最適案は、i) 2.4m<sup>3</sup>/秒の導水能力を持ち、ii) 3カ所の取水点からSan Bartoloまで埋設管と開渠による自然流下と圧送との混合導水、そしてiii) 付近の空き地と公園における沈澱による一次処理とSan Bartoloにおける曝気ラグーンによる二次処理からなるシステム、であった。取水量と導水ルートを除き、TAHAL社の計画と本プロジェクトの計画は基本的に同一のものである。

### S. 3. 2 下水管網

リマ首都圏の既存下水管網は、リマとCallao全市街地に及んでいるが、他の地区では不十分な

状態である。旧市街地の下水管は老朽化しており、破損がしばしばおきている。下水水量が増加し、下水管の流下能力が不十分なため、街路への溢水が頻繁におきている。現在下水管網の整備事業がリマ市の北部及び南部で進行中である。

図S-1に示されるように公共下水道システムは、7つの排水区から構成される。つまり、Comas、Callao、Costanero、Surco、No.6、San Martin/Rio Bamba、そしてSan Juan de Mirafloresである。これら公共施設の及ばない地区では、工場や商業センターのような大きな事業体が独自の下水道施設を持っている。ポンプが使用されている低地を除き、これらの下水道は自然流下方式である。各排水面積を表S-1に示す。本調査の対象地区であるSurco排水区は、これらの中で最も大きく、Surco幹線に流入する約30の準幹線を持っており、Surco幹線はChiraの付近で海洋に放流されている。

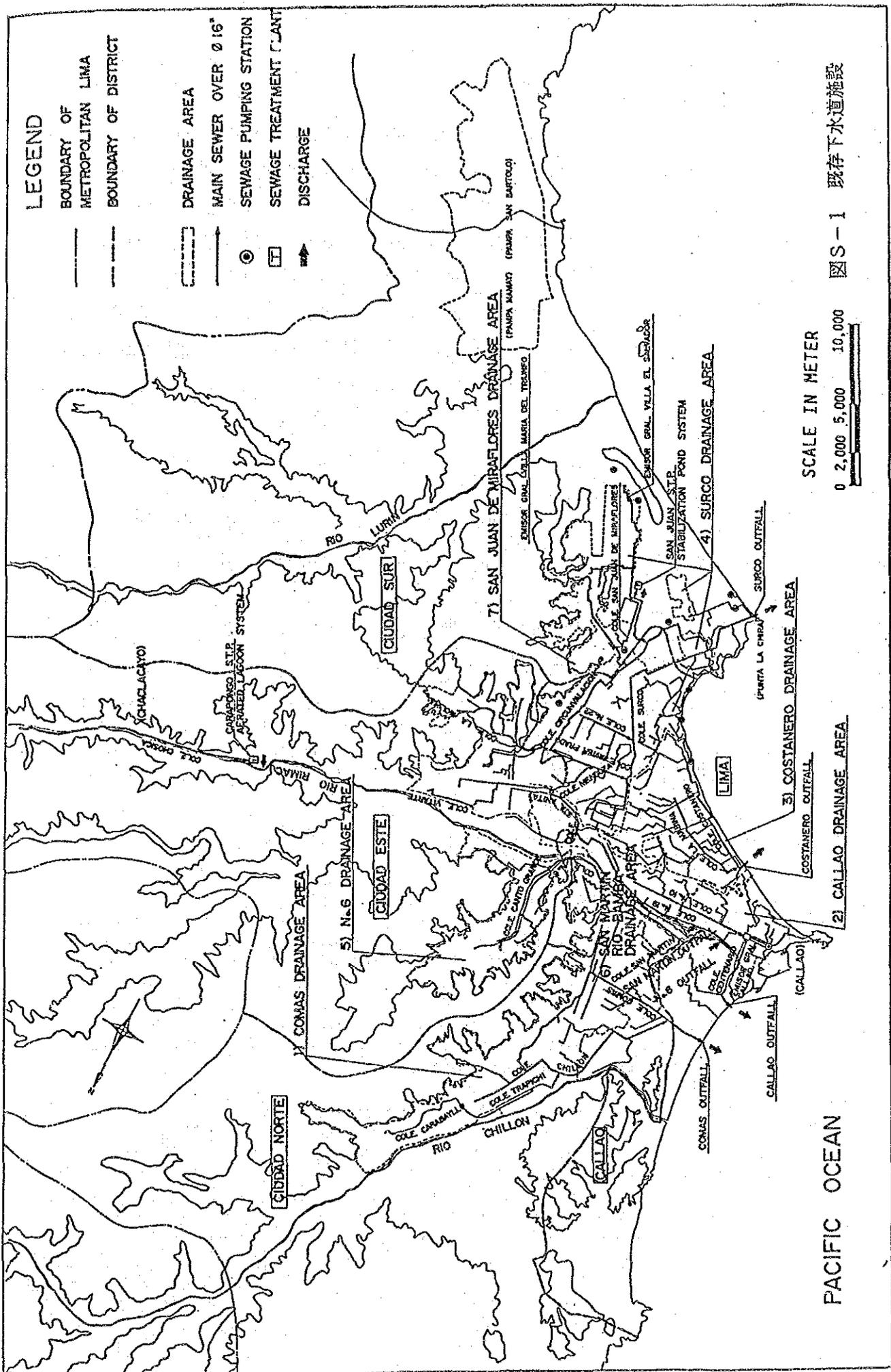
表S-1 下水幹線別排水面積

NAME	DRAIN AREA (ha)	MAIN SEWER	DIA. (mm)	LENGTH (m)	CAPACITY (m <sup>3</sup> /sec)	DISCHARGE (1988) daily avg. (m <sup>3</sup> /sec)	REMARKS	
Comas	4,000	Colector	1,200	64,452	4.00	1.700		
		Comas	- 350					(1.70)
Callao	5,100	Colector	1,300	61,050	6.27	3.016		
		Centenario	- 350					(3.70)
Costanero	4,000	Colector	1,300	63,350	4.34	3.038		
		Costanero	- 350					(3.30)
Surco	11,900	Colector	2,100	144,091	10.77	4.770	Disc. 5.359 (1989)	
		Surco	- 350					(5.70)
No.6	2,300	Colector	1,500	34,221	4.60	1.530		
		No.6	- 350					
San Martin Rio Bamba	700	Colector	900	11,106	0.32	0.280	2 outfalls	
		Conde Villa	- 350					0.210
		Zarumilla						
San Juan	800	Colector	700	5,730	0.38	-	Disc. 0.275 (1989)	
		San Juan	- 350					
TOTAL	28,800	-	-	384,000	-	-		

Source: SEDAPAL Measuring Date: 9/23/1988, June/1989

\* Values in parenthesis are estimated.

私有井戸からの揚水量のうち半分が公共下水道に排出されると想定されている。最近のSEDAPALの調査によれば、Surco排水区域内に249の工場があり、0.32m<sup>3</sup>/秒の工場排水を排出している。



**LEGEND**

- BOUNDARY OF METROPOLITAN LIMA
- - - BOUNDARY OF DISTRICT
- - - DRAINAGE AREA
- MAIN SEWER OVER Ø 16"
- SEWAGE PUMPING STATION
- SEWAGE TREATMENT PLANT
- DISCHARGE

SCALE IN METER  
 0 2,000 5,000 10,000

PACIFIC OCEAN

図 S-1 既存下水道施設

### S. 3. 3 汚水中継ポンプ場

幹線へ自然流下できない低地の枝線において約30カ所の汚水中継ポンプ場が設置されている。これらのポンプ場の概略を表S-2に示す。他にいくつかのポンプ場が建設中である。これらのポンプ場では、小規模なものは水中ポンプ、中・大規模のものでは、立軸遠心ポンプが使われている。原則として自動運転方式となっているが、故障によりしばしば手動運転がなされている。流量測定機器が無いため、吐出量はポンプ運転時間により算定される。いくつかのポンプ場では緊急時や停電時のための設備はあるものの、全てのポンプ場は買電により運転されている。立形ポンプを持つポンプ場の多くは手動レーキによるスクリーンを備えているが、沈砂池は設置していない。

表S-2 汚水中継ポンプ場一覧

No.	Name	District	Design Flow Rate (l/s)	Capacity of Pump (φ)	Total Electrical Capacity (kW)	Installed Year	Remarks
1	M. de la Marina	Miraflores	300	200 x 150 150 x 80	1/s 2sets 1/s 1set	113	1983 operation
2	B. Baños de Barranco	Barranco	50	100 x 25	1/s 3sets	54	1983 operation
3	Domosola	Miraflores				3	
4	Malacon Armendariz	Miraflores				75	
5	Malacon Iglesias	Chorrillos	40	125 x 40	1/s 2sets	18	1985 operation
6	Matellini	Chorrillos	25	100 x 25	1/s 2sets	22	operation
7	G.C. La Laguna 1	La Molina		80 x 100 x	1/s 1set 1/s 1set	24	operation
8	Los Alamos	Surco					
9	San J. de Miraflores	Sn.J.de Miraf.				150	
10	Canto Grande	Canto Grande Parque El Bosque					
11	Pro	Sn.M.de Porras					
12	Cocharacas	Chorrillos		100 x	1/s 2sets	90	operation
13	Sta. Leonor	Chorrillos		80 x	1/s 2sets	8	operation
14	Laguna de la Molina	La Molina		80 x	1/s 2sets	3	operation
15	Jose Olaya	Surco		80 x	1/s 1set	2	operation
16	Marbella del Mar	Magdalena					
17	Cedros de Villa	Chorrillos	270	200 x 90	1/s 3sets	111	1986 operation
18	S.Ignacio de Loyola	Sn.J.de Miraf.		80 x	1/s 2sets	4	operation
19	Camara Unica del Callao	Callao	948	300 x 316	1/s 4sets	450	1954 operation
20	Camara No.2	V.El Salvador	30	100 x 15	1/s 3sets	41	1983 operation
21	Camara No.3	Lurin	15	100 x 15	1/s 1set	9	operation
22	Camara No.4, Pachacamac	V.El Salvador	100	150 x 50	1/s 3sets	165	1984 operation
23	Camara No.5	Virgen de Lourdes	12	100 x 12	1/s 2sets	18	operation

Source: SEDAPAL

### 5. 3. 4 下水処理場

リマ首都圏内の下水処理施設には、現在、San Juan下水処理場、Carapongo下水処理場、そしていくつかの酸化池がある。

San Juan下水処理場は調査対象地域であるリマ南部地域にあり、通性池方式により処理している。処理水は灌漑に再利用されている。同処理場は下水処理に関する各種実験・調査の南米における中心的な存在となっている。処理施設は22.1haの総面積（一次 8.9ha、二次13.2ha）を持つ2段階の通性池である。San Juan下水処理場について多くの報告書が、汎米衛生工学環境科学センター（CEPIS）により作成されており、設計手法、寄生虫やバクテリアの除去等の事項について有用なデータや情報を提供している。例えば、あるレポートは、San Juan下水処理場で行われた長期間の研究の結果、ペルー国の気候における一次池のBOD面積負荷は400kg-BOD/ha/日以下にすべきと提言している。一方、高BOD負荷の状態での運転は既に経験されており、特に気温の低い冬季において、一次池からの強い悪臭の発生をおこしている。堆積、汚泥の除去は、一次池においては5年に1度、二次池においては7年に1度行われている。

Carapongo 下水処理場は、リマから Rimac川沿いに20km上流にある Chosica地区とChacracayo地区から排出される下水を処理している。設計処理能力は24,000m<sup>3</sup>/日であるが、そのうち半分の施設が既に完成している。処理法は曝気ラグーン方式が採用されており、将来の拡張に対してはオキシデーション・ディッチ方式の採用が予定されている。下水処理場は、沈砂池、通性曝気ラグーン、沈殿池、そして塩素混和池から構成されている。設計流入水質は、BOD<sub>5</sub>、SSともに200mg/lである。運転初期における藻類の異常発生や上流池における汚泥の大量堆積があるものの、現在は良好な運転状態にある。

San Juan下水処理場の他に、リマ市南部地区には既設の下水酸化池が3カ所あり、いずれも処理水を灌漑に再利用している。さらに、1カ所が建設中であり、1カ所が計画段階にある。



S. 4 人口



## S. 4 人口

### S. 4. 1 過去の人口の推移

国立統計研究所（INE）による1940年、1961年、1972年、そして1981年の国勢調査の修正値を表S-3に示す。同表に示されるように、ペルー国の人口は、それぞれ約708万人、1,022万人、1,395万人、そして1,775万人であり、リマ首都圏ではそれぞれ65万人、236万人、そして484万人である。

表S-3は1940年から1961年にかけて、地方からリマへの大量の人口流入を示している。この傾向は現在まで続いているが、市の周辺部やプロプロ・ホーベンを除いては、その率は減少しつつある。

### S. 4. 2 将来人口の予測

これまでに SEDAPAL、INE、Engineering-Science社、そしてTAHAL Consulting Engineers社を含め様々な機関がリマ首都圏の人口予測をしてきている。これらの人口推計の基礎資料は1981年を最新のものとする過去の国勢調査記録である。これらの予測人口は、予測時には有効であったと思われるが、最後の国勢調査から経過年数や、1981年から現在までの明らかに異常な人口増加を考慮すると、現状では信頼できるものではなくなっている。そこで、ロジスティック曲線、べき曲線、等比曲線という3種類の数学的手法を用いて、過去3回の国勢調査結果を基に将来人口を予測した。

解析結果は相互およびINEの予測数値と比較検討され、最終的に各地区ごとに3種の計算手法による予測値の中間値を本プロジェクトの計画値として採用した。但し、計算された増加率が異常な場合には、適切と思われる他の計算手法による結果を採用した。その結果、リマ首都圏の人口は次のように予測された。

年	人口
1989	5,993,400
1990	6,145,200
1995	6,899,300
2000	7,661,400

上記計算結果において Surco排水区にある16地区1990年の予測人口は、INEの予測人口と殆ど合致している。

表S-3 各行政区ごとの推定人口

DISTRICT	1940	1961 1/	1972	1981 2/
LIMA	276,734	262,400	366,501	390,513
ANCON	1,428	4,000	5,792	8,865
ATE	11,061	80,900	63,235	138,746
BARRANCO	19,162	43,700	50,746	48,907
BRENA	-	102,800	116,031	118,271
CARABAYLLO	12,317	43,500	28,981	55,558
CHACLACAYO	1,160	9,600	22,195	33,243
CHORRILLOS	7,244	33,300	94,088	149,294
CIENEGUILLA	-	1,300	2,628	4,783
COMAS	-	97,400	179,819	297,870
EL AGUSTINO	-	77,100	121,445	176,537
INDEPENDENCIA	-	85,100	113,827	144,918
JESUS MARIA	-	86,600	86,991	87,525
LA MOLINA	-	2,100	6,218	29,786
LA VICTORIA	56,947	201,800	274,735	284,922
LINCE	26,443	84,800	85,878	84,660
LURIGANCHO-CHOSICA	7,731	33,500	53,220	68,542
LURIN	3,817	6,400	13,259	18,104
MAGDALENA DEL MAR	16,574	57,400	58,816	58,437
PUEBLO LIBRE	6,184	70,600	80,864	88,374
MIRAFLORES	46,757	91,100	103,235	108,859
PACHACAMAC	3,711	12,100	4,705	7,134
PUCUSANA	-	1,800	2,941	4,319
PUENTE PIEDRA	2,625	8,600	19,616	35,694
PUNTA HERMOSA	-	300	940	1,063
PUNTA NEGRA	-	400	768	582
RIMAC	58,841	148,600	178,538	194,123
SAN BARTOLO	-	1,000	1,518	3,067
SAN BORJA 3/	-	53,600	68,862	59,270
SAN ISIDRO	9,082	39,000	65,513	72,706
S.J. DE LURIGANCHO	-	23,300	90,393	272,943
S.J. DE MIRAFLORES	-	64,000	110,833	174,426
SAN LUIS	-	8,600	25,072	53,306
SAN MARTIN DE PORRES	-	99,900	239,973	426,010
SAN MIGUEL	4,115	23,900	65,559	104,405
SANTA MARIA DEL MAR	-	100	46	101
SANTA ROSA	-	100	226	518
SANTIAGO DE SURCO	7,397	46,600	69,817	147,105
SURQUILLO	-	23,500	29,792	98,269
VILLA EL SALVADOR 4/	-	-	-	142,567
V.M. DEL TRIUNFO	-	94,800	188,115	187,878
Sub Total (PROV. LIMA)	579,330	2,125,600	3,091,731	4,382,200
CALLAO	72,441	124,600	205,631	270,499
BELLAVISTA	8,580	44,300	41,239	69,148
CARMEN DE LA LEGUA	-	18,300	26,977	39,498
LA PERLA	-	22,000	34,627	48,362
LA PUNTA	3,686	6,100	6,916	6,416
VENTANILLA	-	17,200	17,341	20,177
Sub Total (PROV. CALLAO)	84,707	232,500	332,731	454,100
TOTAL (METRO. LIMA)	664,037	2,358,100	3,424,462	4,836,300
PERU 2/	7,080,000	10,217,500	13,954,700	17,754,800
Proportion of Metro. Lima	9.38%	23.08%	24.54%	27.24%
Average Annual Growth Rate of Lima	6.39%	3.46%	3.95%	
- do - Callao	4.93%	3.31%	3.52%	
- do - M.Lima	6.22%	3.45%	3.91%	
- do - Peru	1.76%	2.87%	2.71%	

1/ SEDAPAL (Adjusted the influence of independence of new districts)

2/ Proyecciones de Poblacion por Años Calendarios  
(Boletin Especial No.10), Dec.1986, INE3/ Summation of a part of Santiago de Surco and Surquillo in  
proportion to belonging area before independence

4/ Adjusted with V. M. del Triunfo

### S. 4. 3 Surco排水区内の予測人口

Surco排水区内の予測人口を、関連する地区の予測人口と面積との相互関係を考慮し表S-4に示すように算出した。同表に示されるように、1989年の推定人口は1,732,500人、2000年の予測人口は2,687,100人となった。この11年間の増加率は55.1%であり、年平均増加率は4.1%である。この増加率はリマ首都圏の他の地区に比較し高いが、これはプエブロ・ホーベンの存在による。

予測された Surco排水区内の人口を、さらに、リマ首都圏下水道整備基本計画に基づき給水サービスの程度に応じて次に示すように区分した。

直接給水高消費グループ - D/S. H  
直接給水低消費グループ - D/S. L  
非直接給水グループ - I. D

それぞれのグループに区分した結果を表S-5に示す。

表 S-4 Surco排水区域内の予測人口

DISTRICT	TOTAL SURCO D.(%) 1/ POP. R. (%) 2/				1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
	AREA (ha)	1989	2000	2000							
LIMA	2,121	2	2	2	8,100	8,200	8,200	8,200	8,300	8,300	8,300
ATE	9,822	8	39	70	81,000	85,400	89,900	94,600	99,400	104,200	109,100
BARRANCO	273	100	100	100	48,100	48,000	47,900	47,900	47,800	47,700	47,700
CHORRILLOS	3,681	25	81	95	159,100	161,800	164,400	166,700	168,900	171,000	172,800
EL AGUSTINO	1,836	19	21	50	102,600	106,100	109,600	113,100	116,600	120,000	123,400
LA MOLINA	4,169	35	60	80	66,400	74,900	84,200	94,300	105,300	117,300	130,100
LA VICTORIA	909	93	93	93	270,900	271,600	272,100	272,800	273,300	273,900	274,400
MIRAFLORES	912	45	45	45	50,900	51,100	51,300	51,600	51,800	52,000	52,200
SAN BORJA	1,046	100	100	100	56,800	56,700	56,500	56,300	56,200	56,100	56,000
SAN ISIDRO	1,007	27	27	27	21,000	21,100	21,200	21,400	21,500	21,700	21,800
S.J. DE MIRAFLORES (SÁN JUAN STP) 3/	2,351 (850)	40 (36)	86 (36)	85 (36)	100,700 (91,000)	114,600 (94,200)	129,300 (97,400)	144,700 (100,600)	161,000 (103,800)	178,000 (107,000)	195,900 (110,100)
SAN LUIS	356	100	100	100	64,100	65,000	65,800	66,500	67,200	67,700	68,200
SANTIAGO DE SURCO	3,493	77	91	95	191,000	200,900	211,200	221,700	232,600	243,700	255,100
SURQUILLO	413	100	100	100	101,200	101,600	101,900	102,100	102,400	102,500	102,700
VILLA EL SALVADOR	3,368	28	78	90	225,900	241,500	257,600	274,100	291,000	308,200	325,800
V.M. DEL TRIUNFO	7,149	18	39	90	275,700	292,200	309,000	326,300	343,800	361,700	379,800
TOTAL	42,906	-	-	-	1,823,500	1,900,700	1,980,100	2,062,300	2,147,100	2,234,000	2,323,300

DISTRICT	1996	1997	1998	1999	2000
ATE	114,200	119,400	124,700	130,100	135,600
BARRANCO	47,600	47,600	47,500	47,500	47,400
CHORRILLOS	174,600	176,300	177,900	179,400	180,900
EL AGUSTINO	126,700	130,000	133,300	136,600	139,700
LA MOLINA	144,100	159,200	175,300	192,700	211,300
LA VICTORIA	275,000	275,600	276,100	276,600	277,100
MIRAFLORES	52,400	52,600	52,800	53,000	53,200
SAN BORJA	55,800	55,700	55,600	55,600	55,500
SAN ISIDRO	21,900	22,100	22,200	22,300	22,400
S.J. DE MIRAFLORES (SÁN JUAN STP) 3/	214,600 (113,300)	234,200 (116,500)	254,800 (119,700)	276,200 (122,900)	298,500 (125,100)
SAN LUIS	68,600	68,900	69,300	69,500	69,800
SANTIAGO DE SURCO	266,800	278,700	290,900	303,300	315,900
SURQUILLO	102,800	102,900	103,000	103,000	103,100
VILLA EL SALVADOR	343,700	362,100	380,700	399,600	419,000
V.M. DEL TRIUNFO	398,400	417,200	436,200	455,600	475,300
TOTAL	2,415,600	2,510,900	2,608,700	2,709,500	2,813,200

Note: 1/ Area collected by Surco Interceptor in each district  
 2/ Ratio of population collected by the Collector Surco in each district. Ratios from 1990 to 1999 are interpolated.  
 3/ Values for S.J. de Miraflores includes those of existing San Juan STP. These are presented in parenthesis.

