

社会開発調査部報告書

000000

北部地域水資源開発計画調査

要 約

昭和35年11月

国際協力事業団 北部地域水資源開発計画調査 要約

1995年3月

株式会社パンフィック コンサルティング

44 11 15

JICA LIBRARY



1118943(8)

27433

国際協力事業団

チリ共事 和業 国省
水 資 源 総 局

北部地域水資源開発計画調査

要 約

1995年3月

株式会社 パシフィック コンサルタンツ インターナショナル

本報告書では、事業費を1994年3月時点の市場価格で見積り、通貨交換レートは以下の通りである。

US\$1.00 = Chilean Pesos (\$) 435.00 = Japanese Yen ¥110.00

国際協力事業団

27433

序 文

日本国政府は、チリ共和国政府の要請に基づき、同国の北部地域水資源開発計画にかかるマスタープラン策定及びフィージビリティ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いたしました。

当事業団は、平成5年3月から平成7年3月までの間、4回にわたり、株式会社パシフィックコンサルタンツインターナショナルの村田直人氏を団長とする調査団を現地に派遣しました。

調査団は、チリ政府関係者と協議を行うとともに、計画対象地域における現地調査を実施し、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りました。

この報告書が、本計画の推進に寄与するとともに、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す。

終りに、調査にご協力とご支援をいただいた関係各位に対し、心より感謝申し上げます。

平成7年3月

国際協力事業団
総 裁 藤 田 公 郎

伝達状

平成7年3月

国際協力事業団
総裁 藤田 公郎 殿

拝啓