表 S-5 Surco排水区域内の各行政区別予測人口

NAME OF DISTRICT	1989				2000				RATE OF INCREASE (B/A)
	ESTIMATED		SERVICE LEVEL		PROJECTED		SERVICE LEVEL		
	POPULATION	DS/H	DS/L	ID	POPULATION	DS/H	DS/L	ID	
Lima	8,100	5,240	2,140	720	8,500	5,500	2,250	750	1.05
Ate	81,000	29,960	45,440	5,600	135,600	50,180	75,950	9,470	1.67
Barranco	48,100	26,960	14,450	6,690	47,400	26,560	16,150	4,690	0.99
Chorrillos	159,100	31,720	73,130	54,250	180,900	36,200	126,630	18,070	1.14
El Agustino	102,600	13,480	48,370	40,750	139,700	18,330	107,430	13,940	1.36
La Molina	66,400	59,760	6,640	0	211,300	190,200	21,100	0	3.18
La Victoria	270,900	197,810	46,170	26,920	277,100	202,330	47,220	27,550	1.02
Miraflores	50,900	39,640	11,260	0	53,200	41,440	11,760	0	1.05
San Borja	56,800	29,540	23,290	3,970	55,500	28,860	22,760	3,880	0.98
San Isidro	21,000	17,010	3,990	0	22,400	18,150	4,250	0	1.07
S.J.de Miraflores	100,700	15,110	77,560	8,030	298,500	44,800	229,810	23,890	2.96
(San Juan STP)	(91,000)	(13,600)	(70,120)	(7,280)	(126,100)	(18,840)	(97,170)	(10,090)	(1.39)
San Luis	64,100	34,750	21,070	8,280	69,800	37,840	25,100	6,860	1.09
Santiago de Surco	191,000	80,170	93,610	17,220	315,900	132,680	154,830	28,390	1.65
Surgillo	101,200	61,750	33,330	6,120	103,100	62,900	33,950	6,250	1.02
Villa El Salvador	225,900	2,370	169,370	54,160	419,000	8,450	335,260	75,290	1.85
V.M.del Triunfo	275,700	8,380	237,150	30,170	475,300	14,330	413,490	47,480	1.72
TOTAL	1,823,500	653,650	906,970	262,880	2,813,200	918,750	1,637,940	258,510	1.55
Ratio (%)	100	36	50	14	100	33	58	9	



## S. 5 流入下水量と水質



## S. 5 流入下水量と水質

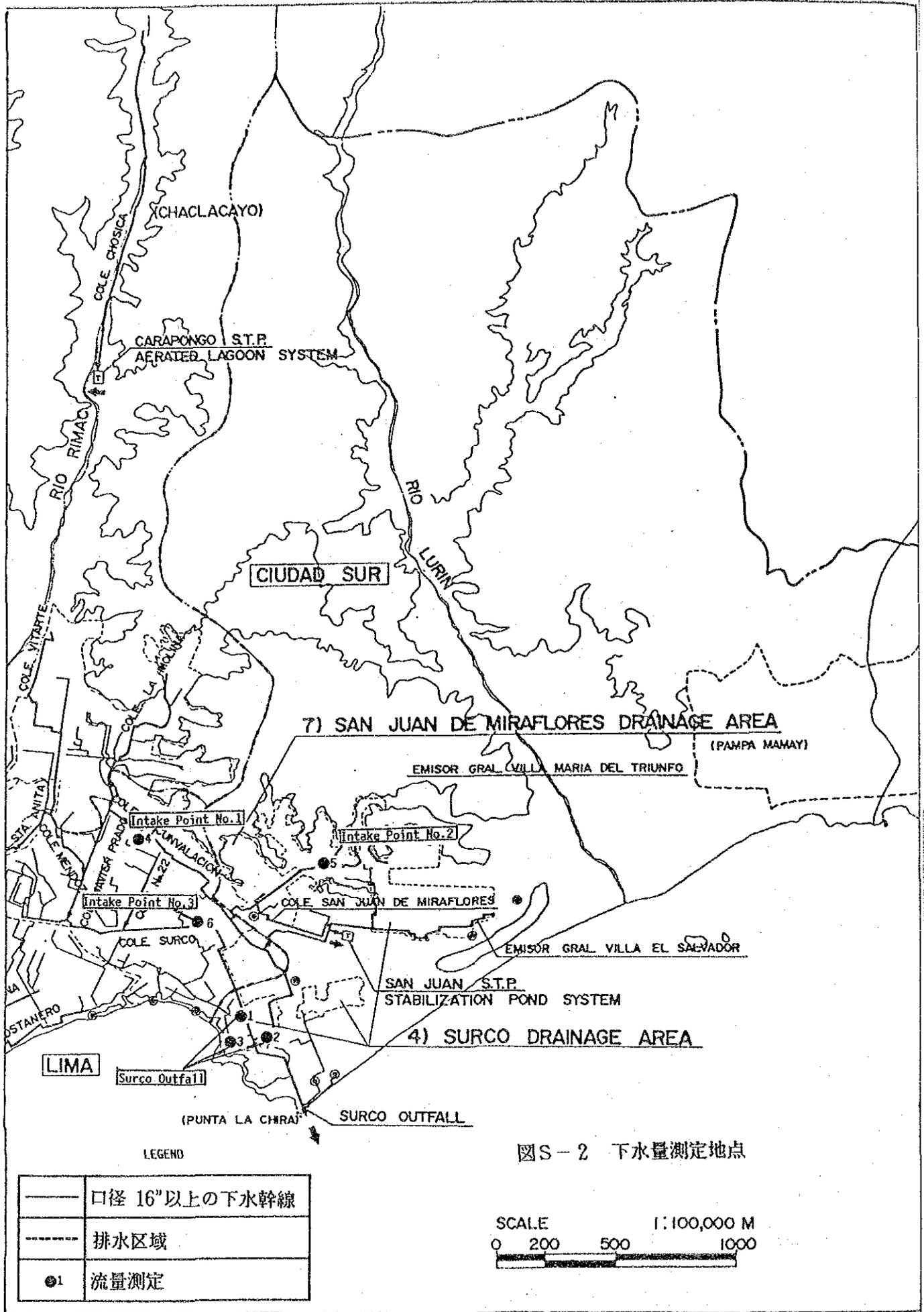
本調査において、Surco放流渠および計画中の3取水点の現況下水量を把握するために流量測定を実施した。この値は、将来人口予測とともに、西暦2000年における下水量と水質を推定するための基礎データとなるものである。この測定は、条件を変えて2度行った。一回目は、Rimac川から分水しているSurco川の取水ゲートが開いている時、二回目はそれが閉の状態にある時である。

なお、流量の測定と同時に、水質試験も処理場の容量を決定するために行った。中でも重金属試験は、灌漑用水としての可能性を確かめるための必要不可欠な調査である。

### S. 5. 1 現在の下水流量

#### S. 5. 1. 1 Surco放流渠の流量測定

下水量の測定は図S-2に示される箇所において2回行われた。Surco放流渠における流量は3幹線(Surco幹線、Circinvalacion幹線、Balnerios del Sur幹線)の合計量と等しいと仮定した。第2回目の測定においては、下水の中に予想される灌漑揚水による影響を減じるために、Surco川の取水ゲートを閉じて行った。測定結果を表S-6に示す。



表S-6 Surco放流渠の下水流量測定結果

(単位:  $\text{m}^3/\text{秒}$ )

1989年5月31日 - 6月1日					
	Suruco	Circun.	B. Sur	Total Q	Rate
最大量	4.929	1.454	0.305	6.569	1.223
平均量	4.058	1.134	0.178	5.370	1
最小量	2.769	0.839	0.082	3.756	0.699
1989年10月19日 - 20日					
	Suruco	Circun.	B. Sur	Total Q	Rate
最大量	4.477	1.612	0.296	6.324	1.274
平均量	3.625	1.157	0.181	4.963	1
最小量	2.313	0.841	0.076	3.240	0.652

## 測定地点および日時

1. Surco : Surco幹線 : 口径1.54m  
 Av. Jr Mejico 270, Surquillo  
 1回目: 1989年5月31日 10:00~6月1日 10:00  
 2回目: 1989年10月19日 8:45~10月20日 8:30
2. Circun: Circunvalacion 幹線 : 口径1.31m  
 Av. Julio Calero 140, Surquillo  
 1回目: 1989年5月31日 10:00~6月1日 10:30  
 2回目: 1989年10月19日 8:45~10月20日 8:30
3. B.Sur: Barnerios del Sur幹線 : 口径0.75m  
 Av. Daniel Portocarrero 264, Surquillo  
 1回目: 1989年5月31日 10:30~6月1日 10:30  
 2回目: 1989年10月19日 8:45~10月20日 8:30

表S-6に示されるように、2回の測定結果の平均流量の差は $0.41\text{ m}^3/\text{秒}$ である。(第1回 $5.370\text{ m}^3/\text{秒}$ 、第2回 $4.963\text{ m}^3/\text{秒}$ ) この差は、使用水量の減少と Surco川からの浸入水に起因すると思われる。つまり約 $0.13\text{ m}^3/\text{秒}$ は Atarjea浄水場からの給水量の記録から推定されるように上水使用量の低下に、そして、残りの $0.28\text{ m}^3/\text{秒}$ はスルコ川からの流量の停止に起因している。

現在(1989年)の平均流量は $5.0\text{ m}^3/\text{秒}$ と推定される。これは本調査で行われた最初の測定値( $5.37\text{ m}^3/\text{秒}$ )と1988年に SEDAPALによって行われたものの測定値( $4.77\text{ m}^3/\text{秒}$ )の平均値である。但し、本調査の第2回目の測定値は上記の理由により計算から除外した。

一日一人当り家庭汚水量を、SEDAPALの設計基準、実際の水道供給量、現況の下水流量と日本の下水道設計指針等を考慮し、水利用者別に次のように推定した。

水利用者	一人一日当り家庭汚水量 (ℓ/人/日)
高消費水道利用者	210
低消費水道利用者	180
間接利用者(買水利用者)	110

上記の前提とそれぞれの利用範疇における推定人口に基づけば、1989年の推定家庭下水量は3.62m<sup>3</sup>/秒であった。

表S-7 家庭下水量(1989年)

利 用 者	一人一日当家庭汚水量 (ℓ/人/日)	計画人口	計画下水量
高消費水道利用者	210	639,600 人	1.555 m <sup>3</sup> /S
低消費水道利用者	180	829,320 人	1.728 m <sup>3</sup> /S
間接利用者(買水利用者)	110	263,520 人	0.336 m <sup>3</sup> /S
計		1,732,500 人	3.619 m <sup>3</sup> /S

前述のように、工場排水量や浸入水量をそれぞれ0.32m<sup>3</sup>/秒、0.28m<sup>3</sup>/秒と推定し、その他排水量は、0.78m<sup>3</sup>/秒とした。

#### S. 5. 1. 2 取水点での流量

表S-8で示されている Surco幹線系統の三つの取水点の流量測定結果より、取水点No.1と取水点No.3における2回の測定値には大きな違いはない。得られた違いは、通常の下水流量的な日変化の範囲内と認められる。一方、取水点No.2における測定値の大きな違いは、他地区への配水切替えによる水道水供給量の急激な変化のためと考えられる。

表S-8 三取水点における下水流量測定結果  
(単位: m<sup>3</sup>/秒)

取水点No 1 Circunvalacion					
		6/06-07		10/24-25	
		流量	率	流量	率
最大量	Qmax	0.6071	1.67	0.6693	1.57
平均量	Qave	0.3632	1	0.4243	1
最小量	Qmin	0.1501	0.41	0.2006	0.41
取水点No 2 Villa Maria					
		6/06-07		10/24-25	
		流量	率	流量	率
最大量	Qmax	0.2222	1.83	0.0827	1.70
平均量	Qave	0.1209	1	0.0486	1
最小量	Qmin	0.0936	0.77	0.0222	0.45
取水点No 3 Sruco					
		6/06-07		10/24-25	
		流量	率	流量	率
最大量	Qmax	3.3469	1.21	3.1344	1.21
平均量	Qave	2.7611	1	2.5751	1
最小量	Qmin	1.5189	0.55	1.5138	0.58

測定地点および日時

1. 取水点 No 1 : Circunvalacion幹線 ;口径 1.3m  
Parque Fundadores, Av. J. de Aliaga, Santiago de Surco  
1回目 : 1989年6月6日 10:45~6月7日 10:30  
2回目 : 1989年10月24日 9:45~10月25日 9:30
2. 取水点 No 2 : Villa Maria del Triunfo幹線  
1回目 Av. Pachacutec 828.口径 1.2m  
: 1989年6月6日 11:15~6月7日 11:00  
2回目 Av. Pachacutec/Jose Carlos Mariategui;口径 0.632m  
: 1989年10月24日 9:30~10月25日 9:15
3. 取水点 No 3 : Surco幹線 ;口径1.25m  
Av. Nueva Tomas Marsano/Jorge Chaves CDA 38  
1回目 : 1989年6月6日 11:00~6月7日 10:45  
(9:30, 9:45, 10:15のデータも用いられている)  
2回目 : 1989年10月24日 9:15~10月25日 9:00

S. 5. 2 将来下水量

S. 5. 2. 1 Surco放流渠

利用者別の1989年一人一日当りの下水量を使って、計算すると、2000年における下水量は5.68 m<sup>3</sup>/秒になる。

表S-9 家庭下水量 (2000年)

利 用 者	一人一日当家庭汚水量 (ℓ/人/日)	計画人口	計画下水量
高消費水道利用者	210	899,290 人	2,186 m <sup>3</sup> /S
低消費水道利用者	180	1,507,860 人	3,142 m <sup>3</sup> /S
間接利用者 (買水利用者)	110	279,950 人	0,356 m <sup>3</sup> /S
計		2,687,100 人	5,684 m <sup>3</sup> /S

工場排水は1989年の排水量から10%増加すると推定し0.36 m<sup>3</sup>/秒とし、その他の排水量は、現在量の60%に減少すると考えると0.47 m<sup>3</sup>/秒となる。ゆえに、2000年における総下水量を6.50 m<sup>3</sup>/秒と推定する。

S. 5. 2. 2 取水点

取水点における2000年の取水可能な予想下水量は、各範疇ごとにまとめられ表S-10に示されている。下水量は取水点No.1においては0.74 m<sup>3</sup>/秒、取水点No.2においては0.92 m<sup>3</sup>/秒、取水点No.3においては2.39 m<sup>3</sup>/秒であり、残りの下水幹線においては2.46 m<sup>3</sup>/秒である。

最適代替案における各取水点で要求される下水量は、フェイズIでは取水点No.1, No.2それぞれ 1.0 m<sup>3</sup>/秒であり、フェイズIIは取水点No.3において 2.0 m<sup>3</sup>/秒である。したがって 2000年において取水点No.2及びNo.3では計画取水とほぼ等しい下水量が得られるが、取水点No.1ではもし、水道供給システムの機能が改善されないならば、下水量が不足するかもしれない。この解決法として、他の流域から下水管を連絡することにより、不足下水量を確保することが可能である。しかしながら、多くの予期できない要因があるため、本プロジェクトの完了後、実際の状況を再評価してこれらの手段を検討することが賢明である。

表S-10 各取水点における下水量

(単位: m<sup>3</sup>/秒)

取水点、幹線	区 分			合計
	家 庭	工 場	その他	
No.1、Circunvalacion幹線	0.651	0.036	0.056	0.740
No.2、Villa Maria del Triunfo 幹線	0.857	0.000	0.066	0.923
No.3、Surco 幹線	1.932	0.264	0.172	2.388
上記以外の下水量	2.244	0.035	0.176	2.455
総下水量	5.684	0.355	0.467	6.506

S. 5. 3 下水の現況水質

S. 5. 3. 1 生物化学的酸素要求量 (BOD)および浮遊物質 (SS)

SEDAPAL の過去の記録や本調査団が今回既存施設 (幹線およびSan Juan処理場、Carapongo処理場) において調査した結果を以下に示す。

表S-11 下水の現況水質

施 設 名	BOD <sub>5</sub>		SS	
	範 囲 (mg/l)	平 均 (mg/l)	範 囲 (mg/l)	平 均 (mg/l)
下 水 幹 線	146 — 333	227	152 — 289	239
San Juan 処理場	214 — 300	252	88 — 306	221
Carapongo処理場	130 — 280	187	171 — 590	298

CarapongoにおけるBOD<sub>5</sub>濃度は、おそらく、用水路からの侵入水による処理場への影響のため低い値となっている。

Surco幹線とCircunvalacion幹線の生下水は、本プロジェクトにおいて灌漑用水として再利用

される可能性がある。これらの幹線の下水は次のような水質となっている。

表S-12 下水幹線の現況水質

施設名	BOD <sub>5</sub> (mg/l)	SS (mg/l)
Surco幹線	231 — 333 (平均 269)	241 — 300 (平均 270)
Circunvalacion 幹線	146 — 233 (平均 185)	152 — 278 (平均 228)

### S. 5. 3. 2 重金属

本プロジェクトにより、処理水が灌漑用水として再利用される可能性が非常に高いため、下水中の重金属の存在あるいはその濃度を調べておく必要がある。これに関して「水質基準 Class III」が、ペルー国の一般水道法 (General Law of Water) として適用される。

過去の Surco幹線および Cirunvalacion幹線の生下水の分析結果 (表S-13参照) は、本調査の分析結果も含め、鉛と鉄以外の重金属濃度は基準値を下まわっている。しかしながら、下水中の鉛と鉄の濃度は、酸化池で処理されると許容値以下に減小することが期待される。加えてリマ市内の多くの所で生下水が灌漑用水として利用されているが、現在までのところ重金属による被害は報告されていない。

表S-13 幹線における生下水中の重金属

項目	過去の記録	本調査における分析結果	水質基準*
	Surco幹線	Surco 幹線および Circunvalacion幹線	Class- III
採水年月	Nov., 1984	Oct. & Nov., 1989	
水銀 Hg mg/l	—	0.3 — 1.3	10
カドミウム Cd mg/l	0.01 — 0.03	0.005 — 0.002	0.05
鉛 Pb mg/l	0.15 — 0.35	0.02 — 0.27	0.1
クロム Cr mg/l	—	0.00	1.0
鉄 Fe mg/l	3.2 — 6.25	1.2 — 1.44	1.0
マンガン Mn mg/l	0.05 — 0.12	0.06 — 0.08	0.5
銅 Cu mg/l	0.1 — 0.55	0.06 — 0.22	0.5
亜鉛 Zu mg/l	0.16 — 0.34	0.32 — 0.53	25
ヒ素 As mg/l	0.02 — 0.04	—	0.2

\* : Ley General de Aguas, Decreto Lay No.17752, Nov., 1983.  
この法律は米国 EPAの基準に基づいている。

上記の分析結果によれば、灌漑用水の重金属は、計画されているように処理水を再利用する場合にも問題とならないが、しかし、長期間における影響を考慮し、i)工場排水の受入基準の強化、および ii)工場排水の水質管理機構および組織の創設、を提案する。

#### S. 5. 4. 将来下水の水質

下水処理場の設計のための流入水質は、既存施設の現況の下水水質と汚濁負荷原単位を考慮して決定した。BOD<sub>5</sub>とSSの範囲および平均値はS. 5. 3. 1に示す。汚濁負荷原単位の決定にあたっては、世界銀行の技術資料と日本で実際に使用されている計画値を参考として用いた。生下水のBOD<sub>5</sub>の推定結果は、1989年において 225mg/l、2000年において 240mg/lであった。

水質、負荷変動に対処するためやや安全側の値を設定すること等を勘案して、設計流入水質を、BOD<sub>5</sub>、SS共に 250mg/lとした。







## S. 6 代替案

本プロジェクトの目的である既存下水道システムの改善及び下水処理場の建設計画を立案するために、5つの代替案を検討した。さらに、これらの代替案を、段階的施行のために小代替案に細分した。主として、送水ルートのための代替案、ポンプ場の有無、下水の取水点と下水量の違いが大きな相違点である。

各代替案の概略を図S-3, S-4に示す。

### S. 6. 1 計画の前提

Surco放流渠から排出される全ての下水が処理されなくてはならない。全流出量は、2000年において平均  $6.5\text{m}^3/\text{秒}$  と推定される。このうち  $4.0\text{m}^3/\text{秒}$  は San Bartoloか San Bartoloへ至る途中の入手可能な処理用地で処理される。(このうちの処理水約  $0.5\text{m}^3/\text{sec}$  は villa El Salvadorの灌漑地域に使用される。)そして、残りの  $2.5\text{m}^3/\text{sec}$  は SEDAPAL所有の Cerro La Chira の用地で適切な処理法により処理されるものとする。San Bartoloへの生下水又は処理水の到達高度は  $100\text{m}$ 又は $50\text{m}$ とした。

Lurin川の右岸地区では、用地入手が難しいことを考慮して、曝気ラグーン法を採用し、San Bartolo 地区では、用地取得が容易であるので酸化池法を採用する。

取水施設には、サイホンの閉塞を避けるため、スクリーンと沈砂池を設けるものとする。また、サイホンの要所には砂や泥を除去するための設備を設ける。

導水管種は次のとおりである。自然流下区間は鉄筋コンクリート管とし、サイホン区間では、内圧  $4\text{kg}/\text{cm}^2$ 以下の区間はプレストレスコンクリート管、内圧  $4\text{kg}/\text{cm}^2$ 以上の区間はダクダイル鑄鉄等を使用する。高塩分濃度の所では強化プラスチック複合管を使用する。そして、人口密度の希薄な地域の自然流下区間にはコンクリート張りの開水路を採用する。

処理場の候補地は次の地点である (図S-4参照)

図S-3 各代替案の概略

PLAN	PHASE I		PHASE II		LEGEND
	Q' by m <sup>3</sup> /s	unit: m <sup>3</sup> /s	Q' by m <sup>3</sup> /s	unit: m <sup>3</sup> /s	
A	A <sub>1</sub>	4.0		—	—
	A <sub>2</sub>	2.0		2.0	
	A <sub>3</sub>	1.0		3.0	
B	B <sub>1</sub>	4.0		—	—
	B <sub>2</sub>	2.0		2.0	
	B <sub>3</sub>	1.0		3.0	
C	C <sub>1</sub>	2.33		1.67	
	C <sub>2</sub>	1.83		2.17	
	C <sub>3</sub>	0.83		3.17	
D	C <sub>3'</sub>	1.0		3.0	
	D <sub>1</sub>	1.5		2.5	
	D <sub>2</sub>	1.0		3.0	
E	E <sub>1</sub>	2.0		2.0	
	E <sub>2</sub>	1.0		3.0	

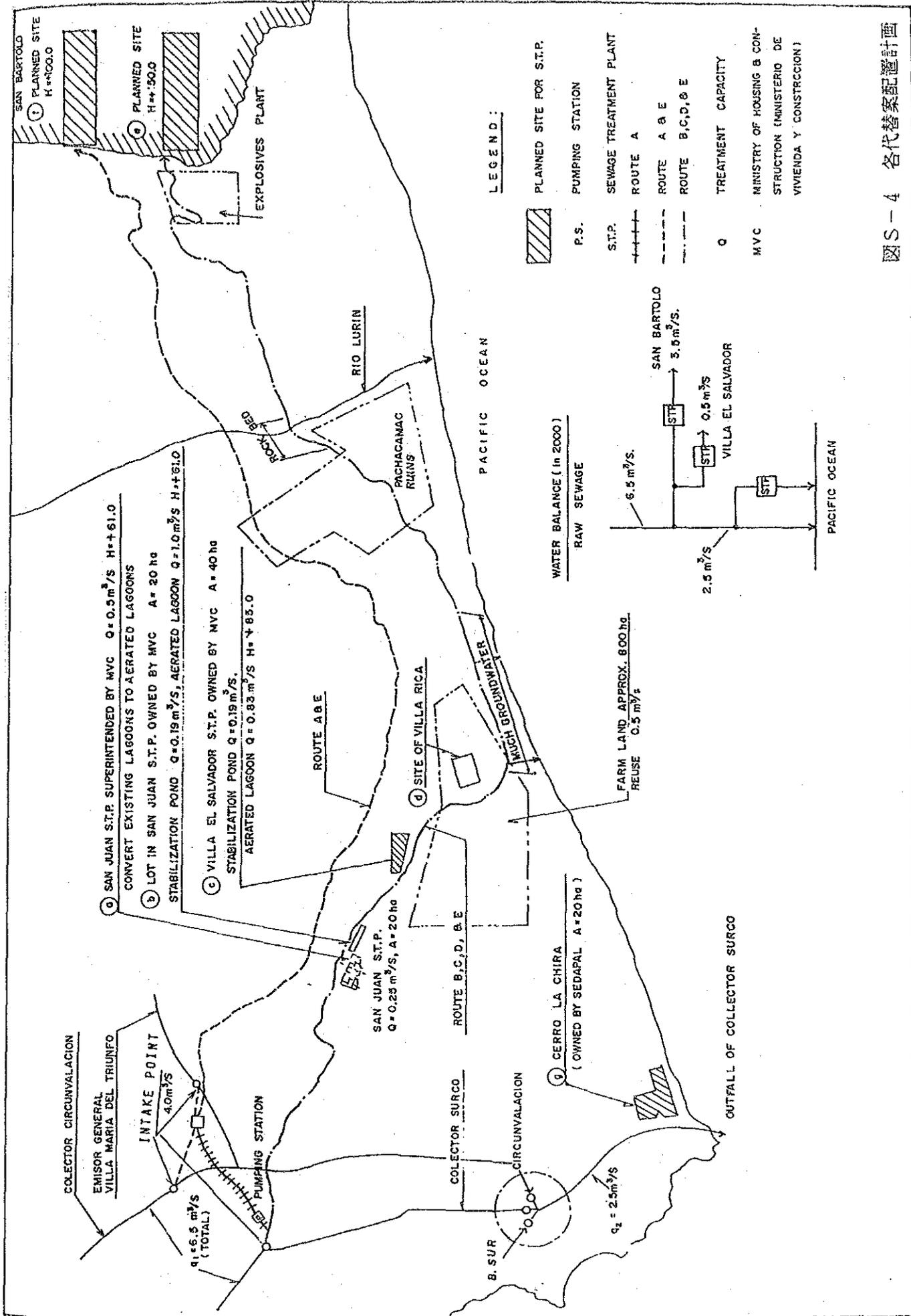


圖 S-4 各代替案配置計畫

位 置	面 積 (ha)	用地取得条件
既設 San Juan 処理場**	10	住宅・建設省の許可
San Juan	35	森林の移転
Villa El Salvador	40	森林・小学校・既設ラグーンの移転
Villa Rica	40	用地取得に多額の費用が必要
San Bartolo (高度 100m)	60 × 7ヶ所	取得容易
San Bartolo (高度 50m)	60 × 7ヶ所	取得容易
Cerro La Chira **	20	SEDAPALの用地

注) \* 資金調達困難のため検討対象から除外する。  
 \*\* SEDEPALの将来計画のため検討対象から除外する。

各候補地における最大の処理容量は次のとおりである。

位 置	処 理 容 量 ( m <sup>3</sup> / 秒 )	
	酸化池	曝気ラグーン
既設San Juan処理場	—	0.5
San Juan	0.19	1.0
Villa El Salvador	0.19	1.0
San Bartolo (Elev. 100m)	0.5 × 7ヶ所	—
San Bartolo (Elev. 50m)	0.5 × 7ヶ所	—

## S. 6. 2 代替案の概要

### S. 6. 2. 1 代替案—A (揚水+自然流下)

下水は、リマ市南部から San Bartoloの高度100m地点へ導水される。下水は取水点から山腹まで揚水され、それ以後は自然流下で伏越および開水路を経て流下する。処理水は灌漑地域へ供給される。図S-5はこの代替案の三計画案の模式図である。

下水処理法は、Villa El Salvadorでは曝気ラグーン方式、San Bartoloでは酸化池方式を採用している。

#### S. 6. 2. 2 代替案一B (自然流下)

下水は、リマ市南部から San Bartoloの高度 50m地点へ導水される。下水は自然流下により、San Juanから Villa El Salvador、Lomo de Corvina Beach、Pachacamacを經由してSan Bartoloへ導水、処理され灌漑用水として再利用される。この代替案の模式図を図S-6に示す。下水処理場は代替案Aと同様である。ルート途中のパチャカマ遺跡及び火薬工場用地内の通過許可は現在は得られていないが、諸条件が解決すれば可能である。

#### S. 6. 2. 3 代替案一C (自然流下+揚水)

リマ市南部の下水は、ルリン川の右岸で、可能な限り機械化処理され、San Bartoloの高度50mの地点へ導水される(Phase I)。残りの下水処理は代替案Bのように、San Bartolで行われるものとする(Phase II)。模式図を図S-7に示す。

#### S. 6. 2. 4 代替案一D (自然流下+揚水)

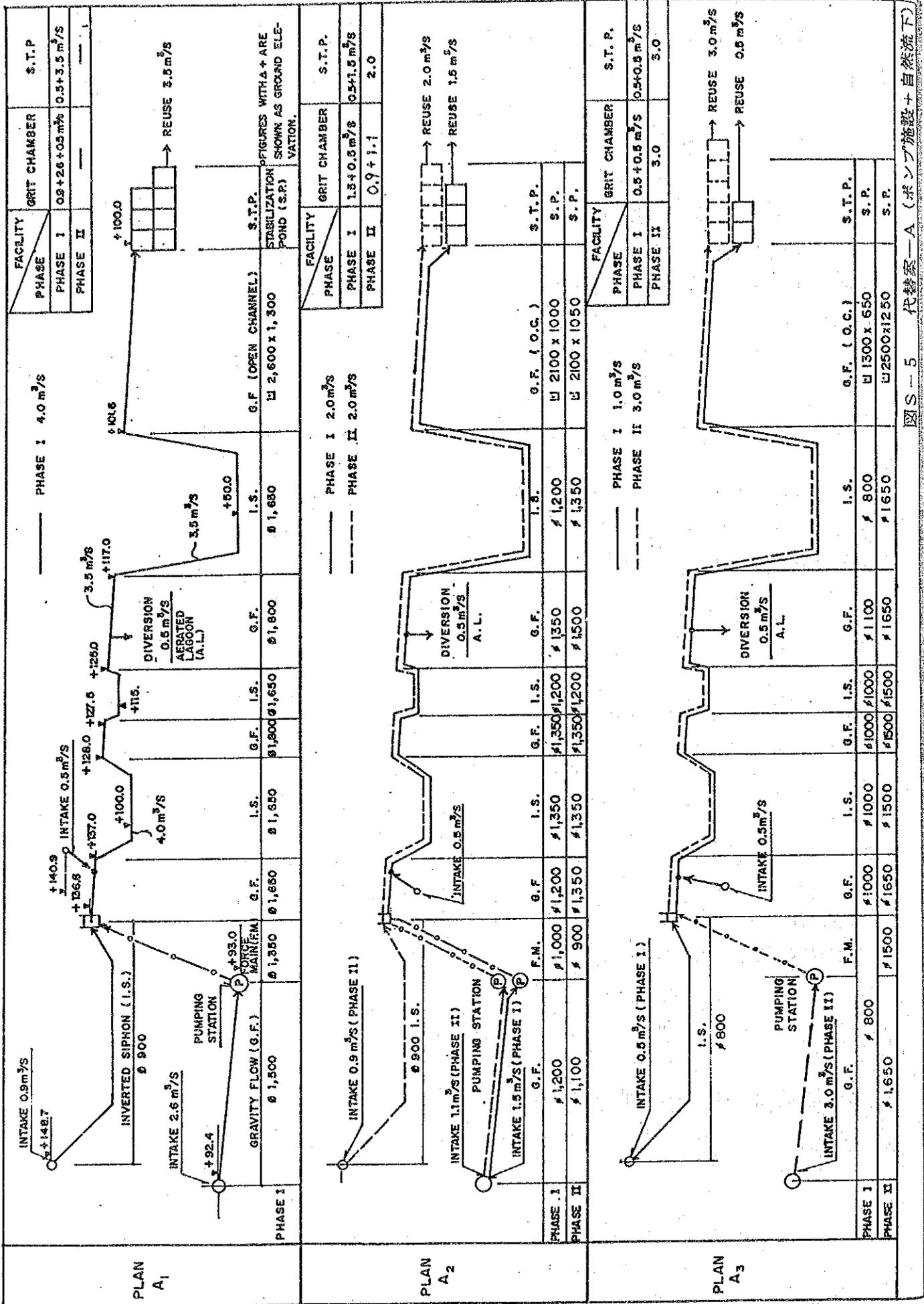
代替案Dは、基本的には代替案Cと同じであるが、C案との相違は処理場の組合せが異なっていることである。この案の模式図を図S-8に示す。

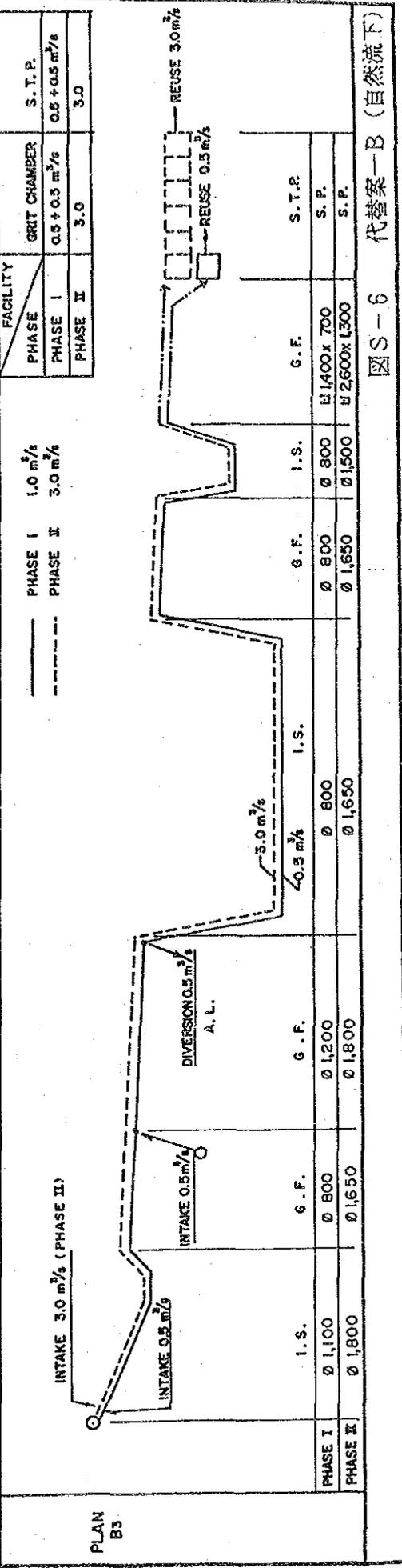
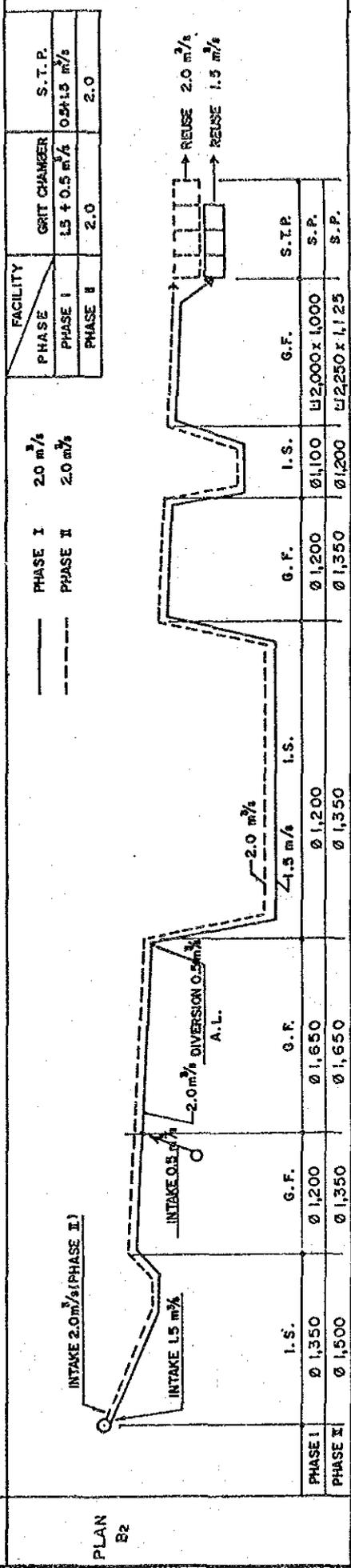
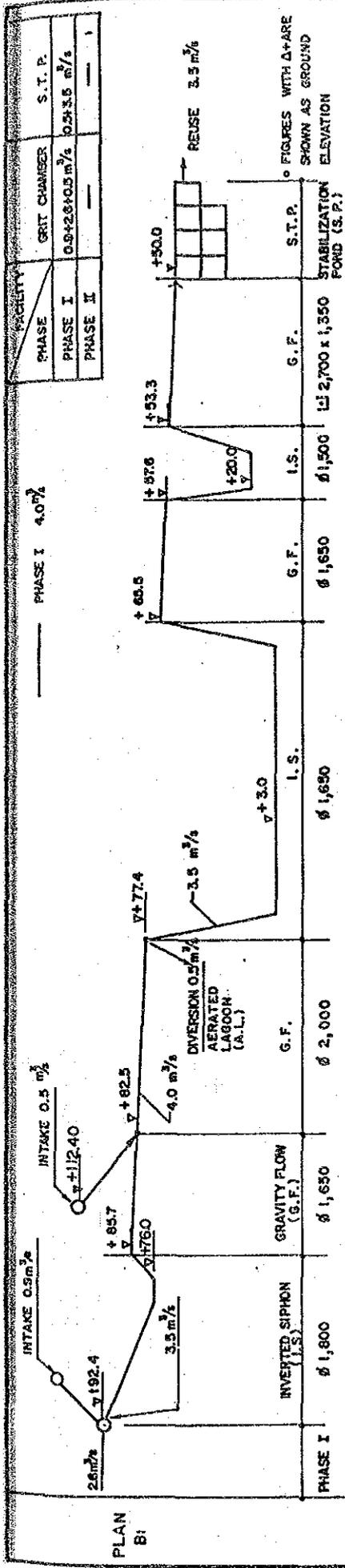
#### S. 6. 2. 5 代替案一E (自然流下)

リマ南部の下水は San Bartoloへ導水、処理され、灌漑のため供給される。San Bartoloにおける到達高度はフェーズIでは100m、フェーズIIでは50mである(図S-9)。この代替案はA案及びB案の長所より立案された。

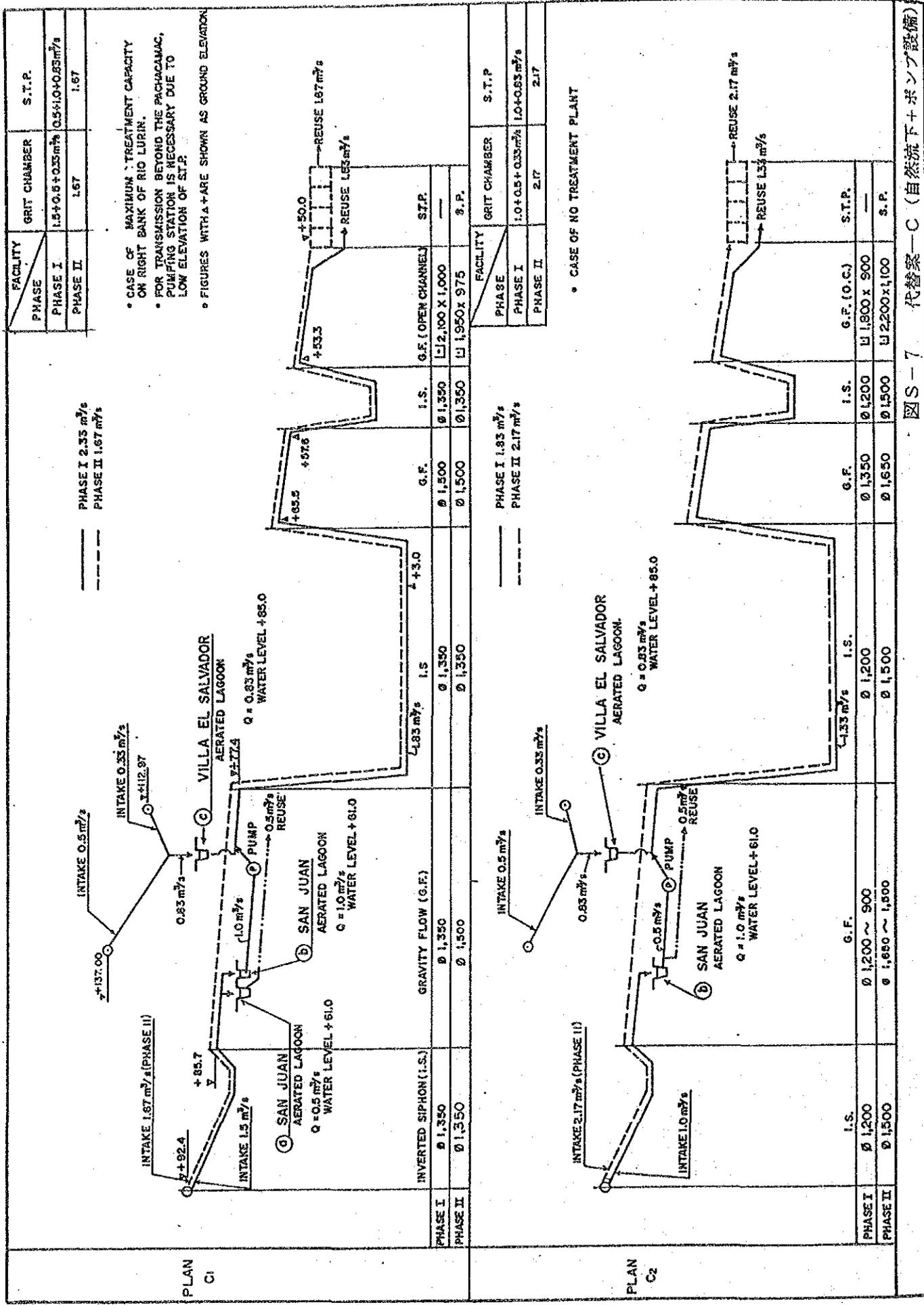
#### S. 6. 3 計画下水量のまとめ

各代替案に対する下水量を表S-14に示す。





代替案-B (自然流下)



FACILITY		GRIT CHAMBER	S.T.P.
PHASE I	1.5+0.6+0.35 m³/s	0.5+1.0+0.35 m³/s	—
PHASE II	1.67	—	1.67

- CASE OF MAXIMUM TREATMENT CAPACITY ON RIGHT BANK OF RIO LURIN.
- FOR TRANSMISSION BEYOND THE PACHACAMAC, PUMPING STATION IS NECESSARY DUE TO LOW ELEVATION OF S.T.P.
- FIGURES WITH + ARE SHOWN AS GROUND ELEVATION

--- PHASE I 2.35 m³/s  
 --- PHASE II 1.67 m³/s

INVERTED SIPHON (I.S.)		GRAVITY FLOW (G.F.)	
PHASE I	Ø 1,350	Ø 1,350	Ø 1,350
PHASE II	Ø 1,350	Ø 1,500	Ø 1,350

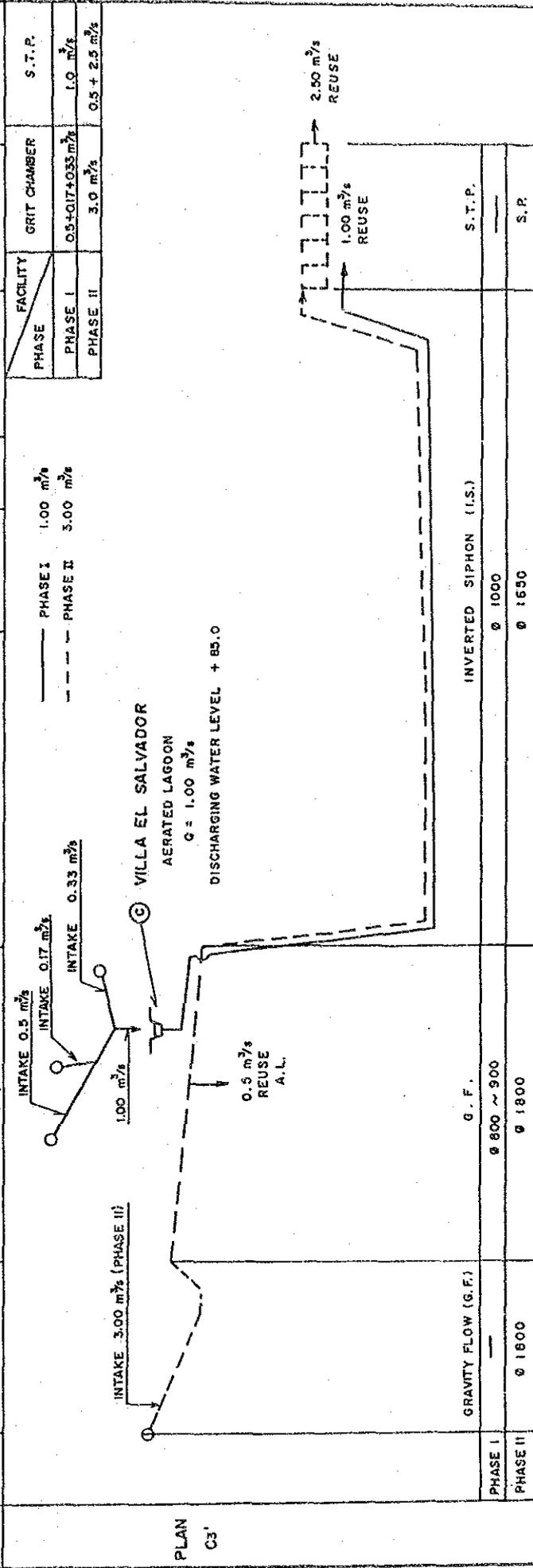
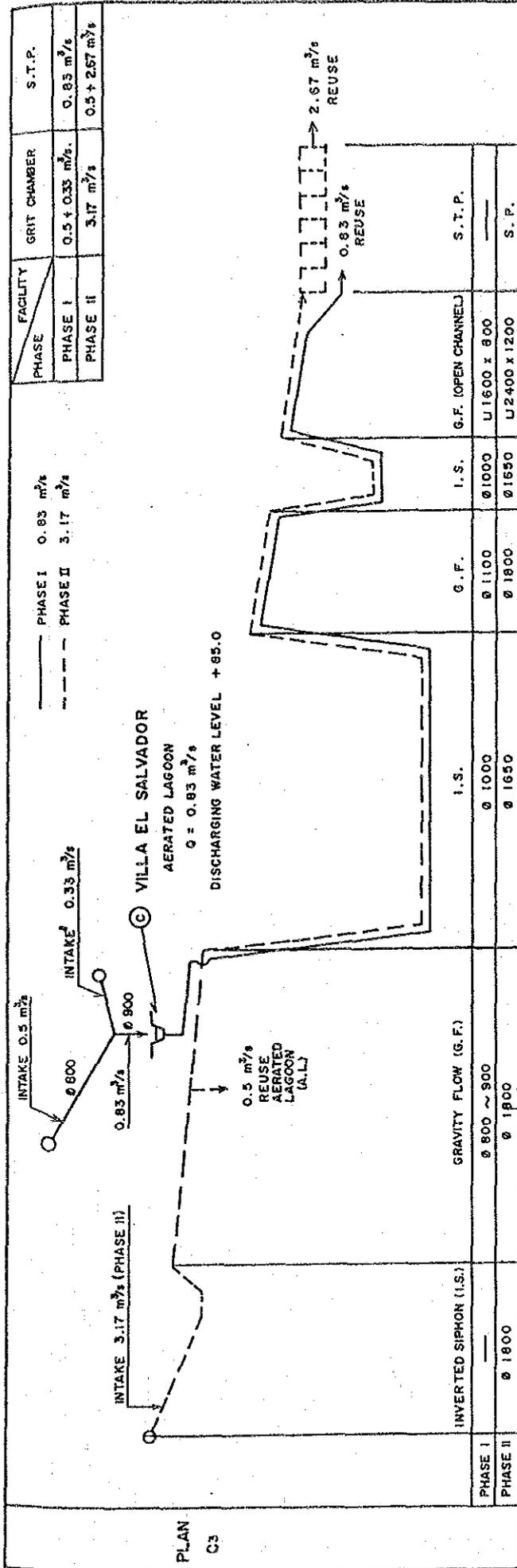
FACILITY		GRIT CHAMBER	S.T.P.
PHASE I	1.0+0.5+0.35 m³/s	1.0+0.35 m³/s	—
PHASE II	2.17	—	2.17

--- PHASE I 1.85 m³/s  
 --- PHASE II 2.17 m³/s

I.S.		G.F. (O.C.)		S.T.P.
PHASE I	Ø 1,200	Ø 1,200 ~ 900	Ø 1,800 x 900	—
PHASE II	Ø 1,500	Ø 1,650 ~ 1,800	Ø 2,200 x 1,100	S.P.

• CASE OF NO TREATMENT PLANT

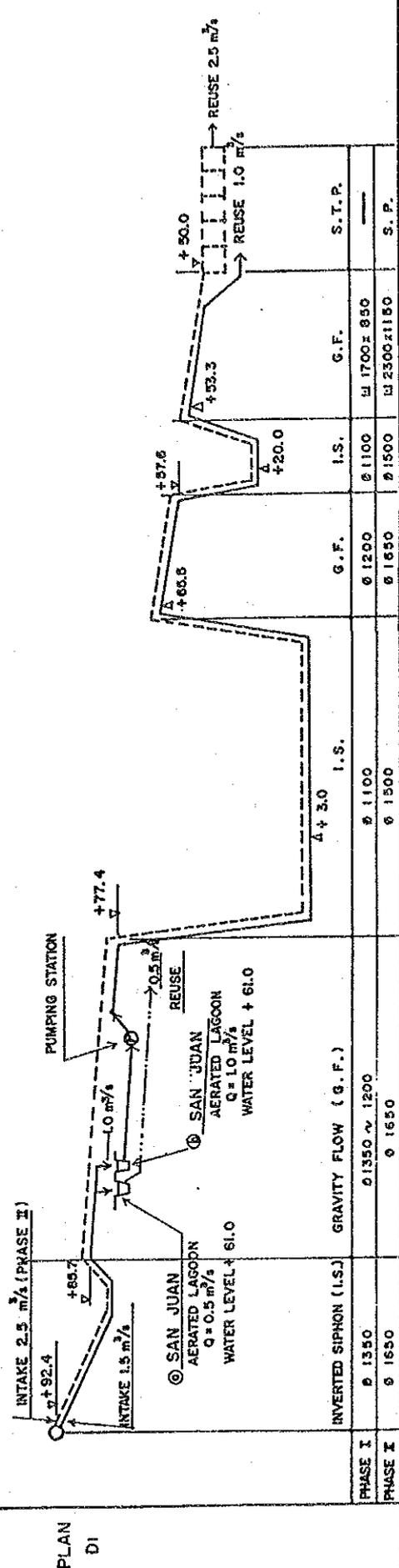
図S-7 代替案-C (自然流下+ポンプ設備)



図S-7 代替案-C 続き

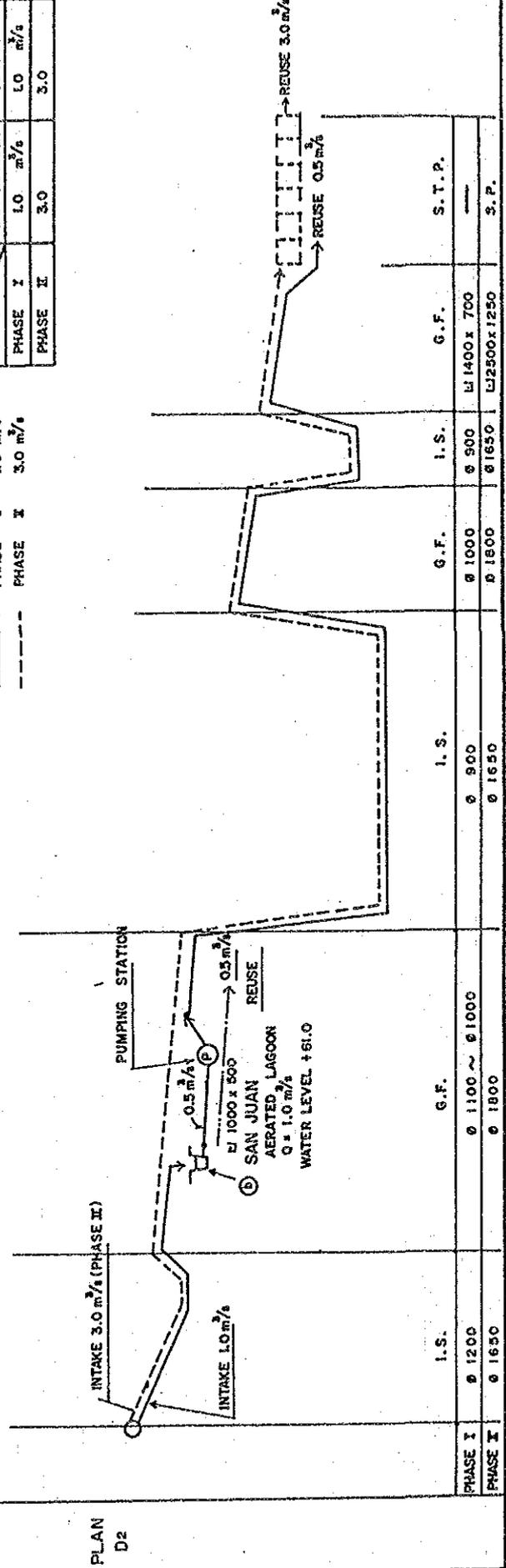
FACILITY		GRIT CHAMBER		S. T. P.	
PHASE I	1.5 m <sup>2</sup> /s	1.5 m <sup>2</sup> /s	0.5 + 1.0 m <sup>2</sup> /s	0.5 + 1.0 m <sup>2</sup> /s	2.5
PHASE II	2.5 m <sup>2</sup> /s	2.5 m <sup>2</sup> /s			

—— PHASE I 1.5 m<sup>2</sup>/s  
 - - - - PHASE II 2.5 m<sup>2</sup>/s



FACILITY		GRIT CHAMBER		S. T. P.	
PHASE I	1.0 m <sup>2</sup> /s	3.0			
PHASE II	3.0 m <sup>2</sup> /s	3.0			

—— PHASE I 1.0 m<sup>2</sup>/s  
 - - - - PHASE II 3.0 m<sup>2</sup>/s



FACILITY		GRIT CHAMBER		S. T. P.	
PHASE I	1.0 m <sup>2</sup> /s	3.0			
PHASE II	3.0 m <sup>2</sup> /s	3.0			

—— PHASE I 1.0 m<sup>2</sup>/s  
 - - - - PHASE II 3.0 m<sup>2</sup>/s

図 S-8 代替案一D (自然流下+ポンプ設備)

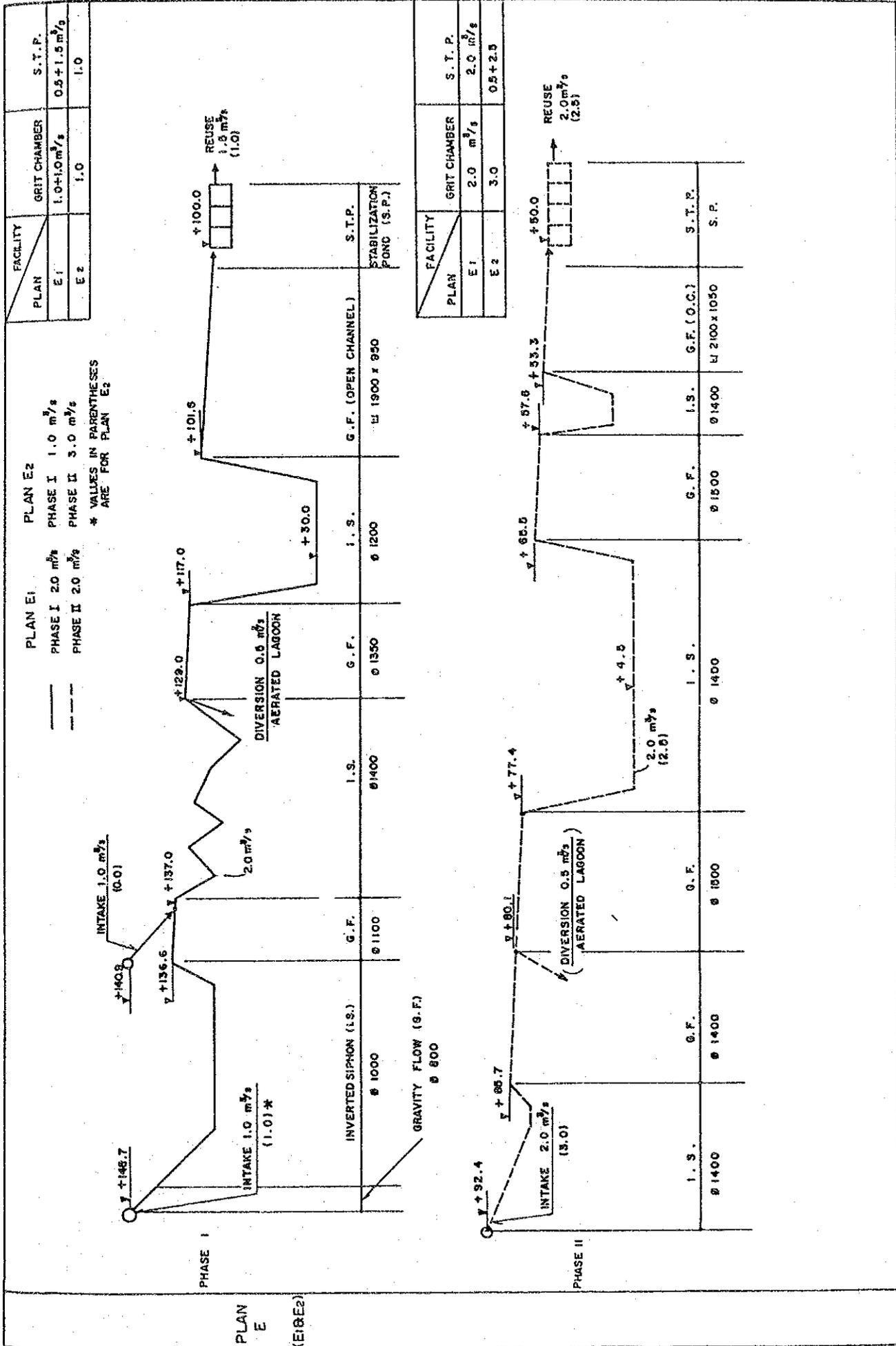


图 S-9 代替案—E (自然流下)

表S-14 各代替案計畫下水量

Plan		T O T A L P R O J E C T														REMARKS
		PHASE I							PHASE II							
		Location of STP		Aerated Lagoon		Stabilization Pond			Aerated Lagoon		Stabilization Pond			Total		
(a)	(b)	(c)	(e)	(f)	(a)	(b)	(c)	(e)	(f)	(a)	(b)	(c)	(e)	(f)	Total	
A	Pressurized Flow	SAN JUAN STP	SAN JUAN	VILLA EL SALVADOR	SAN BARTOLO	SAN BARTOLO										
	Gravity Flow			0.5 m <sup>3</sup> /s		3.5 m <sup>3</sup> /s										4.0 m <sup>3</sup> /s
				0.5		1.5										2.0
B	Pressurized Flow			0.5		0.5										
	Gravity Flow			0.5 m <sup>3</sup> /s		3.5 m <sup>3</sup> /s										4.0 m <sup>3</sup> /s
				0.5		1.5										2.0
C	Pressurized Flow			1.0 m <sup>3</sup> /s		0.83 m <sup>3</sup> /s										
	Gravity Flow			1.0 *		0.83										1.83
				1.0		0.83										2.33
D	Pressurized Flow			1.0 m <sup>3</sup> /s		1.00										
	Gravity Flow			1.0 *		0.83										1.83
				1.0		0.83										2.33
E	Pressurized Flow			1.0 m <sup>3</sup> /s		1.5 m <sup>3</sup> /s										
	Gravity Flow			1.0 *		1.5										1.0
				1.0		1.5										2.0

S. 7 代替案の予備設計



## S. 7 代替案の予備設計

事業費積算の基礎的データを得る為に、S. 6章で考慮された概念に基づいて、予備施設設計を行った。プロジェクトの主要な施設は、取水施設、送水施設、ポンプ施設、そして下水処理施設である。

### S. 7. 1 取水施設

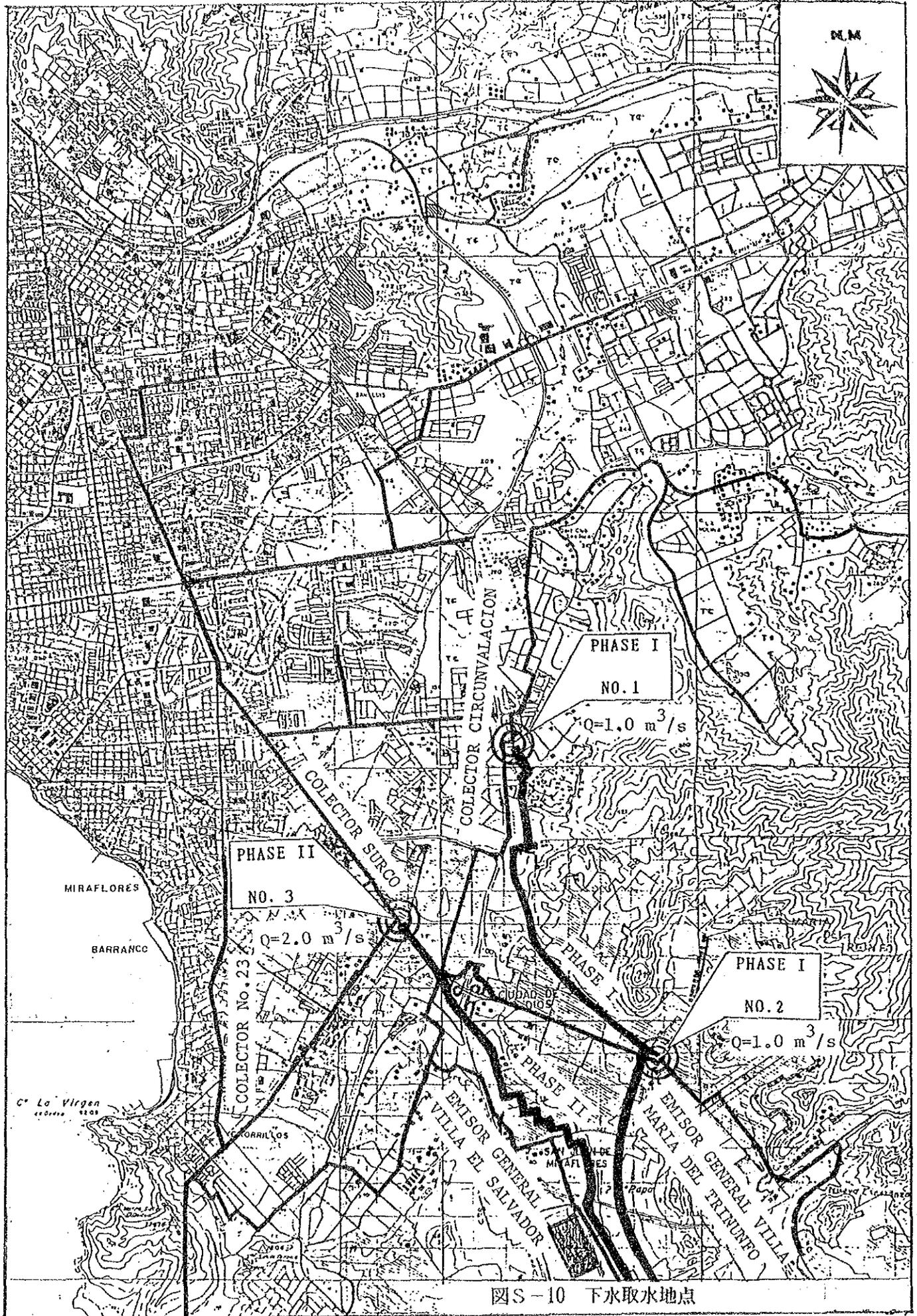
下水の取水地点は Surco幹線、Circunvalacion幹線、Villa Maria del Triunfo幹線、Villa El Salvador 幹線である。それらの取水場所を図S-10に示す。表S-15に各代替案の計画取水量を示す。

図S-11に示すように、取水施設には制水扉及びその他の設備を附帯する。

表S-15 計画取水量

Main Sewer	Colector Circunvalacion	Emisor General Villa Maria Del Triunfo	Colector Surco	Emisor General Villa El Salvador	
A1	0.9	0.5	2.6	-	
A	A2	0.9 (II)	1.5 (I) 1.1 (II)	-	
	A3	0.5 (I)	0.5 (I)	3.0 (II)	-
	-----				
B	B1	0.9	0.5	2.6	-
	B2	0.9 (II)	0.5 (I)	1.5 (I) 1.1 (II)	-
	B3	0.9 (II)	0.5 (I)	0.5 (I) 2.1 (II)	-
-----					
C	C1	-	0.5 (I)	1.5 (I) 1.67(II)	0.33 (I)
	C2	-	0.5 (I)	1.0 (I) 2.17(II)	0.33 (I)
	C3	-	0.5 (I)	3.17(II)	0.33 (I)
	C3'	-	0.5 (I)	3.00(II)	0.33 (I) 0.17 (I)*
-----					
D	D1	-	-	1.5 (I) 2.5 (II)	-
	D2	-	-	1.0 (I) 3.0 (II)	-
-----					
E	E1	1.0 (I)	1.0 (I)	2.0 (II)	-
	E2	1.0 (I)	-	3.0 (II)	-

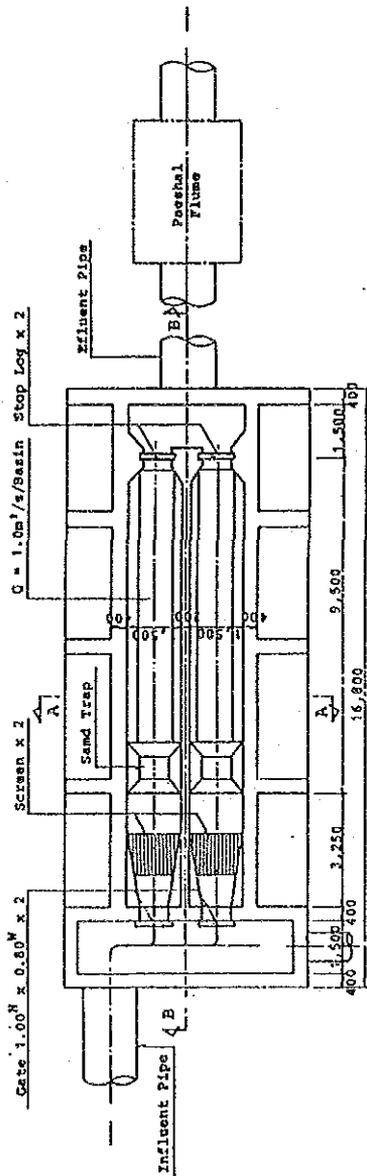
\* : Branch Sewer of Emisor General Villa El Salvador.



图S-10 下水取水地点

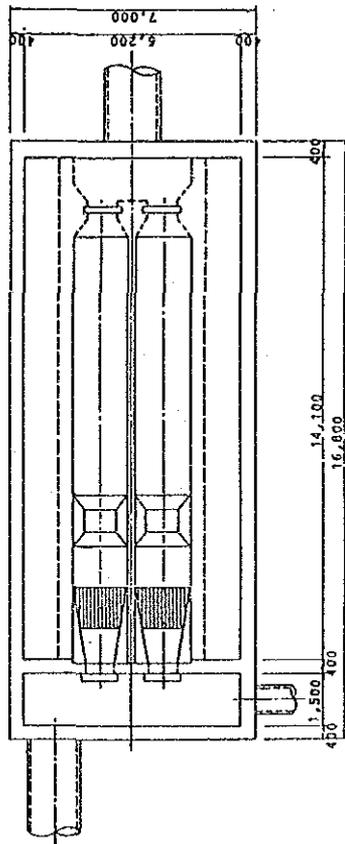
Possible capacity Q is 1.0m<sup>3</sup>/sec/basin

G = 1.0m<sup>3</sup>/s/basin  
Stop Log x 2

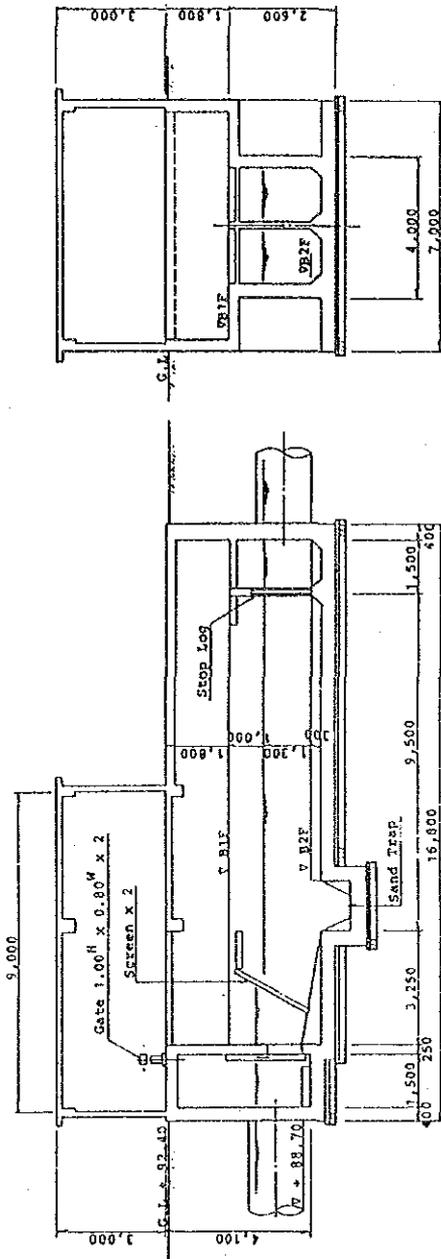


PLAN B2F

By Fees



PLAN B1F



SECTION B - B

SECTION A - A

図 S-11 取水施設の概要

SEDAPAL

Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima  
EMPRESA STATE OF MICHIGAN  
SEGUNDA SECCION DE OBRAS DE LIMA

TITULO:

Intake Facility

SCALE: as above DATE: - '90 DRAWING No.:

JAPAN INTERNATIONAL CORPORATION AGENT

## S. 7. 2 送水施設

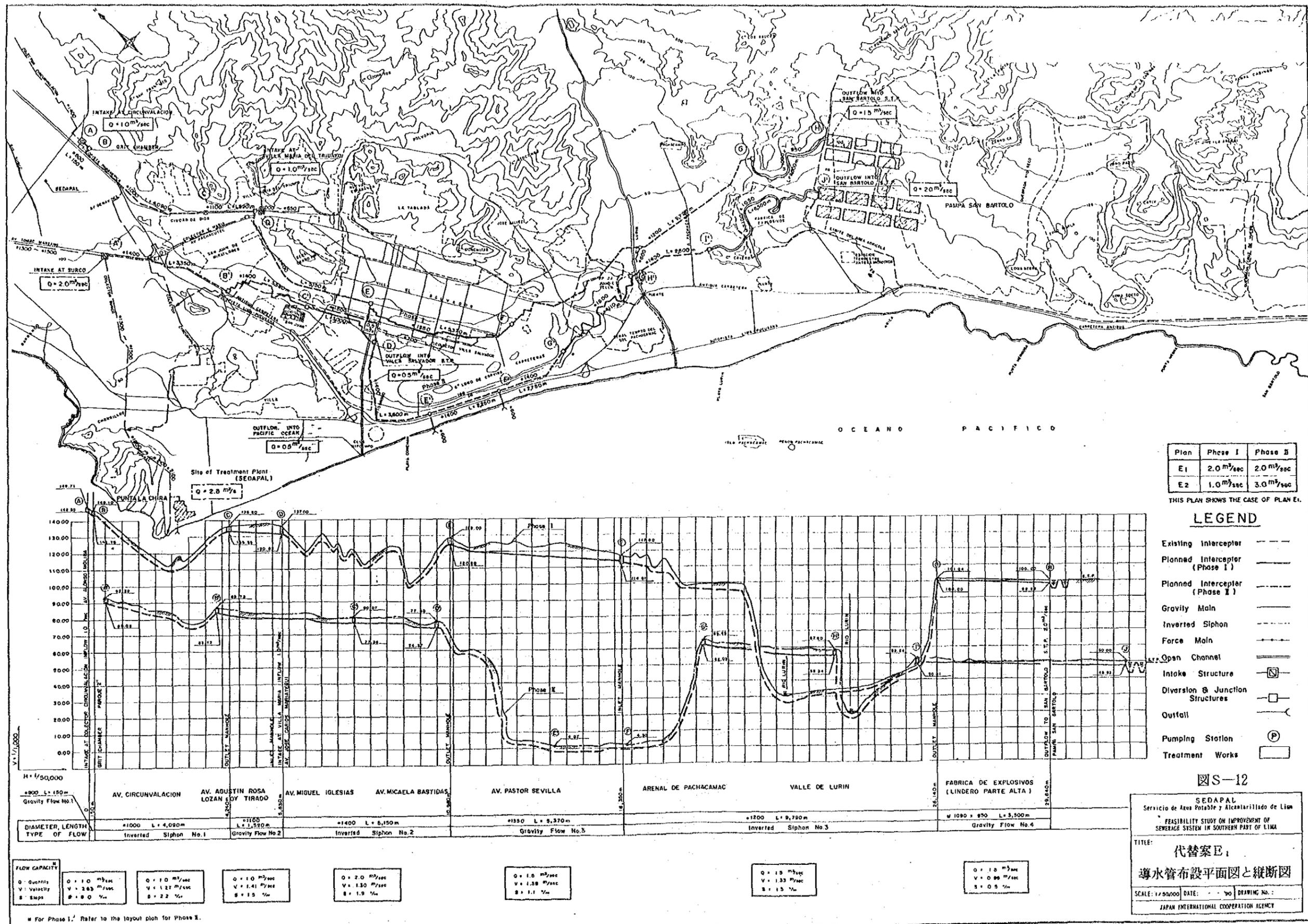
管渠断面は計画取水量とその取水点における時間変動に基づいて決定した。自由水面を持つ自然流下区間にはマンニング公式を適用し、圧力流にはヘーゼン・ウィリアムス公式を採用した。

各代替案で用いた管渠の材質は次のとおりである。

- i) 自然流下には鉄筋コンクリート管
- ii) 圧送管にはダクタイル鋳鉄管
- iii) 伏越しにはプレストレストコンクリート管とダクタイル鋳鉄管
- iv) 開水路にはコンクリートライニングを施す。

人孔は、維持管理に便利な場所で、管径が変化する場所、管底高の不均等な場所、管の交わる場所に設置する。伏越管の前にはスクリーン、沈砂池を備え、適切な位置に排泥弁を設置する。放流管は最も近い下水管に接続するが、Lurin川に沿った区間では、水質汚濁を防ぐために汚泥乾燥床に排泥管からの仮放流を行う。

参考のため、代替案E<sub>1</sub>における導水管の布設平面図と縦断図を図S-12に示す。



Plan	Phase I	Phase II
E1	2.0 m <sup>3</sup> /sec	2.0 m <sup>3</sup> /sec
E2	1.0 m <sup>3</sup> /sec	3.0 m <sup>3</sup> /sec

THIS PLAN SHOWS THE CASE OF PLAN E1.

**LEGEND**

- Existing Interceptor
- Planned Interceptor (Phase I)
- Planned Interceptor (Phase II)
- Gravity Main
- Inverted Siphon
- Force Main
- Open Channel
- Intake Structure
- Diversion & Junction Structures
- Outfall
- Pumping Station
- Treatment Works

FIG-S-12

SEDAPAL  
Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima  
FEASIBILITY STUDY ON IMPROVEMENT OF  
SEWERAGE SYSTEM IN SOUTHERN PART OF LIMA

TITLE: 代替案E1  
導水管布設平面図と縦断図

SCALE: 1:75000 DATE: '90 DRAWING No.:

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

DIAMETER, LENGTH, TYPE OF FLOW	AV. CIRCUNVALACION	AV. AGUSTIN ROSA LOZAN OY TIRADO	AV. MIGUEL IGLESIAS	AV. MICAELA BASTIDAS	AV. PASTOR SEVILLA	ARENAL DE PACHACAMAC	VALLE DE LURIN	FABRICA DE EXPLOSIVOS (LINDERO PARTE ALTA)
Q = Quantity V = Velocity S = Slope	φ1000 L=4,090m Inverted Siphon No.1	φ1105 L=1,550m Gravity Flow No.2	φ1400 L=6,150m Inverted Siphon No.2	φ1350 L=5,370m Gravity Flow No.3	φ1200 L=9,780m Inverted Siphon No.3	φ1090 x φ50 L=3,500m Gravity Flow No.4		
FLOW CAPACITY	Q = 1.0 m <sup>3</sup> /sec V = 2.63 m/sec S = 0.0 %	Q = 1.0 m <sup>3</sup> /sec V = 1.27 m/sec S = 2.2 %	Q = 1.0 m <sup>3</sup> /sec V = 1.41 m/sec S = 1.5 %	Q = 2.0 m <sup>3</sup> /sec V = 1.30 m/sec S = 1.9 %	Q = 1.0 m <sup>3</sup> /sec V = 1.33 m/sec S = 1.1 %	Q = 1.0 m <sup>3</sup> /sec V = 1.33 m/sec S = 1.5 %	Q = 1.0 m <sup>3</sup> /sec V = 0.96 m/sec S = 0.5 %	

\* For Phase I, Refer to the layout plan for Phase I.



### S. 7. 3 沈砂池およびポンプ施設

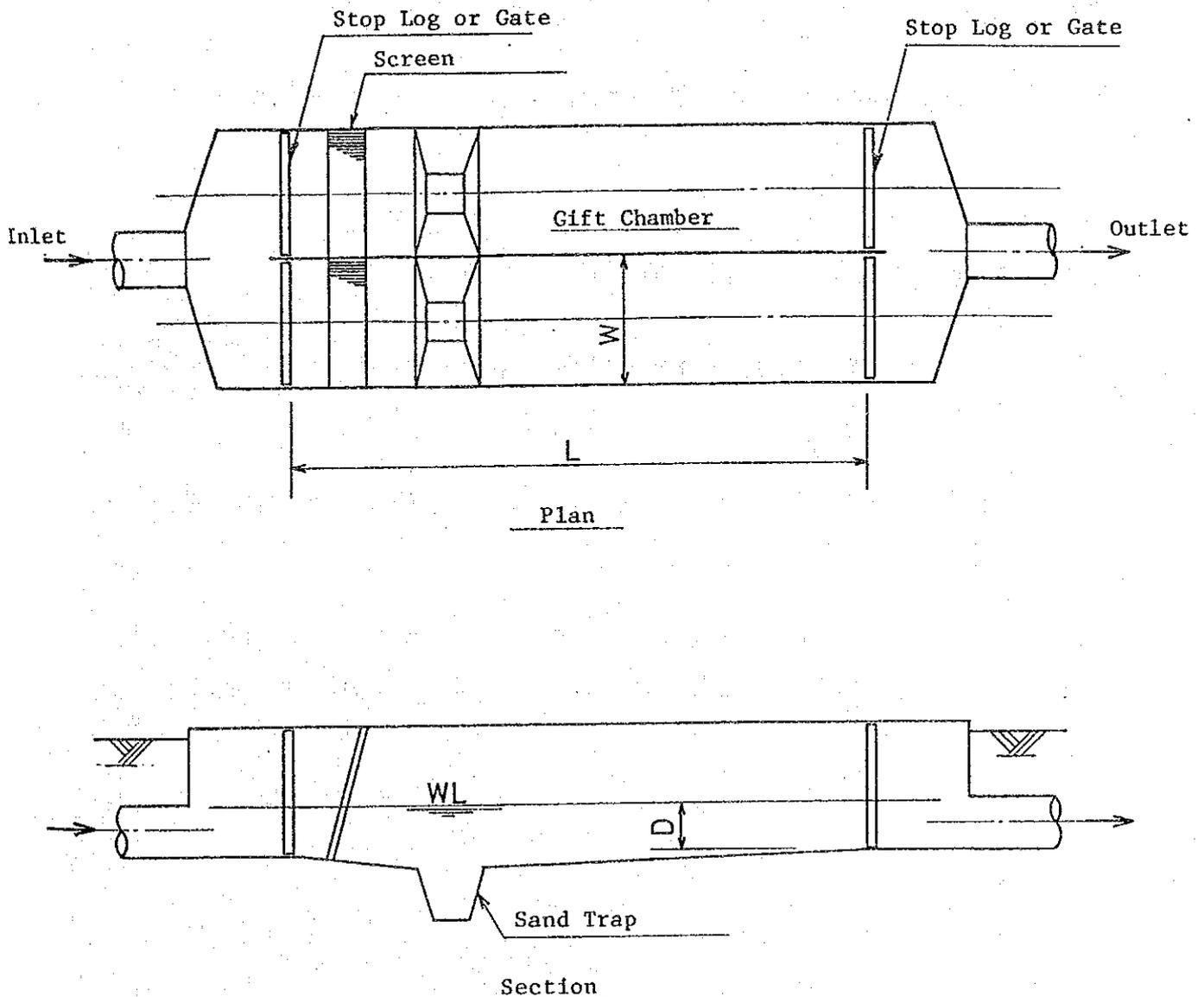
#### S. 7. 3. 1 沈砂池施設

下水道施設中への無機固形物や粗粒子の流入を防ぐために、沈砂池を設ける。設置場所は取水点、伏越、送水ポンプ、そして下水処理施設の上流側とする。

図S-14は矩形式の沈砂池の概要を示す。設計基準値は次のとおりである。

水面積負荷	$S = 1,800 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{日}$
平均流速	$V = 0.30 \text{ m / 秒}$
滞留時間	$T = 30 \sim 60 \text{ 秒}$

図S-13 矩形式沈砂池の概要



### S. 7. 3. 2 ポンプ施設

ポンプ施設の設計では、それぞれのポンプは同能力を持ち、維持管理が簡単で、そしてポンプ台数ができるだけ少ないことが望ましい。

ポンプ計画における最適ポンプ台数は「下水施設設計指針と解説（日本下水道協会、1984）」によれば、次のようになる。

設計流量 (m <sup>3</sup> /sec)	ポンプの台数 (セット)
0.5 以下	3 (予備ポンプ1台含む)
0.5 ~1.5	3~5 (予備ポンプ1台含む)
1.5以上	4~6 (予備ポンプ1台含む)

本計画におけるポンプ型式は設計流量と設計水頭に適合し、かつ、設置面積の少ない立軸遠心型とする。

停電のための備えとしてバイパスを考慮に入れた。

### S. 7. 4 下水処理施設

処理方法の選択で考慮されるべき項目は次のものである。

下水の量と質、その変動、水消費、排水地域の状況、処理施設の規模、処理施設の場所と環境、維持管理組織、維持管理費。

Surco幹線からの排出量は2000年で6.5 m<sup>3</sup>/sec である。S. 6章における各代替案の計画処理施設の設計流量を表S-16に示す。

計画処理方式はSan JuanとVilla El Savadorには曝気ラグーン方式、San Bartoloでは酸化池方式とする。安定化池方式と曝気ラグーン方式の設計基準を表S-17とS-18に示す。

表S-16 各代替案の計画処理施設の設計流量

(unit : m<sup>3</sup>/s)

Proposed Site	a. San Juan STP		b. San Juan		c. Villa El Salvador		e. & f. San Bartolo	
	Ph-I	Ph-II	Ph-I	Ph-II	Ph-I	Ph-II	Ph-I	Ph-II
A	A1	-	-	-	0.5	-	3.5	-
	A2	-	-	-	-	0.5	1.5	2.0
	A3	-	-	-	-	0.5	0.5	3.0
B	B1	-	-	-	-	0.5	3.5	-
	B2	-	-	-	-	0.5	1.5	2.0
	B3	-	-	-	-	0.5	0.5	3.0
C	C1	0.5*1	-	1.0	-	0.83	-	1.67
	C2	-	-	1.0	-	0.83	-	2.17
	C3	-	-	-	0.5	0.83	-	2.67
	C3'	-	-	-	0.5	1.0	-	2.5
D	D1	0.5*1	-	1.0	-	-	-	2.5
	D2	-	-	1.0	-	-	-	3.0
E	E1	-	-	-	-	0.5	1.5	2.0
	E2	-	-	-	0.5	-	1.0	2.5

\*1 0.5 m<sup>3</sup>/s is the increase in quantity by reconstruction.

表S-17 酸化池方式設計基準

Parameter	Symbol	Unit	Formula or Value	Application
<u>Primary Facultative Pond</u>				
. Water Temperature	T <sub>w</sub>	°C	$T_w = 8.49 + 0.82 T_a$	T <sub>a</sub> = 15 °C $T_w = 8.49 + 0.82 \times 15 = 20.8$ °C
. BOD <sub>5</sub> Areal Loading	L <sub>11</sub>	kg-BOD/ha/d	under 400 $L_{11} = 357.4 \times 1.085$	(20.8 - 20) $L_{11} = 357.4 \times 1.085 = 382$
. Water Depth	D <sub>1</sub>	m	1.3 - 1.6	1.5
. BOD <sub>5</sub> Removal Rate	R <sub>1</sub>	%	65 - 75	70
<u>Secondary Facultative Pond</u>				
. BOD <sub>5</sub> Areal Loading	L <sub>12</sub>	kg-BOD/ha/d	40 - 210	200
. Water Depth	D <sub>2</sub>	m	1.3 - 1.6	1.5
. BOD <sub>5</sub> Removal Rate	R <sub>2</sub>	%	30 - 40	35

表S-18 曝気ラグーン方式設計基準

Parameter	Symbol	Unit	Formula or Value	Application
<u>Complete Mixing Aerated Lagoon</u>				
. Detention Time	t*c	day	1.5 - 2.0	2.0
. Water Depth	Dc	m	3.0 - 4.0	3.0
. Number of Lagoon	Nc	-	1	1
. Oxygen Requirement	Ro	kg/hr	$Ro=6.24 \times 10^{-5} \times Q.Li$	Same as left
. Power Requirement for Mixing	pc	w/m <sup>3</sup>	$pc >= 6w/m^3$	6w/m <sup>3</sup>
<u>Facultative Aerated Lagoon</u>				
. Detention Time for One-Cell	t*f	day	0.5 - 1.0	0.67
. Water Depth	Df	m	3.0 - 4.0	3.0
. Power Requirement for Partially Mixing	pf	w/m <sup>3</sup>	$pf >= 1 w/m^3$	1.0-1.5w/m <sup>3</sup>
. Number of Lagoon	nf	-	1 - 3 (series)	3 cells
<u>Sedimentation Ponds</u>				
. Detention Time	t*s	day	1 - 2	1

S. 7. 5 代替案の評価

S. 7. 5. 1 建設費用

各代替案の建設費用とm<sup>3</sup>当りの単位建設費を表S-19に示す。直接工事費の30%を間接費として付加する。

表S-19 各代替案建設費

PLAN		CONST. COST C (1,000US\$)	UNIT COST C/Q (US\$/m <sup>3</sup> )	RATIO (%)	RANKING	REMARKS
A	A1	88,971	257	100	2	***
	A2	111,537	323	125	10	*
	A3	103,447	299	116	7	*
B	B1	77,704	225	87	1	***
	B2	97,314	282	109	5	**
	B3	94,780	274	107	3	***
C	C1	124,770	361	140	14	*
	C2	122,442	354	138	12	*
	C3	105,739	306	119	8	*
	C3'	122,539	355	138	12	*
D	D1	118,832	344	134	11	*
	D2	108,077	313	121	9	*
E	E1	98,301	284	110	6	**
	E2	95,905	278	108	4	**

NOTE:

- 1) Ratios are shown in comparison to the C/Q of plan A1 as 100%.
- 2) \*\*\* Superior, \*\* Intermediate, \* Inferior
- 3) Q: 4 m<sup>3</sup>/s x 86,400 s/day = 345,600 m<sup>3</sup>/day

S. 7. 5. 2 維持管理費用

各代替案の維持管理費用とm<sup>3</sup>当りの単位維持管理費を表S-20に示す。

表S-20 各代替案の維持管理費

TABLE S-20 Comparison of Operation and Maintenance Cost

PLAN	O&M COST Cm (US\$/year)	UNIT COST Cm/Q (10 <sup>-3</sup> US\$/m <sup>3</sup> )	RATIO (%)	RANKING	REMARKS	
A	A1	562,250	4.46	100	11	*
	A2	594,115	4.71	106	12	*
	A3	616,752	4.89	110	14	*
B	B1	140,345	1.11	25	1	***
	B2	155,669	1.23	28	3	**
	B3	144,477	1.15	26	2	***
C	C1	398,050	4.74	106	13	*
	C2	437,063	3.46	78	9	*
	C3	293,577	2.33	52	7	*
	C3'	326,781	2.59	58	8	*
D	D1	446,782	3.54	79	10	*
	D2	282,520	2.24	50	6	*
E	E1	154,185	1.22	27	3	**
	E2	152,923	1.21	27	3	**

NOTE:

- 1) O&M cost is estimated for direct cost only.
- 2) Ratios are shown in comparison to the Cm/Q of plan A1 as 100%.
- 3) Q: 4m<sup>3</sup>/s x 86,400 s/day x 365 days/year = 126,144,000 m<sup>3</sup>/year

S. 7. 5. 3 技術的評価

(1) 代替案A (圧送と自然流下)

この計画はポンプ設備を必要とするため、維持管理費（電力費用、修理費用）や交換費が高額になるので推奨できない。

(2) 代替案B (自然流下)

この計画は、Pachacamac遺跡通過に対する許可の取得の可能性が不明確なため、推奨できない。

(3) 代替案C (自然流下と圧送)

C<sub>1</sub>案とC<sub>2</sub>案は、ポンプ施設が必要であり、代替案Aと同じ短所を持つため推奨できない。C<sub>3</sub>案はPachacamac遺跡の通過が必要なため推奨できない。C<sub>3</sub>案は下水処理施設が高い位置にあるため、ポンプ施設なしで目的地まで処理水を導水することができるが、処理量はわずかである。

(4) 代替案D (自然流下と圧送)

代替案DはPachacamac遺跡の通過とポンプ施設が必要なため、その短所はC<sub>1</sub>案およびC<sub>2</sub>案と同様である。

(5) 代替案E (自然流下)

ポンプなしで下水を目的地まで導水できる。しかし、サイホンの採用は避けられない欠点を持つ。

(6) 技術的評価のまとめ

各代替案の技術的評価を表S-21に示す。この表より代替案Eが最も優れていると判断できる。

表S-21 各代替案の技術的評価

PLAN	PHASE I PLANNED SEWAGE QUANTITY (m <sup>3</sup> /s)	TECHNICAL EVALUATION	REMARKS
A	A <sub>1</sub>	4.0	*
	A <sub>2</sub>	2.0	*
	A <sub>3</sub>	1.0	*
B	B <sub>1</sub>	4.0	*
	B <sub>2</sub>	2.0	*
	B <sub>3</sub>	1.0	*
C	C <sub>1</sub>	2.33	*
	C <sub>2</sub>	1.83	*
	C <sub>3</sub>	0.83	*
	C <sub>3'</sub>	1.0	*
D	D <sub>1</sub>	1.5	*
	D <sub>2</sub>	1.0	*
E	E <sub>1</sub>	2.0	***
	E <sub>2</sub>	1.0	***

Legend : \*\*\* Superior \*\* Intermediate \* Inferior

S. 7. 5. 4 最適代替案の選定

各代替案の建設費、維持管理費、そして技術的評価を表S-22に示す。

ポンプ施設を含む代替案は、維持管理費、交換部品費、そして耐用年数経過後の設備購入費用が高いために推奨できない。また、導水管がPachacamac遺跡を横断する代替案は、文化遺跡調査が実行されるまでは計画することができない。総合的にみて、E<sub>1</sub>案を最適計画として推奨する。

表S-22 各代替案の建設費、維持管理費、技術的評価の比較

PLAN	PHASE I PLANNED SEWAGE Q' TY (M <sup>3</sup> /S)	CONSTRUCTION COST	O&M COST	TECHNICAL EVALUATION	COMPREHENSIVE EVALUATION
A	A1	4.0	***	*	*
	A2	2.0	*	*	*
	A3	1.0	**	*	*
B	B1	4.0	***	***	*
	B2	2.0	**	**	*
	B3	1.0	***	***	*
C	C1	2.33	*	*	*
	C2	1.83	*	*	*
	C3	0.83	*	*	*
	C3'	1.0	*	*	*
D	D1	1.5	*	*	*
	D2	1.0	*	*	*
E	E1	2.0	**	**	***
	E2	1.0	**	**	***

Legend: \*\*\* Superior \*\* Intermediate \* Inferior



S. 8 CHIRA海岸の汚染状況解析



## S. 8 CHIRA海岸の汚染状況解析

### S. 8. 1 序論

Direction Tecnica de Salud Ambiental (DITESA)はリマ首都圏の海岸地域沿いの海水汚染調査のために、1984年より海水汚染調査研究プロジェクトを発足させた。この調査の目的は汚染に対して、対策を樹て、海岸地域の環境を保護、保全しようとするものであり、解析はコンピュータによるシミュレーションモデルを利用して実行された。本調査では、このモデルを利用し、Surco幹線による汚染状況を解析した。

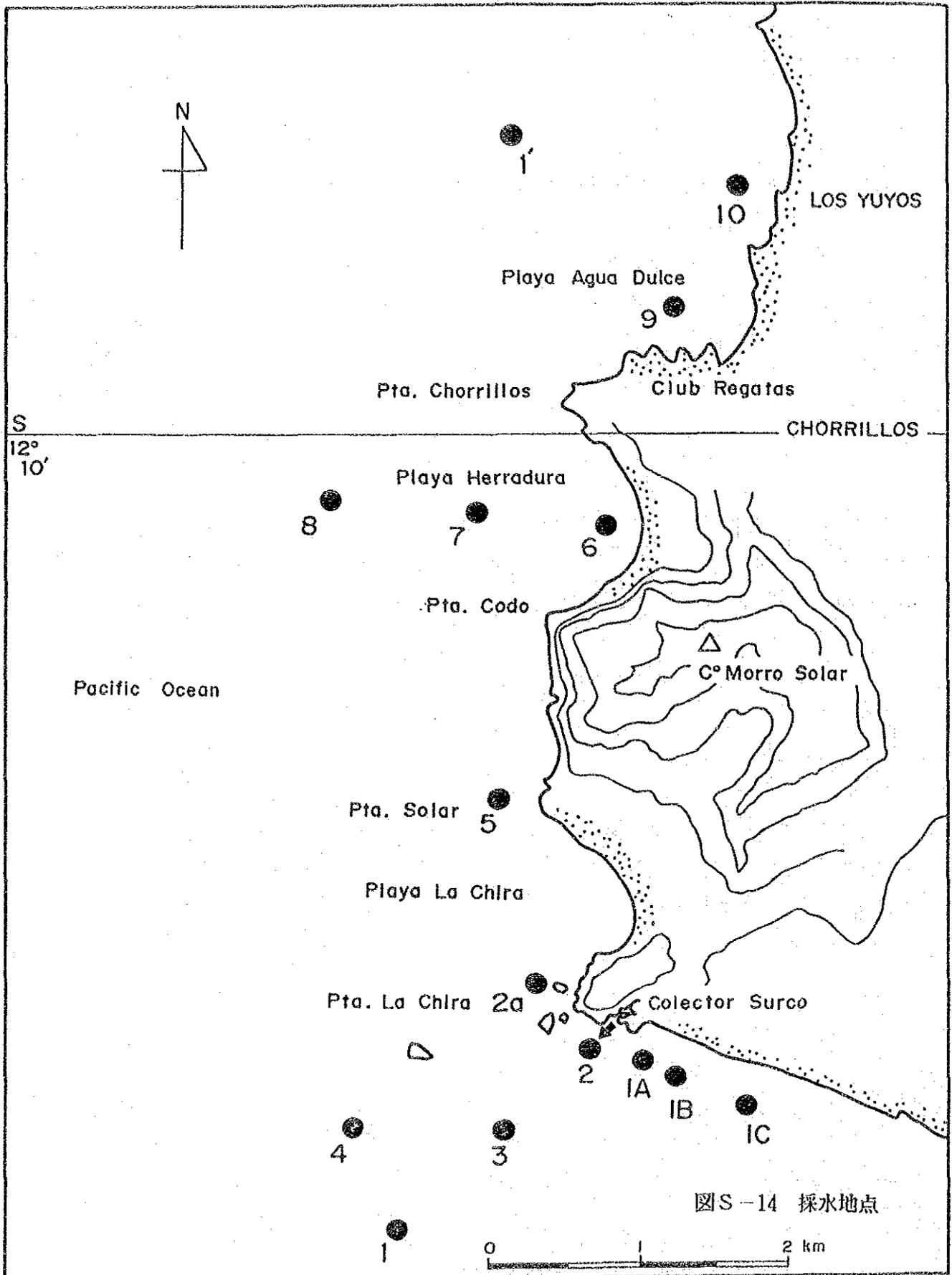
### S. 8. 2 海水汚染の現況

#### S. 8. 2. 1 細菌

本調査期間中、図S-15に示される採水地点から採取したサンプルに対し細菌試験を行った。分析結果を表S-23に示す。海水中の大腸菌濃度は採水地点や採水日時により、大きな変動がある。サルモネラ菌は多数の漁船が集中している場所で検出された。

CEPIS は太平洋に面するリマの海岸で、一般大腸菌、ふん便性大腸菌の調査を1986年と1987年に実施したが、その結果は、サンプリング地点付近のふん便性大腸菌濃度が水質基準値を越えていることを示している。

汚水中の大腸菌数を Sucro幹線、Circunvalacion幹線、Barnearios del Sur幹線の3本の主要な下水管で測定した。分析結果を表S-24に示す。測定時での大腸菌濃度の変動を考慮して、平均濃度を計算し、解析用データとした。



图S-14 採水地点

表 S-23 海水の細菌試験分析結果

Analysed Items, Date (1959)	Sampling Point No.																	
	1	1'	1A	1B	1C	2-0m	2-3m	2-5m	2a	3	4	5	6	7	8	9	10	
<b>Total Coliform</b>																		
5/15	—	—	—	—	—	7.5x10 <sup>7</sup>	—	—	1.5x10 <sup>3</sup>	—	—	2.1x10 <sup>4</sup>	<1	—	—	—	2.1x10 <sup>2</sup>	—
5/23	—	—	—	—	—	1.1x10 <sup>7</sup>	1.5x10 <sup>5</sup>	<2.4x10 <sup>2</sup>	—	—	—	7 x10	2.3x10	—	—	—	—	9
5/29	—	4.3x10	—	—	—	2.4x10 <sup>7</sup>	—	—	—	2.4x10 <sup>7</sup>	<2.4x10 <sup>3</sup>	2.4x10 <sup>4</sup>	2.3x10	>2.4x10 <sup>3</sup>	>2.4x10 <sup>3</sup>	9	15	4.3x10
6/5	3.9x10	—	—	—	—	2.4x10 <sup>7</sup>	—	—	—	2.4x10 <sup>5</sup>	4	2.4x10 <sup>4</sup>	2.4x10 <sup>2</sup>	4 x10	2.4x10 <sup>2</sup>	2.4x10 <sup>2</sup>	4.3x10	—
6/12	—	—	—	—	—	1.1x10 <sup>7</sup>	—	—	—	9.3x10 <sup>5</sup>	1.5x10	2.4x10 <sup>2</sup>	2.3x10	4 x10	7	—	2.3x10 <sup>2</sup>	—
10/16	—	—	—	—	—	2.3x10 <sup>4</sup>	—	—	—	1.1x10 <sup>6</sup>	1.1x10 <sup>4</sup>	>2.4x10 <sup>4</sup>	4.6x10 <sup>2</sup>	4.6x10 <sup>2</sup>	4.3x10	9	2.4x10	—
10/23	—	—	—	—	—	9.3x10 <sup>4</sup>	—	—	—	4 x10 <sup>4</sup>	4 x10 <sup>2</sup>	2.3x10 <sup>4</sup>	1.1x10 <sup>3</sup>	1.1x10 <sup>3</sup>	1.1x10 <sup>3</sup>	2.4x10 <sup>2</sup>	2.3x10	—
10/30	—	—	4.6x10 <sup>4</sup>	4	<1	4.3x10 <sup>4</sup>	—	—	—	4 x10 <sup>2</sup>	—	9.3x10 <sup>3</sup>	4.6x10 <sup>2</sup>	7.5x10	1.1x10 <sup>4</sup>	—	—	—
<b>Fecal Coliform</b>																		
5/23	—	—	—	—	—	4.6x10 <sup>4</sup>	1.2x10 <sup>5</sup>	<2.4x10 <sup>2</sup>	—	—	—	7 x10	2.3x10	—	—	—	—	9
5/29	—	2.3x10	—	—	—	1.1x10 <sup>7</sup>	—	—	—	4.6x10 <sup>5</sup>	<2.4x10 <sup>3</sup>	2.4x10 <sup>4</sup>	<1	>2.4x10 <sup>3</sup>	>2.4x10 <sup>3</sup>	4	9	—
6/5	2.3x10	—	—	—	—	2.4x10 <sup>4</sup>	—	—	—	2.4x10 <sup>5</sup>	4	4.6x10 <sup>5</sup>	<1	4 x10	2.4x10 <sup>2</sup>	2.4x10 <sup>2</sup>	9	—
6/12	—	—	—	—	—	2.4x10 <sup>4</sup>	—	—	—	2.4x10 <sup>4</sup>	4	2.4x10 <sup>2</sup>	<1	4 x10	4	—	2.3x10	—
10/16	—	—	—	—	—	2.3x10 <sup>4</sup>	—	—	—	1.5x10 <sup>5</sup>	1.1x10 <sup>4</sup>	1.1x10 <sup>4</sup>	2.4x10 <sup>2</sup>	4.6x10 <sup>2</sup>	4.3x10	<1	4	—
10/23	—	—	—	—	—	4.3x10 <sup>4</sup>	—	—	—	4 x10 <sup>4</sup>	4 x10 <sup>2</sup>	2.3x10 <sup>4</sup>	4.6x10 <sup>2</sup>	1.1x10 <sup>3</sup>	1.1x10 <sup>3</sup>	4.3x10	<1	—
10/30	—	—	4.6x10 <sup>4</sup>	<1	<1	9 x10 <sup>5</sup>	—	—	—	4 x10 <sup>2</sup>	—	9.3x10 <sup>3</sup>	4.6x10 <sup>2</sup>	2.3x10	9.3x10 <sup>2</sup>	—	—	—
<b>Salmonella Bacteria</b>																		
6/12	—	—	—	—	—	2.4x10 <sup>2</sup>	—	—	—	—	—	<1	—	—	—	—	—	—
10/16	—	—	—	—	—	9.3	—	—	—	—	<1	—	—	—	—	—	—	—
10/30	—	—	2.1	<1	<1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

表 S-24 主要下水幹線細菌試驗分析結果

(May 31 - June 1)

	Main Sewer	Surco	Circun.	B. Sur	Total
Sewage Flow (m <sup>3</sup> /sec)	Maximum	4.929	1.454	0.305	6.569
	Minimum	2.769	0.839	0.082	3.756
	Average	4.058	1.134	0.178	5.370
Fecal Coliform (MPN/100ml)	Maximum	4.6x10 <sup>7</sup>	4.6x10 <sup>7</sup>	2.4x10 <sup>7</sup>	4.5x10 <sup>7</sup>
	Minimum	2.4x10 <sup>7</sup>	2.4x10 <sup>7</sup>	2.4x10 <sup>7</sup>	2.4x10 <sup>7</sup>
	Average	3.7x10 <sup>7</sup>	3.4x10 <sup>7</sup>	2.4x10 <sup>7</sup>	3.6x10 <sup>7</sup>

(June 19 - June 20)

	Main Sewer	Surco	Circun.	B. Sur	Total
Sewage Flow* (m <sup>3</sup> /sec)	Maximum	4.929	1.454	0.305	6.569
	Minimum	2.769	0.839	0.082	3.756
	Average	4.058	1.134	0.178	5.370
Fecal Coliform (MPN/100ml)	Maximum	1.1x10 <sup>8</sup>	4.6x10 <sup>7</sup>	1.1x10 <sup>8</sup>	9.7x10 <sup>7</sup>
	Minimum	4.3x10 <sup>6</sup>	9.3x10 <sup>6</sup>	2.4x10 <sup>7</sup>	6.3x10 <sup>6</sup>
	Average	4.5x10 <sup>7</sup>	3.9x10 <sup>7</sup>	5.1x10 <sup>7</sup>	4.4x10 <sup>7</sup>

\*: Sewage flow measured on May 31 to June 1 was applied.

(Oct. 19 - Oct. 20)

	Main Sewer	Surco	Circun.	B. Sur	Total
Sewage Flow (m <sup>3</sup> /sec)	Maximum	4.477	1.612	0.296	6.324
	Minimum	2.313	0.841	0.076	3.240
	Average	3.625	1.157	0.181	4.963
Fecal Coliform (MPN/100ml)	Maximum	2.4x10 <sup>8</sup>	2.4x10 <sup>8</sup>	4.3x10 <sup>7</sup>	1.9x10 <sup>8</sup>
	Minimum	9.0x10 <sup>6</sup>	4.0x10 <sup>6</sup>	4.0x10 <sup>6</sup>	7.5x10 <sup>6</sup>
	Average	7.5x10 <sup>7</sup>	9.6x10 <sup>7</sup>	3.2x10 <sup>7</sup>	7.8x10 <sup>7</sup>

## S. 8. 2. 2 重金属

CEPIS の協力でUNEPの技術者が、1985年より1988年までAgua Dulce海岸で採取される貝類の重金属濃度を分析した。調査結果によれば水銀(Hg)と銅(Cu)の値はそれぞれ  $500 \mu\text{g}/\text{kg}$  と  $100\text{mg}/\text{kg}$  となり許容限界以下であったが、カドミウム(Cd)値は  $0.05\text{mg}/\text{kg}$  限界を超えており、工場排水を含む Surco幹線からの下水によって影響を受けている可能性が強い。

Callao港での海水中の銅、カドミウム濃度がIMARPEによって、1974年から1986年まで測定された。その結果はそれぞれ  $9.7\sim 26.7 \mu\text{g}/\text{l}$  と  $1.58\sim 5.1 \mu\text{g}/\text{l}$  であった。

重金属は海水中でかなり高い濃度にあると結論される。Surco幹線からの下水排出量の減少に伴う重金属濃度の低下が期待される。

## S. 8. 3. シミュレーションの結果

ペルー国の水質基準の大きな指標の一つであるふん便性大腸菌を計算パラメーターとして使用した。これは下水によって生じる水質汚染に直接関係していると考えられるためである。1984年にDITESAによって開発されたボックス混合モデルをシミュレーションで使用した。

解析に使用されたボックス混合モデルはパラメーターが経時的にはなく、空間分布のみで変動すると仮定している。垂直方向に於ける温度差はなく、それゆえ、細菌は水平方向にのみ一様に分布すると仮定している。調査地域は Surco放流口付近を含めて、77の小区域に分割され、Surco幹線の下水流出量はその調査区域に対する全流量に付加された。

計算結果によれば、Surco放流口からの生下水放流によって生じている汚染は北方に広がっている。汚染の影響をうけていることを示す等濃度線は現在の放流状況下で、Club Regatas まで汚染が達していることを示している。

表S-25に Surco放流口からの計画平均流出量を示す。

表S-25 Surco放流口からの計画平均流出量

(Unit:  $\text{m}^3/\text{sec}$ )

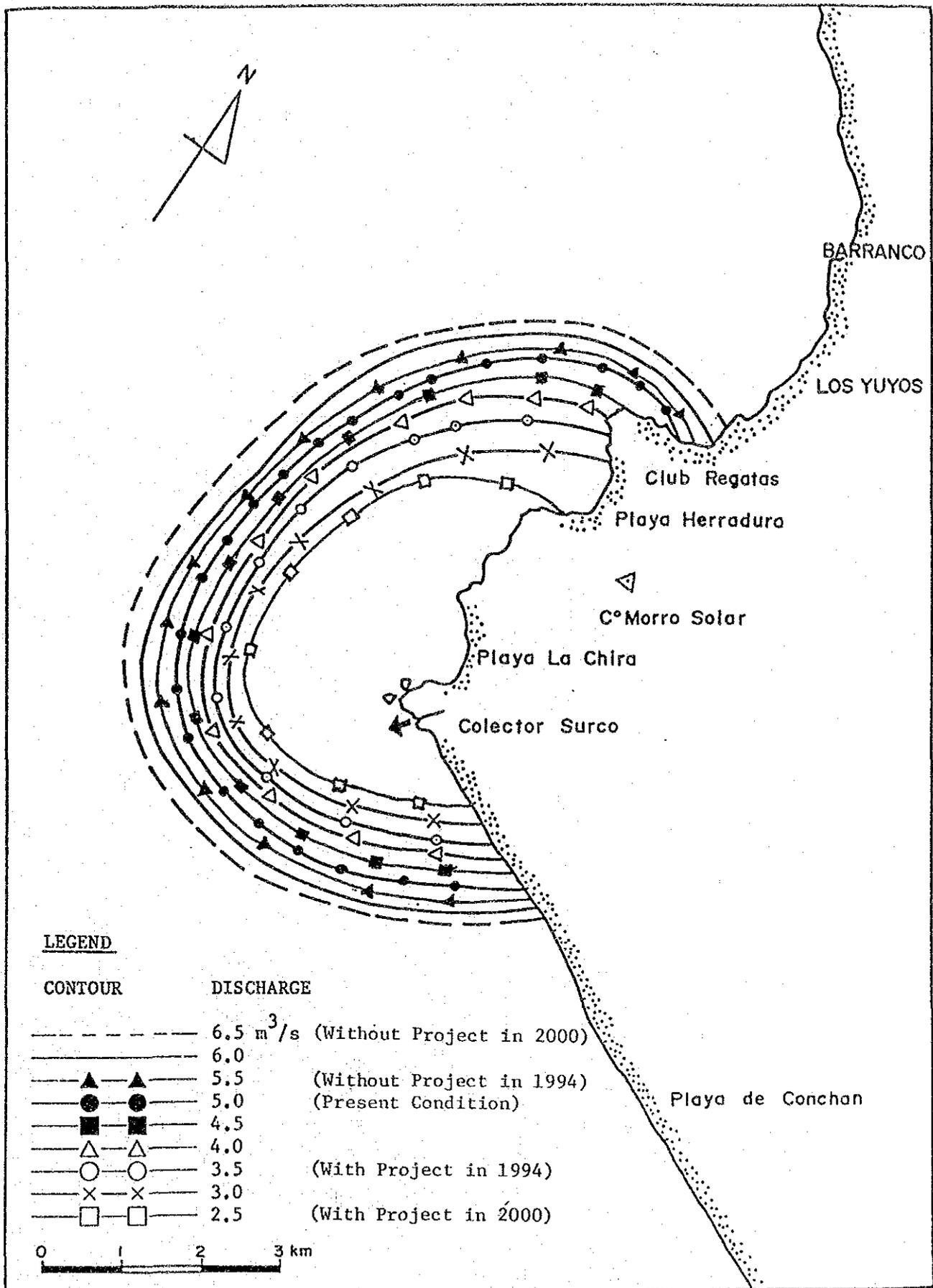
Year	1990	91	92	93	94	95	96	97	98	99	2000
Sewage Discharge	5.00	5.15	5.30	5.45	5.60	5.75	5.90	6.05	6.20	6.35	6.50
Interception	-	-	2.00	2.00	2.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Net Discharge	5.00	5.15	3.30	3.45	3.60	1.75	1.90	2.05	4.20	2.35	2.50

図S-15に本プロジェクトが実施された場合と実施されない場合の各段階のシミュレーション結果を示す。

#### S. 8. 4. 結論

現在の下水放流量は  $5.0\text{m}^3/\text{秒}$  であり、大腸菌数はLa Chira、Herradura、Club Regatasの遊泳地域で、(ペルー国内法で決められた) 限界値を超えている。2000年には排出量が  $6.5\text{m}^3/\text{秒}$  となり  $4.0\text{m}^3/\text{秒}$  の下水を減少させたとしても、La Chiraは遊泳のために不適当な場所として残るであろう。Herradura、Club Regatas、Agua Dulceの各海岸は遊泳可能な場所に回復すると確信する。

もし、本プロジェクトがスケジュール通り実行されるならば、Club Regatasより北に位置する地域の海水汚染は、2000年以降長年に亘って現在のレベルを超えないであろう。もし実施されないとしたら、逆に汚染はさらに北へかなり広がると思われる。



図S-15 シミュレーションの結果







## S. 9 事業評価

### S. 9. 1 実施計画

#### S. 9. 1. 1 実施工程

事業実施は、技術的問題及び投資規模を考慮し2フェーズに分割した。図S-17に示すように各フェーズは、それぞれ1992年および1995年の完成を目標とする。実施計画の立案は以下の条件を前提として行った。i) 各フェーズは詳細設計に1年、建設に2年を要し、ii) 詳細設計は資金調達手続等を含んでいる。そしてiii) 建設段階は、入札手続き、施工監理を含んでいる。実施計画は、取水施設、管路施設および下水処理施設の各施設別に立案した。

#### S. 9. 1. 2 事業投資計画

本事業に要する総費用は105,759千米ドルで、そのうち外貨部分は49,816千米ドル、内貨部分は、55,943千米ドルである。総費用には、詳細設計費、施工監理費、および、予備費が含まれている。内貨の構成は、実際に現地通貨で支払われる労務費および材料費である。外貨部分は輸入資機材で構成されている。

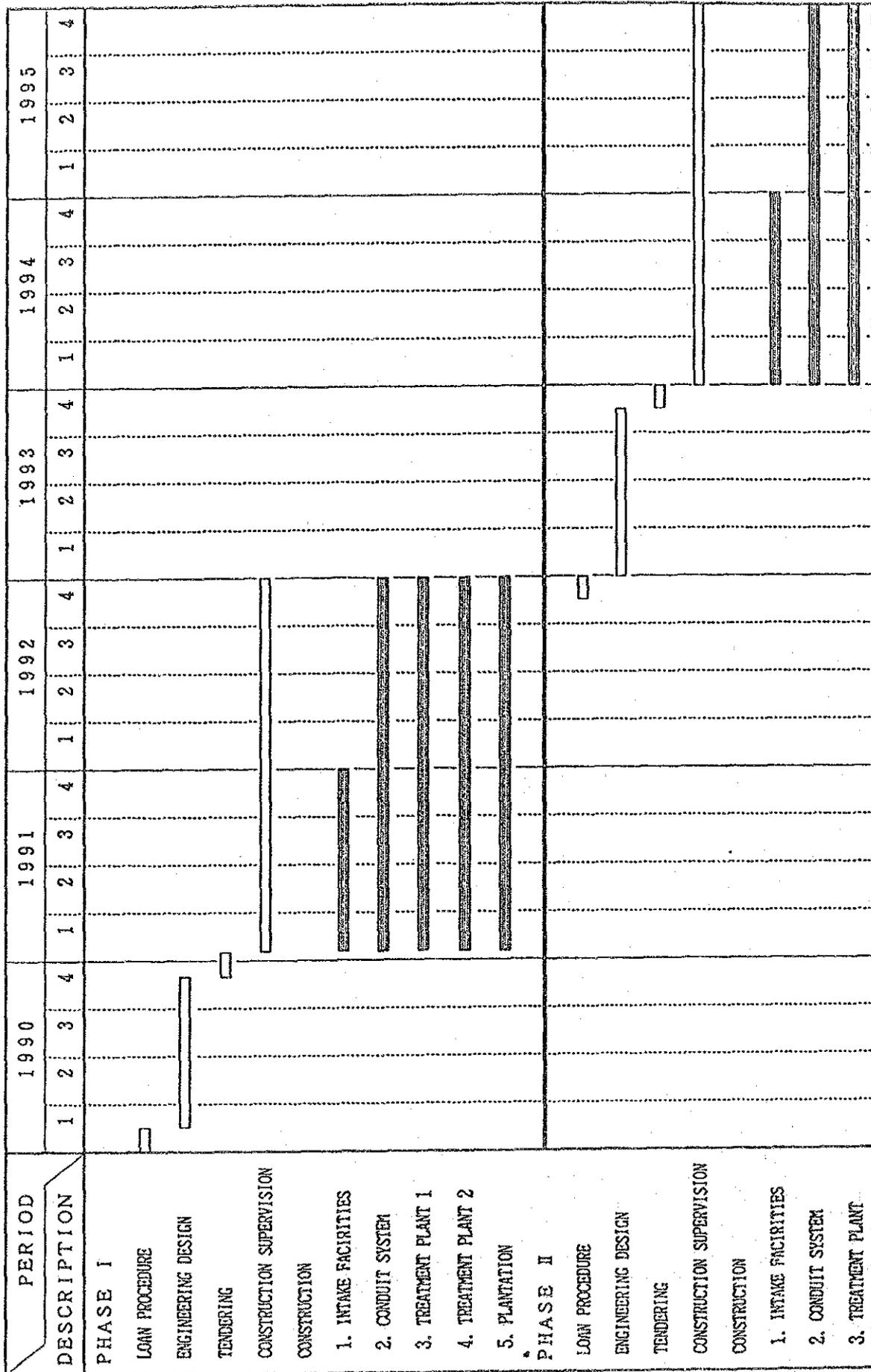
建設事業費の概要を表S-26に示す。

表S-26 事業費概要

(単位 : 米ドル × 1000)

項目	計	外貨部分	内貨部分
1. 取水施設	620	312	308
2. 管渠	71,661	37,480	34,181
3. 処理場	19,892	5,708	14,184
4. 植林	61	0	61
小計	92,234	43,500	48,734
5. 設計・監理費			
詳細設計費	3,640	2,366	1,274
施工監理費	2,427	1,577	849
6. 予備費	7,458	2,372	5,086
小計	13,525	6,315	7,209
総計	105,759	49,816	55,943

図S-16 実施計画



NOTE :  CONSTRUCTION WORKS  
 OTHER WORKS

## S. 9. 2 組織・運営

SEDAPAL の現組織を検討した結果、本事業の実施・運営のためには新たな管理組織の創設が必要と考えられる。新組織は、南部リマ下水道事務所として、SEDAPAL現組織の下部に置き、その組織は、処理施設課と管渠課から構成され事務所長の指揮の下に運営されるものとする。各課には課長を置き、それぞれの施設の運転管理の責任を負うものとする。料金徴収等の事務所管轄外の業務については、従来通り本部組織管轄とする。

## S. 9. 3 財務分析

事業実施主体である SEDAPALの財務状況を調査し、本事業実施に必要な建設費、維持管理費の資金負担が可能かどうか判断する為に、財務分析を実施した。

### S. 9. 3. 1 財務現況

SEDAPAL は、中央政府より、行政的、技術的、財務的に独立した組織である。SEDAPALは、その収入源を水道料金及び下水道料金等から得ている。運転管理費を含めた事業予算は、関連法規に従い計上、執行される。1988年度において SEDAPALは、その各サービスの総売上を 6,912,442 千インティとしたが、最終的には16,425,126千インティの経常損失を計上した。

### S. 9. 3. 2 資金計画

事業実施の所要資金としては、建設費及び、債務償還や減価償却を含めた各年の運転管理費に関わる経常的支出に大別される。

### S. 9. 3. 3 資金計画代替案

本事業が SEDAPALおよび利用者に与える財務的影響を評価するため、資金調達計画に関し、以下の4つの代替案を検討した。

代替案1：全事業費が多国間ローンにより賄われる場合

代替案2：外貨部分は二国間ローンにより、内貨部分は多国間ローンによりそれぞれ賄われる場合

代替案3：外貨部分は、多国間ローンにより賄われ、内貨部分は二国間ローンと政府補助金により賄われる場合

代替案4：全外貨部分と内貨部分の一部を含め全事業費の約70%が二国間ローンにより賄われ、他は政府補助金による場合

代替案で前提とした融資条件は、以下のとおりである。

多国間ローン： 償還期間 20年 (内据置期間 6年)  
(IBRD) 年利率 8.0%

二国間ローン： 償還期間 30年 (内据置期間 10年)  
年利率 2.5%

これらの代替案の中で債務償還の資金負担の割合から代替案3と代替案4が最も好ましいと考えられる。しかしながら、代替案4は、実施機関の資金負担が、建設および運転期間を通じより軽減されたものとなる為、建設時および運転時に若干の利点があり、最も推奨される資金調達計画案である。この案の支出計画と資金配分を、表S-27に示す。

表S-27 事業支出計画

## a. 事業費、支出計画

(単位：米ドル×1000)

年次	外貨	内貨	計
1990	1,147	617	1,764
1991	11,750	12,205	23,910
1992	11,532	12,002	23,534
1993	1,220	657	1,876
1994	10,990	12,756	23,746
1995	10,851	12,620	23,471
合計	47,444	50,857	98,301

## b. 資金配分

(単位：米ドル×1000)

年度	二国間融資	政府補助金	合計
1990	1,638	126	1,764
1991	16,722	7,188	23,910
1992	16,475	7,059	23,534
1993	1,742	134	1,876
1994	15,699	8,047	23,746
1995	15,501	7,970	23,471
合計	67,777	30,524	98,301

## S. 9. 3. 4 収入予想

前述したように、SEDAPALの下水道料金は、水道料金に含まれたものとなっている。又、利用者がSEDAPALの水道システムに接続していない場合は、特別の下水道料金を適用している。

下水道使用料金から期待できる収入予想を表S-28に示した。

表 S-28 下水道料金収入

(単位：米ドル×1000)

年次	家庭下水	その他	合計
1990	4,305	2,658	6,963
1991	4,504	2,677	7,181
1992	4,712	2,697	7,409
1993	4,929	2,715	7,644
1994	5,152	2,734	7,886
1995	5,383	2,735	8,136
1996	5,623	2,773	8,396
1997	5,872	2,793	8,665
1998	6,129	2,813	8,942
1999	6,396	2,833	9,229
2000	6,672	2,853	9,525

前提条件：

- (1) 家庭用下水道料金は、水道料金の35%とする。
- (2) その他下水道料金は、商業用下水道料金の35%とする。即ち、 $135 \text{ インティ}/\text{m}^3 \times 0.35 = 46 \text{ インティ}/\text{m}^3$
- (3) 工場排水に対する下水道料金は、 $57.5 \text{ インティ}/\text{m}^3$ とする。
- (4) 上記下水道料金は、2010年まで変更なし。
- (5) 賦課される人口は、Surco排水区に限る。
- (6) 為替レートは、1米ドル：500インティ

下水の処理水を San Bartolo平原における灌漑事業に供給することにより総計 3,278,880米ドルの水使用料金収入が期待できる。この内、SEDAPALは年間 2,185,920米ドルをこのプロジェクトの財務的便益として計上できる。

#### S. 9. 3. 5 本事業の経営総経費

本事業において、SEDAPAL本部組織の一般管理費負担相当分は、全体本部経費の約12%程度となる。これは、本事業により、カバーされる Surco排水区のサービス人口及び水道料金に占める下水道料金の割合により算出されている。

#### S. 9. 3. 6 資金繰表

予想される資金繰より、本事業は、建設各フェーズ及び運転期間を通じ、毎年の必要経費を十分賄うに可能な収益を計上できる。これは、本事業が財務的にその実施の妥当性を有していることを示している。

又、1990年より2010年までの平均下水処理費用は  $1 \text{ m}^3$  当り0.03米ドルとなる。

## S. 9. 4 経済分析

経済分析において、財務分析で用いた市場価格は、政府よりの直接補助金や金融費用等の移転費用を除くことにより経済価格に変換される。

### S. 9. 4. 1 経済便益

下水道施設の建設により地域社会にもたされる健康便益は主に次のものがある。1)事業実施により、地方自治体や国に対し、医療施設の建設や病気の予防のため必要な費用負担軽減。2)感染媒体の接触機会の減少のため、伝染病発生率の減少。

また、本プロジェクトは、次の点から地域の経済に寄与できると考えられる。1)この地域の土地および関連財産の価値の上昇。2)土地利用の効率化。3)増加した土地や財産に対する課税による国家収入の増加。4)地域住民の雇用機会の増加。5)地域生産財の売上増加。

下水処理水を農業用水として再利用することにより、農地として開発された地域における地価の上昇は、本事業実施による便益と考えられる。農業目的として開発され得る総面積は4,800 haで、その開発費用は、ha当り 6,000米ドルである。又、観光事業部門においても、年間 3,390千米ドルの増収が見込まれる。

経済便益の概要を表S-29に示す。

事業実施後、15年間に亘る、定量化可能な経済便益は、101百万米ドルとなる。又、現在価値ベースでは、41百万米ドルである。

表S-29 経済便益

(単位：米ドル×1000)

年度	健康便益	土地価格	観光収入	水の経済価値	合計
1990	0	0	0	0	0
1991	0	0	0	0	0
1992	0	0	0	0	0
1993	242	0	1,696	0	1,938
1994	252	4,320	1,696	0	6,268
1995	262	540	1,696	806	3,304
1996	272	540	3,391	806	5,009
1997	283	6,540	3,391	806	11,020
1998	294	1,290	3,391	1,681	6,656
1999	306	750	3,391	1,681	6,128
2000	318	750	3,391	1,681	6,140
2001	318	750	3,391	1,681	6,140
2002	318	0	3,391	1,681	5,390
2003	318	0	3,391	1,681	5,390
2004	318	0	3,391	1,681	5,390
2005	318	0	3,391	1,681	5,390
2006	318	0	3,391	1,681	5,390
2007	318	0	3,391	1,681	5,390
2008	318	0	3,391	1,681	5,390
2009	318	0	3,391	1,681	5,390
2010	318	0	3,391	1,681	5,390

## S. 9. 4. 2 経済費用

市場価格で表された事業費用は、潜在価格係数を用いて経済価格に変換される。ここでは、以下のような条件で変換を行った。1) 事業費のうち外貨部分には26,320千米ドルの輸入関税が、又、内貨部分には4,202千米ドルの消費税が含まれている。2) 事業費の内貨部分に対しては、1.3の潜在外貨交換率を適用する。未熟練労働者に支払われる賃金に対する変換係数は0.5とし、その割合は全事業費内貨部分の約20%相当とする。

## S. 9. 4. 3 経済分析

本事業実施の経済的妥当性を、経済内部収益率 (EIRR) 等の経済指標により評価する。使用した経済指標は以下の通りである。

B : 便益の現在価値

C : 費用の現在価値

B/C: 便益費用比率

NPV: 純現在価値

経済費用・便益を現在価値に変換するための割引率には資本の機会費用である8%を採用する。この様な条件の下で、便益費用比率が1を上廻るか、あるいは、割引率8%のとき純現在価値が0を上廻れば、経済的に本事業実施の妥当性が認められたこととなる。表S-30から明らかのように経済内部収益率、純現在価値及び便益費用比率はそれぞれ9.67%、5,717米ドル、1.15となった。ここで経済内部収益率は国際金融機関の利率及び8%の資本的機会費用を超えており、また、便益費用比率および純現在価値も経済的妥当性の基準を満足している。よって、本事業は経済的に妥当性が有り、事業の実施が強く望まれるものである。

表S-30 経済便益・費用

(単位：米ドル×1000)

年度	土地 価格	健康 便益	観光 収入	水 価値	便益 計	事業 費	運営 費	費用 計	純益	現在価値			
										便益	費用	純益	
1990	0	0	0	0	0	906	0	906	-906	0	906	-906	
1991	0	0	0	0	0	13,117	0	1,311	-13,117	0	12,145	-1,214	
1992	0	0	0	0	0	12,909	0	12,909	-12,909	0	11,067	-1,106	
1993	0	242	1,696	0	1,938	985	94	1,079	859	1,538	856	68	
1994	6,420	252	1,696	0	6,268	13,368	94	13,462	-7,194	4,607	9,895	-528	
1995	540	262	1,696	806	3,304	13,217	94	13,311	-10,007	2,248	9,059	-681	
1996	540	272	3,391	806	5,009	0	118	118	4,891	3,157	75	308	
1997	6,540	283	3,391	806	11,020	0	118	118	10,902	6,430	69	636	
1998	1,290	294	3,391	1,681	6,656	0	118	118	6,538	3,596	64	353	
1999	750	306	3,391	1,681	6,128	0	118	118	6,010	3,066	59	300	
2000	750	318	3,391	1,681	6,140	0	118	118	6,022	2,844	55	278	
2001	750	318	3,391	1,681	6,140	0	118	118	6,022	2,633	51	258	
2002	0	318	3,391	1,681	5,390	0	118	118	5,272	2,140	47	209	
2003	0	318	3,391	1,681	5,390	0	118	118	5,272	1,982	44	1,938	
2004	0	318	3,391	1,681	5,390	0	118	118	5,272	1,835	40	1,795	
2005	0	318	3,391	1,681	5,390	0	118	118	5,272	1,699	37	1,662	
2006	0	318	3,391	1,681	5,390	0	118	118	5,272	1,573	35	1,539	
2007	0	318	3,391	1,681	5,390	0	118	118	5,272	1,457	32	1,425	
2008	0	318	3,391	1,681	5,390	0	118	118	5,272	1,349	30	1,319	
2009	0	318	3,391	1,681	5,390	0	118	118	5,272	1,249	27	1,221	
2010	0	318	3,391	1,681	5,390	0	118	-26,809	32,199	1,156	-5,752	6,908	
残存価値	(-26,927)												
現在価値計										44,559	38,842	5,717	
便益・費用比率						1.15			経済内部収益率			9.67%	

## S. 9. 5 感度分析

感度分析においては、1)政府の資本投資援助、2)下水道料金、3)国際借款金利及び資金調達配分、4)農業プロジェクトの除外あるいは遅延等の不確実な要因につき、それらが変化した場合、事業の実施が、その資金的な面から、あるいは、その効果の面から、どのような影響をうけるかを判断した。資金計画が代替案4、下水料金が2010年まで変化なし、政府補助金の適用はなし、かつ農業事業実施を予想しないケースBを除き、他のケースは全てが本事業が経済的に妥当性があることを示した。

## S. 9. 6 事業の有効性評価

交通、発電、水道等の公共事業は、生産性にかかわる便益評価が与えられる。しかしながら下水道のような非生産的社会基盤整備事業においては、費用のような定量可能なもののみが評価に使われるならば、その便益の評価は困難である。それにもかかわらず、リマ市下水道の普及促進は、現在、下水の無処理放流による海域の汚濁防止のため緊急課題となっている。ペルー国政府は、既にそのリゾート海浜の大部分を水泳禁止区域に指定している。リマ市の下水管路網はほぼ整備されているが、生下水は Surco放流渠をとおして太平洋へ無処理で放流されている。人口増加に伴う下水問題の悪化が、その水使用システムのために伝染病発生増加の一因となっている地区もある。本事業が実施されれば海洋汚染の改善が見込まれ、低収入層の人々は、再び海岸リゾートで安全な娯楽を享受できることになる。

提案された下水道事業案に対して、技術的および経済的見地から検討が加えられ、その結果が本報告書に述べられている。事業費および考えられる便益について検討した結果、本事業は経済的にも妥当性が大きいと認められる。

下水道の建設と並行して広大な農業開発プログラムがもくろまれている。処理水は、直接この地域の農業利用に供される。これが実現されたときの経済効果として、雇用創出、商業、および新たな地域社会の発生が考えられ、社会的インパクトは大きい。

下水の循環利用の小規模なものは既にペルー国内の30箇所以上で行われている。San Bartoloのような大型のプロジェクトの実施は、今後のペルー国における下水循環利用を発揚するであろう。





## S. 10 結論および提言

### S. 10.1 結論

推奨計画の概要と分析結果は次のとおりである。

#### (1) 目標年次

本調査における事業の目標年次は西暦2000年とする。

#### (2) 計画人口

リマ首都圏と調査対象区域の現在および将来計画人口は次のとおり。

年	リマ首都圏	Surco排水区
1989	6,000,000	1,700,000
2000	7,600,000	2,700,000

#### (3) 計画下水量 (口平均)

1989年 : 5.0 m<sup>3</sup>/秒

家庭污水 3.619 m<sup>3</sup>/秒

工場排水・その他 1.381 m<sup>3</sup>/秒

計 5.000 m<sup>3</sup>/秒

2000年 : 6.5 m<sup>3</sup>/秒

項目	単位	家庭污水			工場 及び その他排水	計
		D/S.H	D/S.L	I.D		
人口	人	899,290	1,507,860	279,950		2,687,100
単位汚水量	ℓ/人/日	210	180	110		
下水量	m <sup>3</sup> /秒	2.186	3.142	0.356	0.356 +0.467	6.506 約6.5

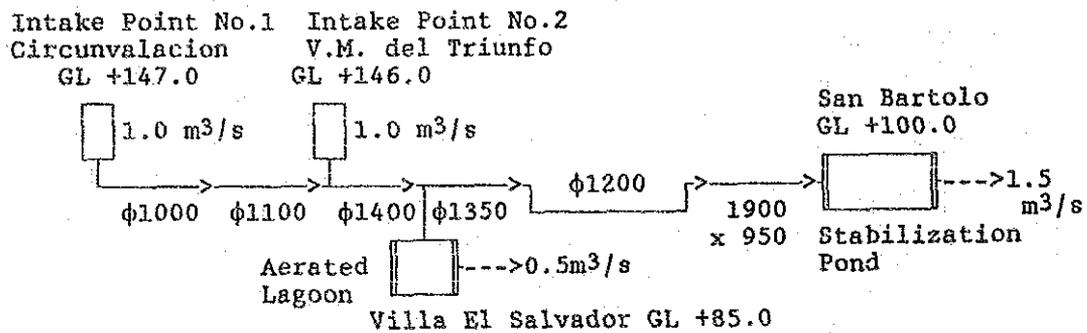
(4) 計画水質

項目	流入	処理水	除去率
BOD <sub>5</sub>	250 mg/ℓ	49 mg/ℓ (酸化池)	80%
		30 mg/ℓ (曝気ラグーン)	88%
SS	250 mg/ℓ	- mg/ℓ (酸化池)	-%
		60 mg/ℓ (曝気ラグーン)	76%

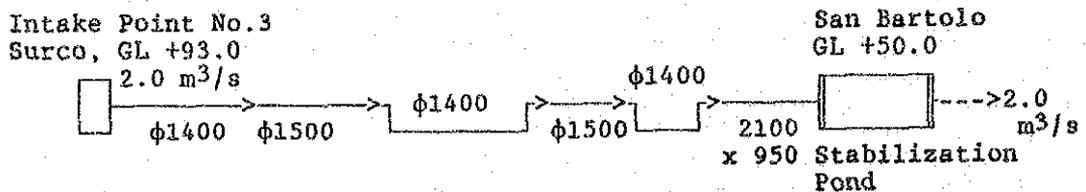
(5) 最適案

a. 計画概要

フェーズ I



フェーズ II



b. 施設概要

・取水施設

制水扉、スクリーン、沈砂地、流量計を設ける。

・導水施設

下水は自然流下で導水される。自然流下区間はコンクリート管と開水路、サイホン区間はプレストレスト・コンクリート管とダクタイル鋳鉄管が使用される。サイホン管には空気弁と排泥弁が必要な個所に設置される。

・下水処理施設

1) Villa El Salvador は曝気ラグーン方式とする。

機械式エアレータが設置される。滞留時間は曝気ラグーンで4日、沈澱地で1日である。所要敷地面積は15haである。

2) San Bartolo は酸化池方式とする。

動力を必要としない。滞留時間はNo.1通性池とNo.2通性池で合計15時間である。所要敷地面積は450haである。

c. 建設費

本事業の建設費は次のように積算された。

(単位：米ドル1000)

フェーズ	直接費					間接費			合計
	処理施設					諸経費	植林	小計	
	取水施設	導水施設	土木建築	機械電気	小計				
I	283	27,201	5,494	4,831	37,809	11,338	61	11,399	49,208
II	226	31,563	5,976	-	37,765	11,328	-	11,328	49,093
合計	509	58,764	11,470	4,831	75,574	22,666	61	22,727	98,301

積算基準日は1989年10月26日

通貨換算率：1/ 6,050.75 = US\$ 1.00

d. 維持管理費

本事業の維持管理費は次のように積算された。

(単位：米ドル/年)

フェーズ	導水施設	処理施設		計
		人件費	動力費	
I	1,888	31,200	89,261	122,349
II	1,884	29,952	-	31,836
計	3,772	61,152	89,261	154,185

(6) 事業評価

a. Surco 海岸の水質汚濁の改善効果

現在、Club Regatasまで遊泳禁止海域であるが（図S-15参照）、生下水 4.0 m<sup>3</sup>/秒をカットした2000年には汚染区域は 3.0km後退するので、Playa Herradura 以北は、快適なレクリエーション水域に改善される。

b. 下水処理水による砂漠地帯の緑農地化

計画完成時に得られる緑農地面積は次のとおりである。

地区	下水量	緑農地面積	農年就業者
VILLA EL SALVADOR	0.5 m <sup>3</sup> /秒	500 ha	1,000 人
SAN BARTOLO	3.5	4,300	9,000
計	4.0	4,800	10,000

### c. 財務分析

#### 資金計画

- 二国間ローン - 事業費の約70% (67,777千米ドル)
- 政府補助金 - 事業費の約30% (30,524千米ドル)

#### 分析結果:

- 便益費用比率 1.20 (資本の機会費用 8%) > 1.0
- 現在価値 US\$ 30,660,000 (同上) > 0

### d. 経済分析

#### 分析結果:

- 経済内部収益率 9.67% > 8.0%
- 便益費用比率 1.15 (資本の機会費用 8%) > 1.0
- 純現在価値 US\$ 5,717,000 (同上) > 0

### e. 感度分析

農業プロジェクトの便益を除外すると、本プロジェクトは財務的にも経済的にも妥当性がなくなる。

## (7) 結論

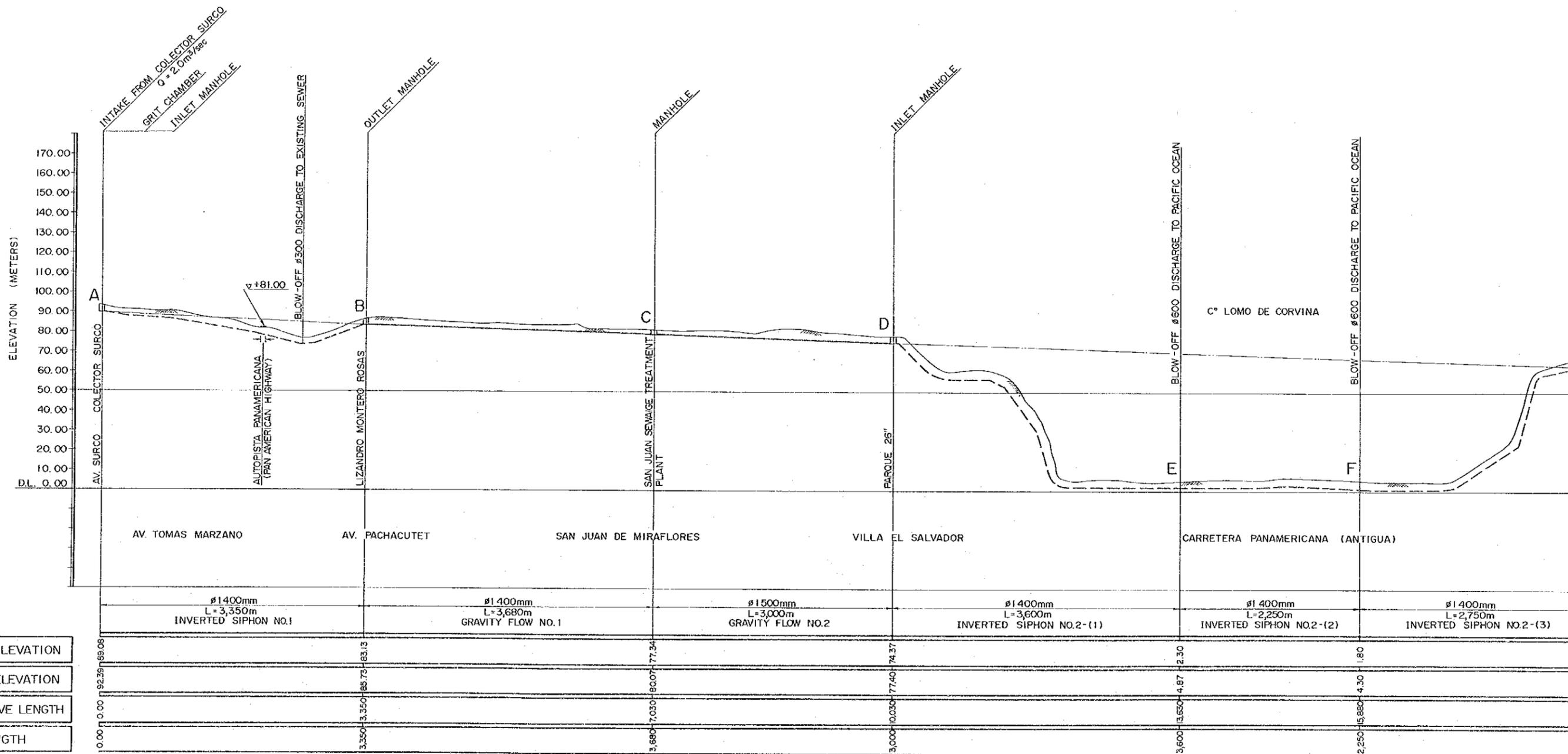
この調査計画において、さまざまな代替案 (14案) が立案された。費用面、技術面から各案の評価を行い、その中から計画に最もふさわしい案 (E<sub>1</sub>案) を選定し、さらに、財務的、経済的に検討を行ったところ、その妥当性も十分であるという結論を得た。

## S. 10. 2 提言

本事業を円滑に実施し、実りあるものにするため以下の提言を行う。

1. 衛生機器や台所機器からの漏水対策の実施による水の効率的使用
2. Surco 海岸 (Playa de la Chira から Barrancoまで) に沿った地域の下水道施設の建設。

3. 全プエブロ・ホーベン地区の十分な上下水道施設の建設。本計画の中には、枝線や取付管は含まれていない。
4. 本事業の完成に先立つトレーニングの実施。これは、設計建設段階で行われる。
5. 処理水利用のためSan Bartolonにおける農業関連のプロジェクトとの調整。
6. 耐久性と円滑なる維持管理のため、サイホンに対する更なる調査。
7. 2.0 m<sup>3</sup>/秒の取水が可能な場合、フェーズ I における導水施設の拡大は技術的に可能である。



INVERT ELEVATION
GROUND ELEVATION
CUMULATIVE LENGTH
LENGTH

0.00	3,350	3,680	7,030	7,740	10,050	13,650	15,880
92.29	85.75	80.07	77.34	74.37	72.30	4.87	4.30
0.00	3,350	7,030	10,050	13,650	15,880		
0.00	3,350	7,030	10,050	13,650	15,880		

Q : 2.0 m<sup>3</sup>/sec  
 V : 1.29 m/sec  
 S : 1.2 ‰

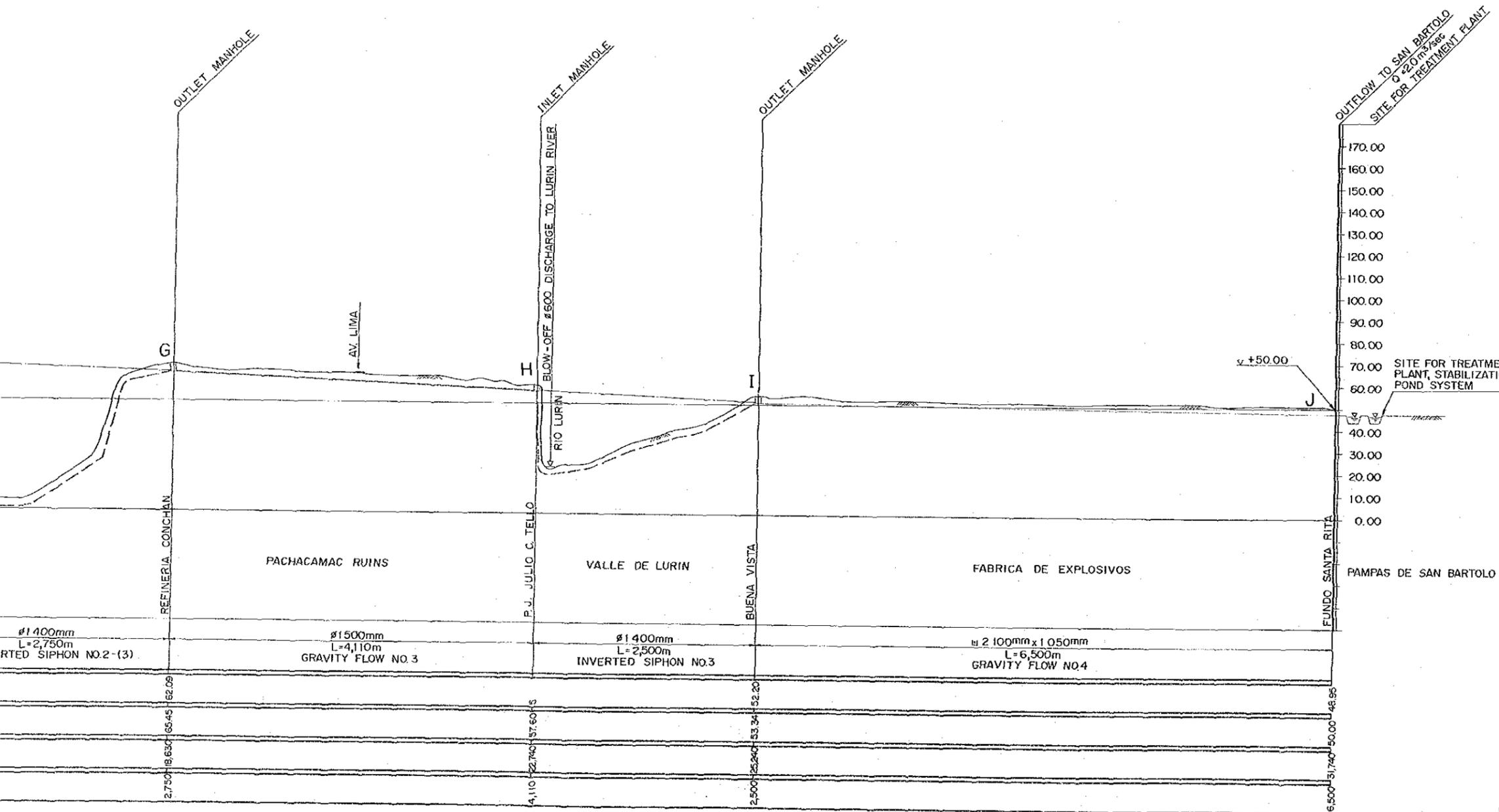
Q : 2.0 m<sup>3</sup>/sec  
 V : 1.29 m/sec  
 S : 1.4 ‰

Q : 2.0 m<sup>3</sup>/sec  
 V : 1.13 m/sec  
 S : 0.9 ‰

Q : 2.0 m<sup>3</sup>/sec  
 V : 1.29 m/sec  
 S : 1.4 ‰

Q : 2.0 m<sup>3</sup>/sec  
 V : 1.29 m/sec  
 S : 1.4 ‰

Q : 2.0 m<sup>3</sup>/sec  
 V : 1.29 m/sec  
 S : 1.4 ‰



**LEGEND**

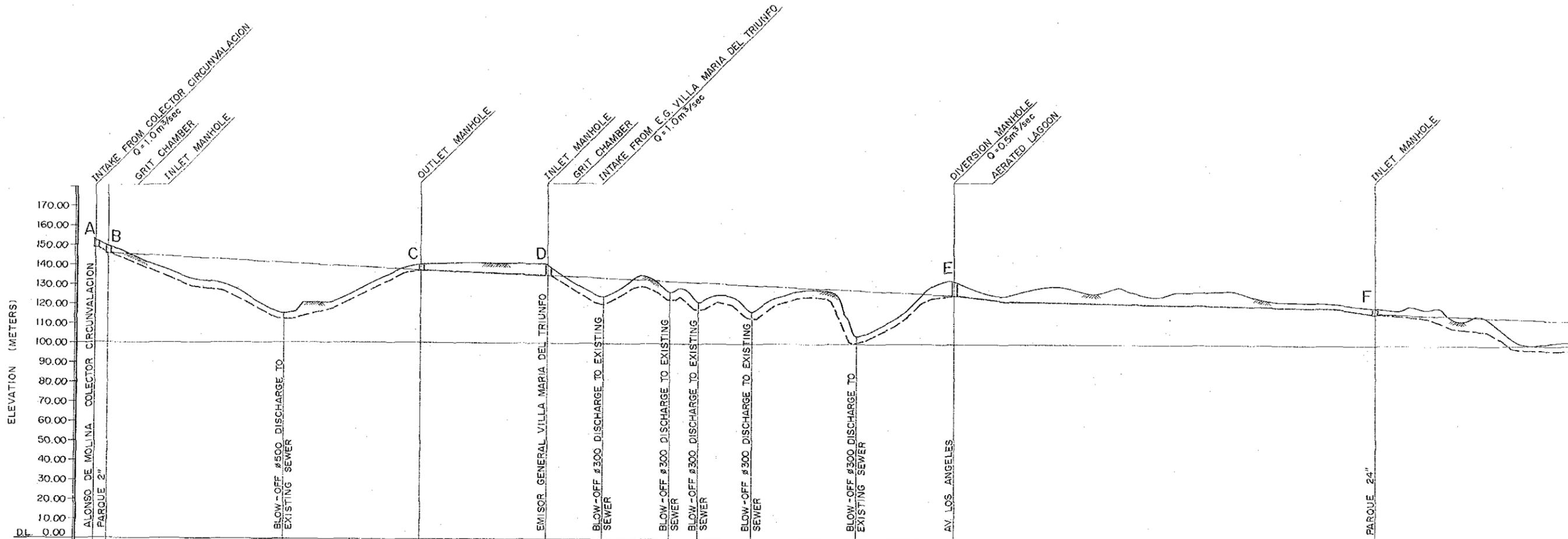
INVERTED SIPHON	---
GRAVITY FLOW	—
SPECIAL MANHOLE	⊕
HYDRAULIC GRADIENT	---
DIAMETER	∅
OPEN CHANNEL	U
LENGTH	L =
QUANTITY	Q :
VELOCITY	V :
SLOPE	S :

SCALE V = 1 : 2,000  
H = 1 : 50,000

Q : 2.0 m <sup>3</sup> /sec V : 1.29 m/sec S : 1.4 ‰	Q : 2.0 m <sup>3</sup> /sec V : 1.36 m/sec S : 0.9 ‰	Q : 2.0 m <sup>3</sup> /sec V : 1.30 m/sec S : 1.5 ‰	Q : 2.0 m <sup>3</sup> /sec V : 1.04 m/sec S : 0.5 ‰
--	--	--	--

Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima <b>SEDAPAL</b>		
FEASIBILITY STUDY ON IMPROVEMENT OF SEWERAGE SYSTEM IN SOUTHERN PART OF LIMA		
TITLE: <b>LONGITUDINAL PROFILE OF RECOMMENDED SYSTEM PHASE II</b>		
SCALE: AS SHOWN	DATE: - '90	DRAWING No.: 3/3
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY		

FIGURE 7-28



INVERT ELEVATION	146.30	133.58	130.95	120.99	114.87
GROUND ELEVATION	148.71	146.10	135.60	137.00	123.00
CUMULATIVE LENGTH	0.00	4.090	5.630	10.980	16.350
LENGTH	150	150	150	150	150

Q : 1.0 m<sup>3</sup>/sec  
 V : 2.63 m/sec  
 S : 8.0 ‰

Q : 1.0 m<sup>3</sup>/sec  
 V : 1.27 m/sec  
 S : 2.2 ‰

Q : 1.0 m<sup>3</sup>/sec  
 V : 1.41 m/sec  
 S : 1.5 ‰

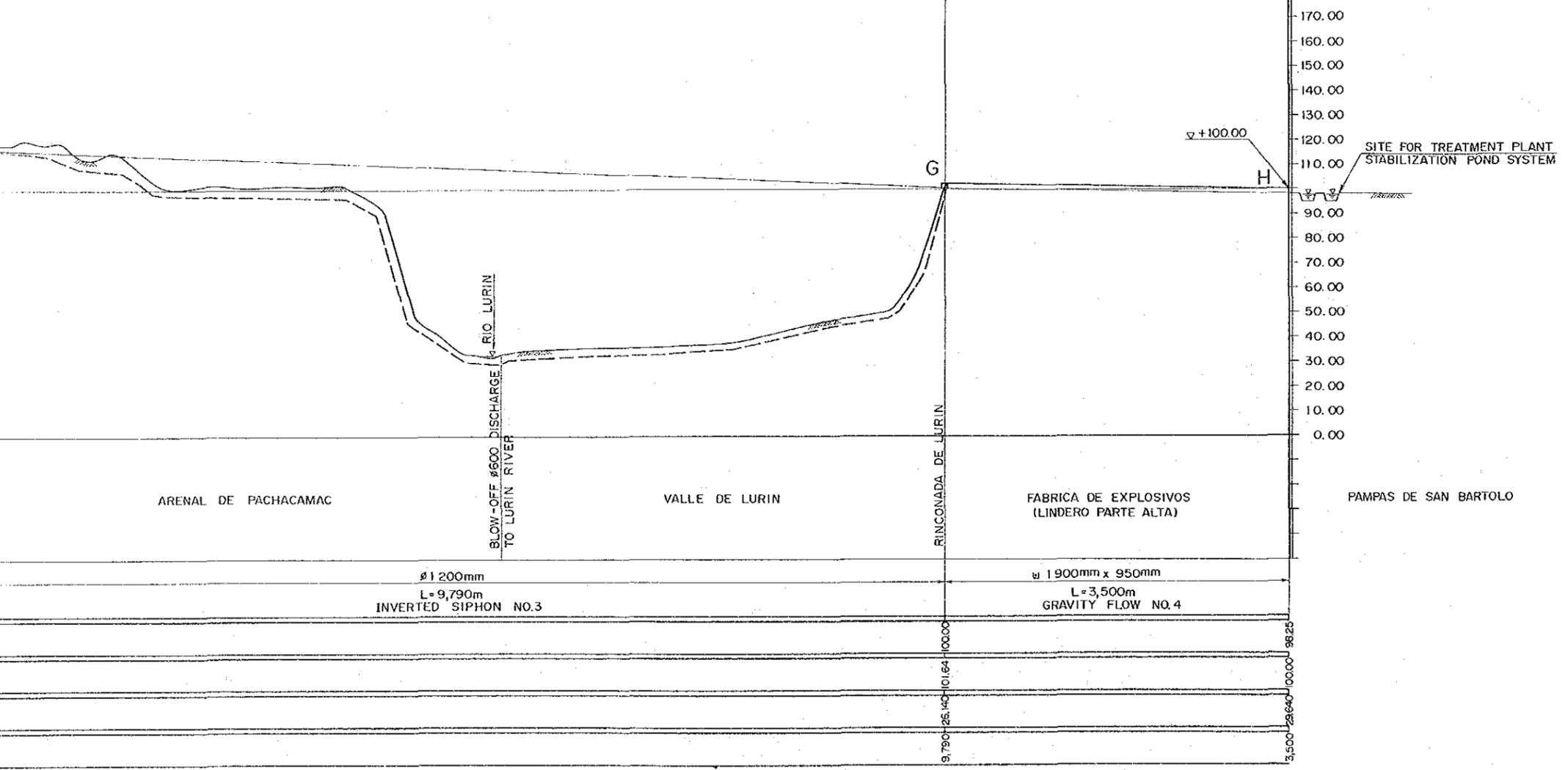
Q : 2.0 m<sup>3</sup>/sec  
 V : 1.30 m/sec  
 S : 1.9 ‰

Q : 1.5 m<sup>3</sup>/sec  
 V : 1.38 m/sec  
 S : 1.1 ‰

MANHOLE

OUTLET MANHOLE

OUTFLOW TO SAN BARTOLO  
Q = 1.5 m<sup>3</sup>/sec  
SITE FOR TREATMENT PLANT



**LEGEND**

- INVERTED SIPHON -----
- GRAVITY FLOW \_\_\_\_\_
- SPECIAL MANHOLE [Symbol]
- HYDRAULIC GRADIENT [Symbol]
- DIAMETER  $\phi$
- OPEN CHANNEL [Symbol]
- LENGTH L =
- QUANTITY Q:
- VELOCITY V:
- SLOPE S:

SCALE V = 1 :  
H = 1 :

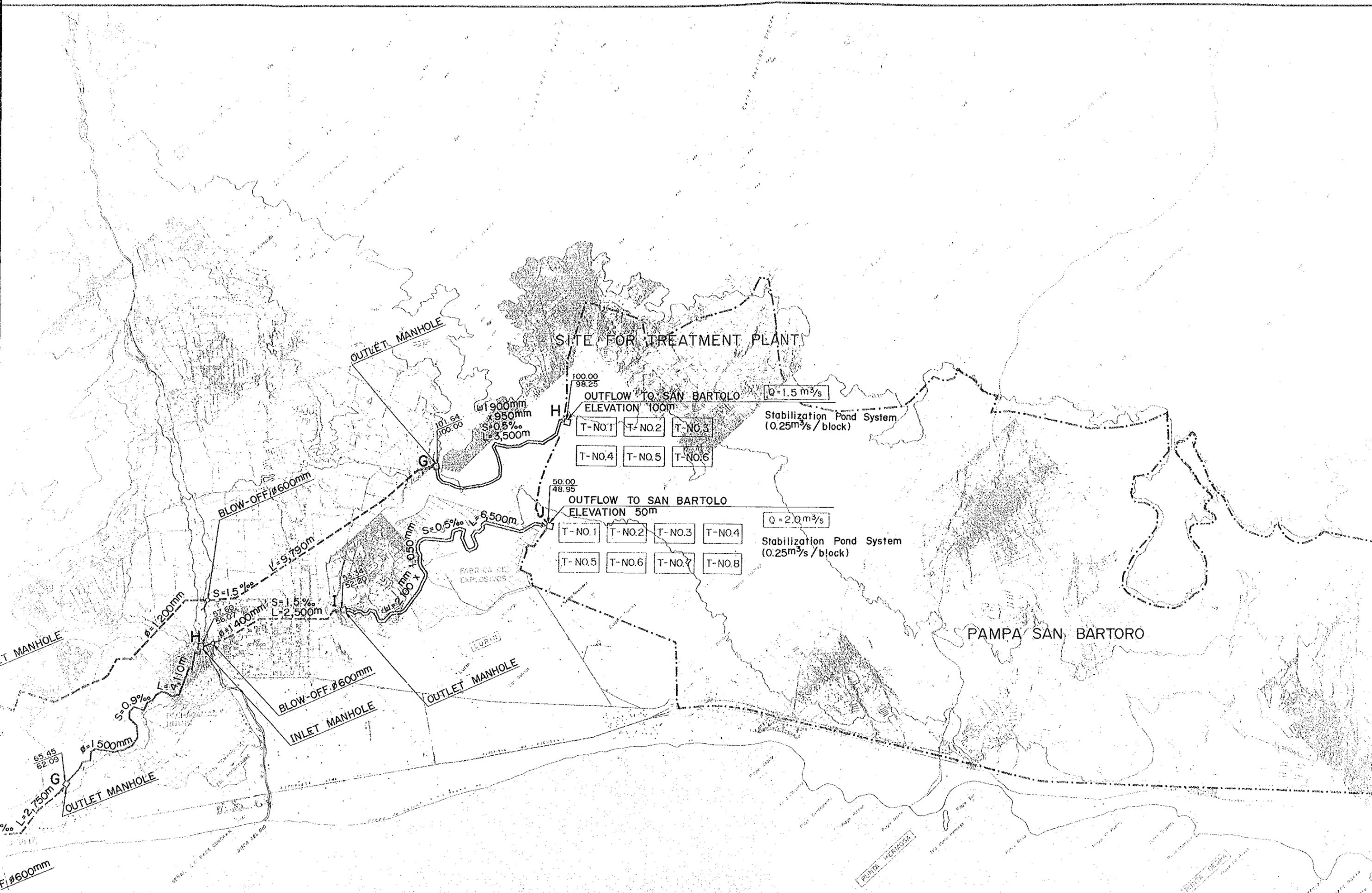
Q : 1.5 m<sup>3</sup>/sec  
V : 1.33 m /sec  
S : 1.5 ‰

Q : 1.5 m<sup>3</sup>/sec  
V : 0.99 m /sec  
S : 0.5 ‰

Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima SEDAPAL		
FEASIBILITY STUDY ON IMPROVEMENT OF SEWERAGE SYSTEM IN SOUTHERN PART OF LIMA		
TITLE: LONGITUDINAL PROFILE OF RECOMMENDED SYSTEM PHASE I		
SCALE: AS SHOWN	DATE: --'90	DRAWING No.: 2/3
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY		

FIGURE 7-27





SITE FOR TREATMENT PLANT

OUTFLOW TO SAN BARTOLO  
ELEVATION 100m

Q = 1.5 m<sup>3</sup>/s

Stabilization Pond System  
(0.25m<sup>3</sup>/s / block)

- T-NO.1
- T-NO.2
- T-NO.3
- T-NO.4
- T-NO.5
- T-NO.6

OUTFLOW TO SAN BARTOLO  
ELEVATION 50m

Q = 2.0 m<sup>3</sup>/s

Stabilization Pond System  
(0.25m<sup>3</sup>/s / block)

- T-NO.1
- T-NO.2
- T-NO.3
- T-NO.4
- T-NO.5
- T-NO.6
- T-NO.7
- T-NO.8

PAMPA SAN BARTORO

FABRICA DE EXPLOSIVOS

PUNTA VERMOSA

PUNTA VERMOSA

65.45  
62.09

FI Ø600mm

57.60  
56.07

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

53.34  
52.20

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

100.00  
98.25

101.64  
100.00

50.00  
48.95

53.34  
52.20

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

100.00  
98.25

101.64  
100.00

50.00  
48.95

53.34  
52.20

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

100.00  
98.25

101.64  
100.00

50.00  
48.95

53.34  
52.20

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

100.00  
98.25

101.64  
100.00

50.00  
48.95

53.34  
52.20

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

100.00  
98.25

101.64  
100.00

50.00  
48.95

53.34  
52.20

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

100.00  
98.25

101.64  
100.00

50.00  
48.95

53.34  
52.20

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

100.00  
98.25

101.64  
100.00

50.00  
48.95

53.34  
52.20

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

100.00  
98.25

101.64  
100.00

50.00  
48.95

53.34  
52.20

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

100.00  
98.25

101.64  
100.00

50.00  
48.95

53.34  
52.20

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

100.00  
98.25

101.64  
100.00

50.00  
48.95

53.34  
52.20

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

100.00  
98.25

101.64  
100.00

50.00  
48.95

53.34  
52.20

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

100.00  
98.25

101.64  
100.00

50.00  
48.95

53.34  
52.20

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

100.00  
98.25

101.64  
100.00

50.00  
48.95

53.34  
52.20

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

100.00  
98.25

101.64  
100.00

50.00  
48.95

53.34  
52.20

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

100.00  
98.25

101.64  
100.00

50.00  
48.95

53.34  
52.20

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

100.00  
98.25

101.64  
100.00

50.00  
48.95

53.34  
52.20

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

100.00  
98.25

101.64  
100.00

50.00  
48.95

53.34  
52.20

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

65.45  
62.09

# LEGEND

PHASE I PROJECT (COLORED IN RED)

PHASE II PROJECT (COLORED IN GREEN)

FLOW DIRECTION 

GRAVITY FLOW 

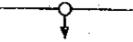
INVERTED SIPHON 

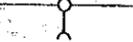
OPEN CHANNEL 

INTAKE STRUCTURE 

GRIT CHAMBER 

SPECIAL MANHOLE 

BLOW-OFF (DISCHARGE TO EXISTING SEWER) 

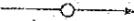
BLOW-OFF (DISCHARGE TO SEA OR RIVER) 

PROPOSED SEWAGE TREATMENT PLANT 

OTHERS

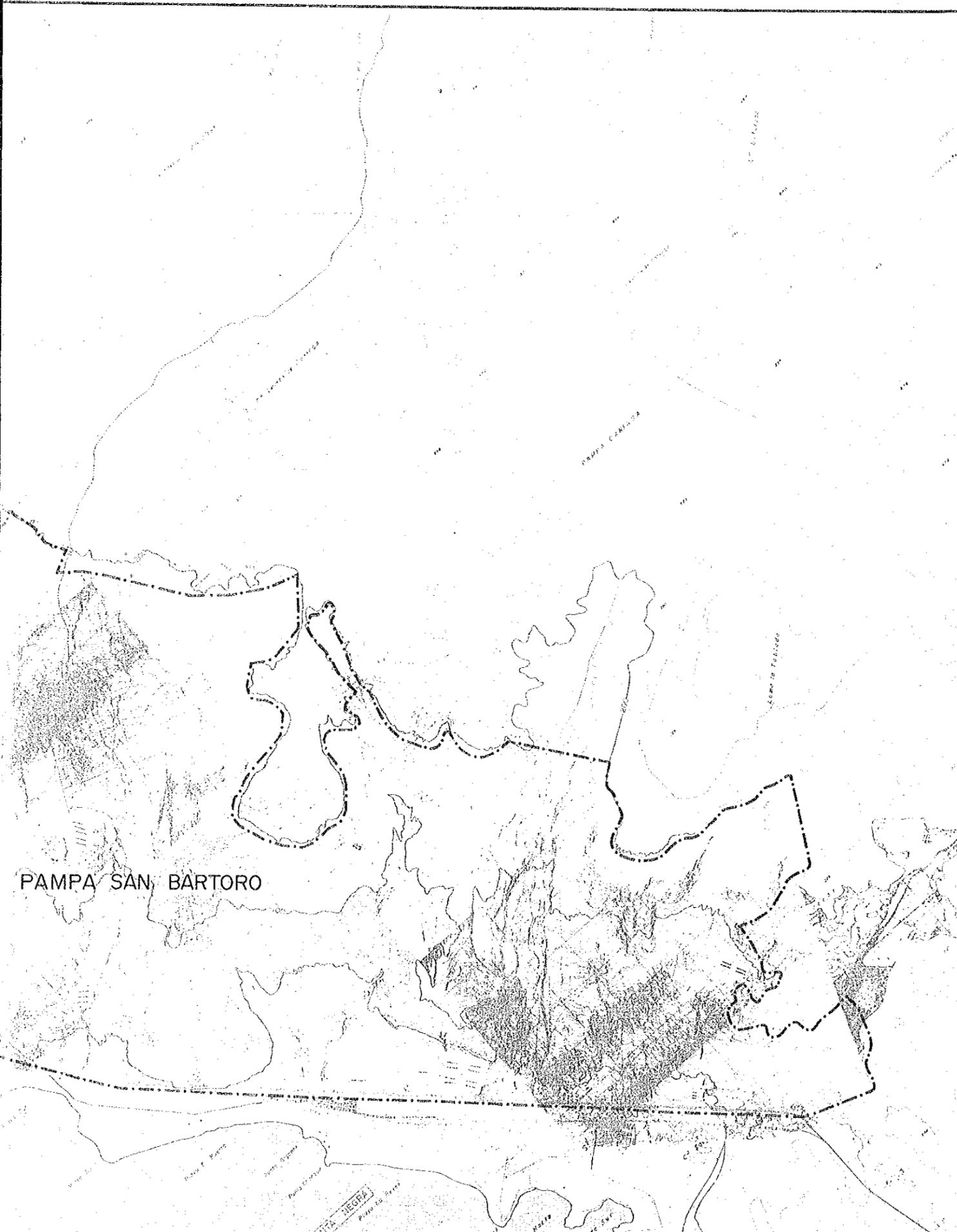
GROUND ELEVATION 100.00  
INVERT. ELEVATION 98.25

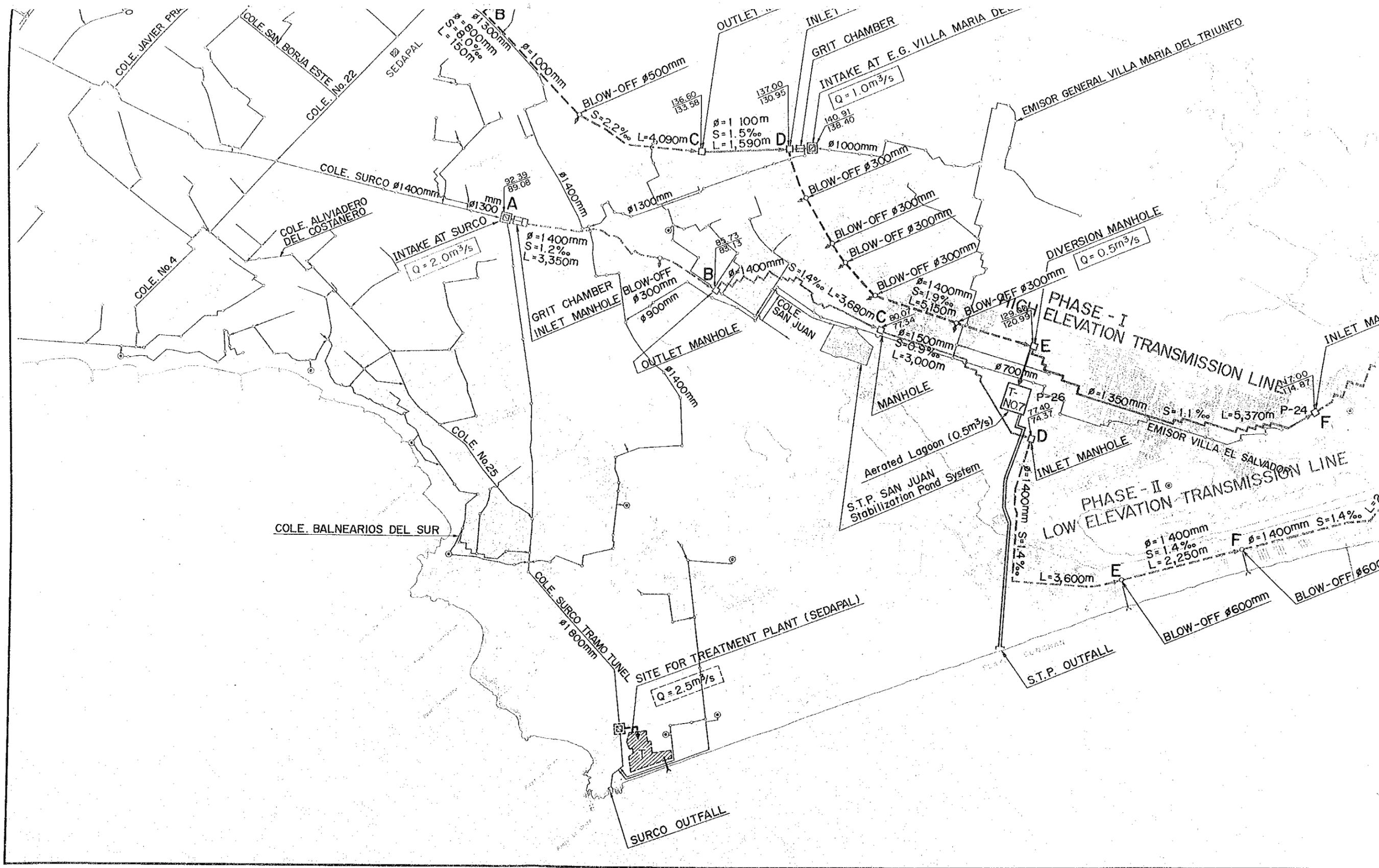
DIAMETER  $\phi$   
OPEN CHANNEL  $\sqcup$   
LENGTH L =  
QUANTITY Q =  
VELOCITY V =  
SLOPE S =

EXISTING MAIN SEWER 

EXISTING PUMPING STATION 

EXISTING SEWAGE TREATMENT PLANT 





COLE. JAVIER PRA

COLE. SAN BORJA ESTE  
COLE. No. 22  
SEDAPAL

INLET 1  
GRIT CHAMBER  
INLET AT E.G. VILLA MARIA DEL TRIUNFO  
Q = 1.0m<sup>3</sup>/s

BLOW-OFF #500mm  
S = 2.2‰ L = 4,090m

OUTLET 1  
INLET 1  
GRIT CHAMBER  
INLET AT E.G. VILLA MARIA DEL TRIUNFO  
Q = 1.0m<sup>3</sup>/s

COLE. SURCO #1400mm

INLET AT SURCO  
Q = 2.0m<sup>3</sup>/s  
#1400mm  
S = 1.2‰  
L = 3,350m

GRIT CHAMBER  
INLET MANHOLE

OUTLET MANHOLE  
#1400mm

BLOW-OFF #300mm

BLOW-OFF #300mm

BLOW-OFF #300mm

DIVERSION MANHOLE  
Q = 0.5m<sup>3</sup>/s

COLE. No. 4

COLE. ALIVIADERO DEL COSTANERO

COLE. No. 25

COLE. SAN JUAN

PHASE - I  
ELEVATION TRANSMISSION LINE  
#1400mm  
S = 1.1‰  
L = 5,370m

COLE. BALNEARIOS DEL SUR

COLE. SURCO TRAMO TUNEL  
#800mm

SITE FOR TREATMENT PLANT (SEDAPAL)  
Q = 2.5m<sup>3</sup>/s

Aerated Lagoon (0.5m<sup>3</sup>/s)  
S.T.P. SAN JUAN  
Stabilization Pond System

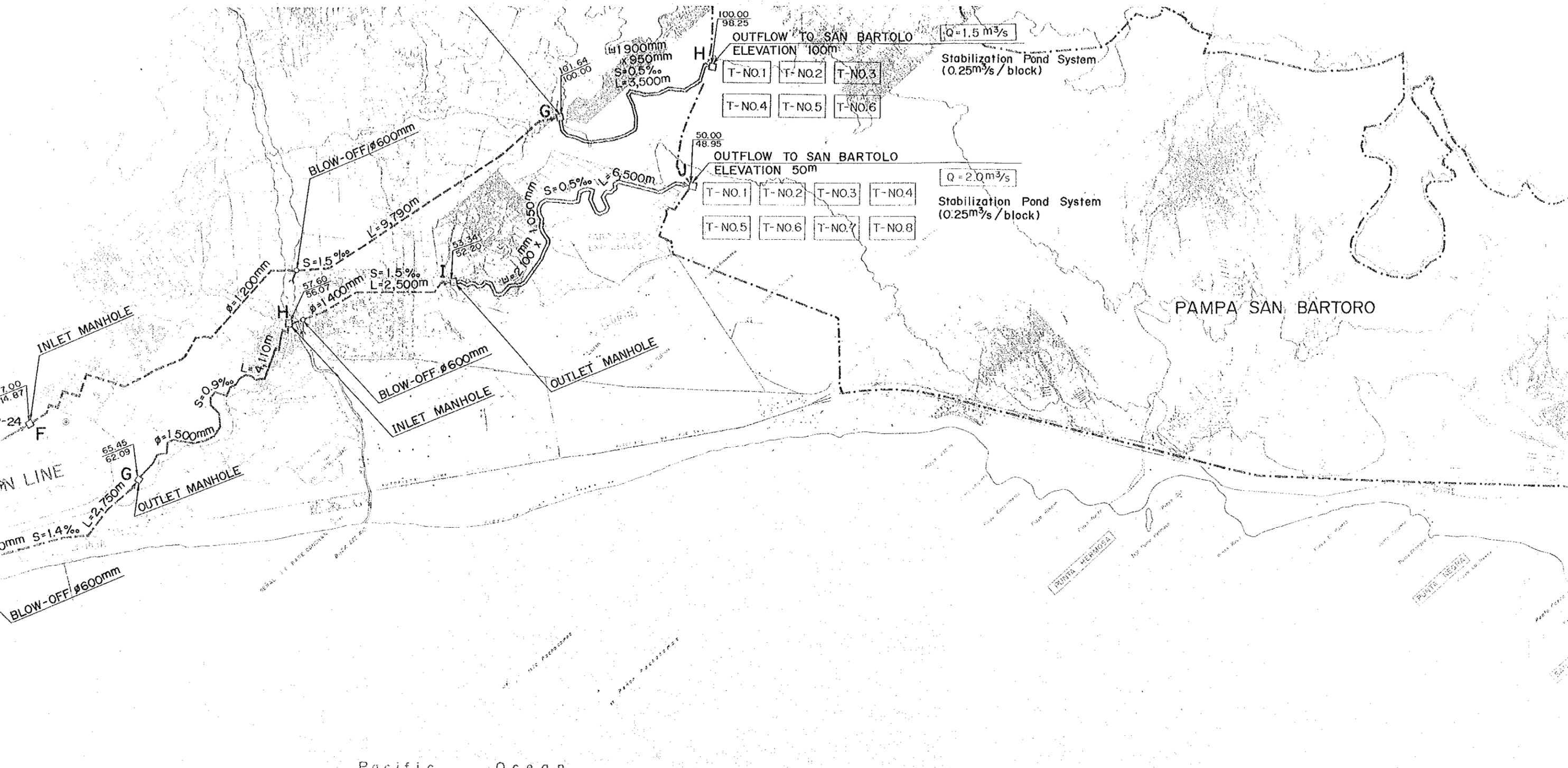
PHASE - II  
LOW ELEVATION TRANSMISSION LINE  
#1400mm  
S = 1.4‰  
L = 2,250m

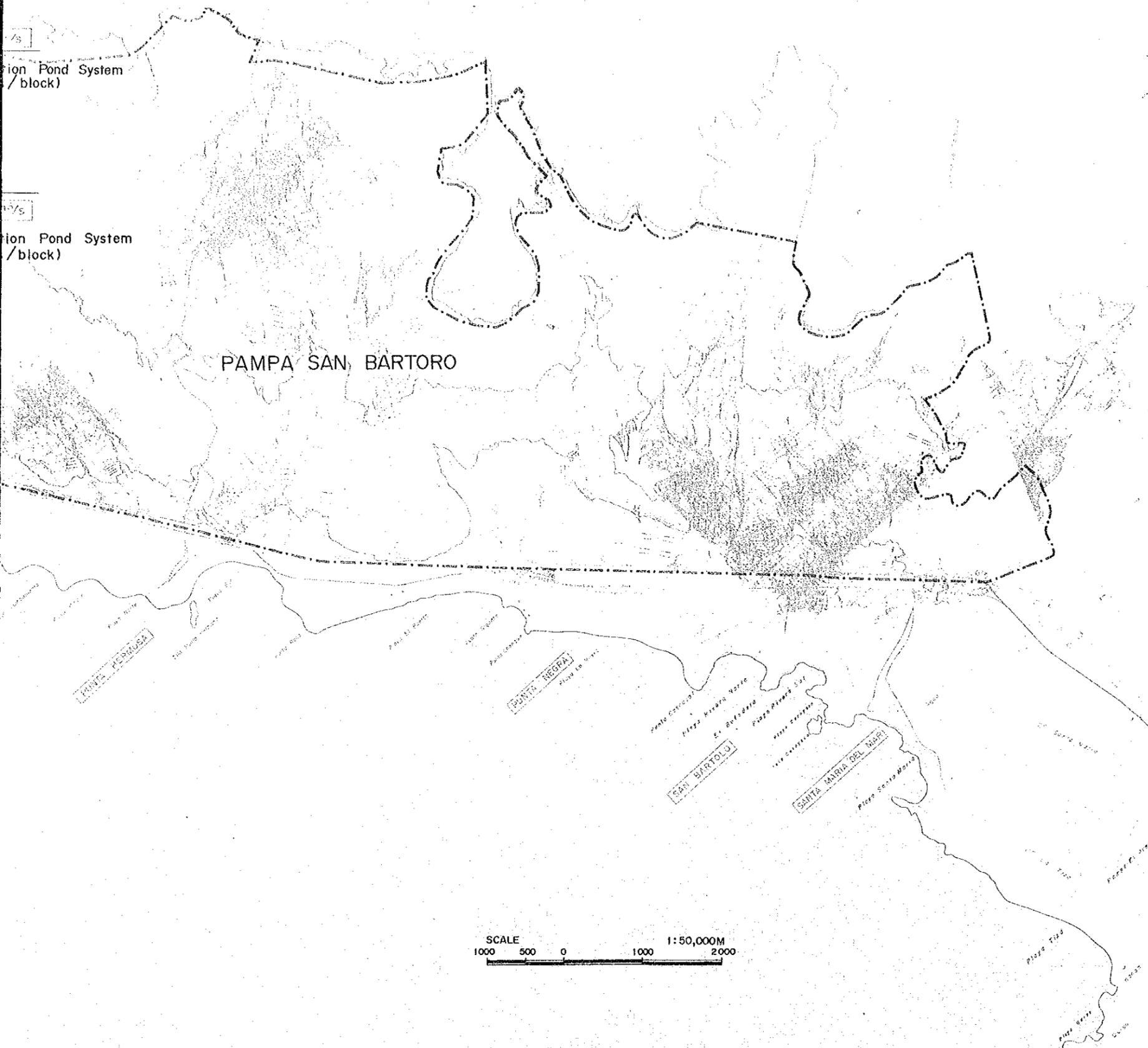
SURCO OUTFALL

S.T.P. OUTFALL

BLOW-OFF #600mm

BLOW-OFF #600mm





- GRIT CHAMBER
- SPECIAL MANHOLE
- BLOW-OFF (DISCHARGE TO EXISTING SEWER)
- BLOW-OFF (DISCHARGE TO SEA OR RIVER)

PROPOSED SEWAGE TREATMENT PLANT

OTHERS

GROUND ELEVATION	100.00
INVERT ELEVATION	98.25
DIAMETER	Ø
OPEN CHANNEL	▭
LENGTH	L =
QUANTITY	Q =
VELOCITY	V =
SLOPE	S =

- EXISTING MAIN SEWER
- EXISTING PUMPING STATION
- EXISTING SEWAGE TREATMENT PLANT
- SEWAGE TREATMENT PLANT IN THE FUTURE

FIGURE 7-26

Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima		
<b>SEDAPAL</b>		
<b>FEASIBILITY STUDY ON IMPROVEMENT OF SEWERAGE SYSTEM IN SOUTHEPN PART OF LIMA</b>		
TITLE: LAYOUT PLAN OF THE RECOMMENDED SYSTEM		
SCALE = 1:50,000	DATE: - - 90	DRAWING NO. 1/3
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY		

JICA



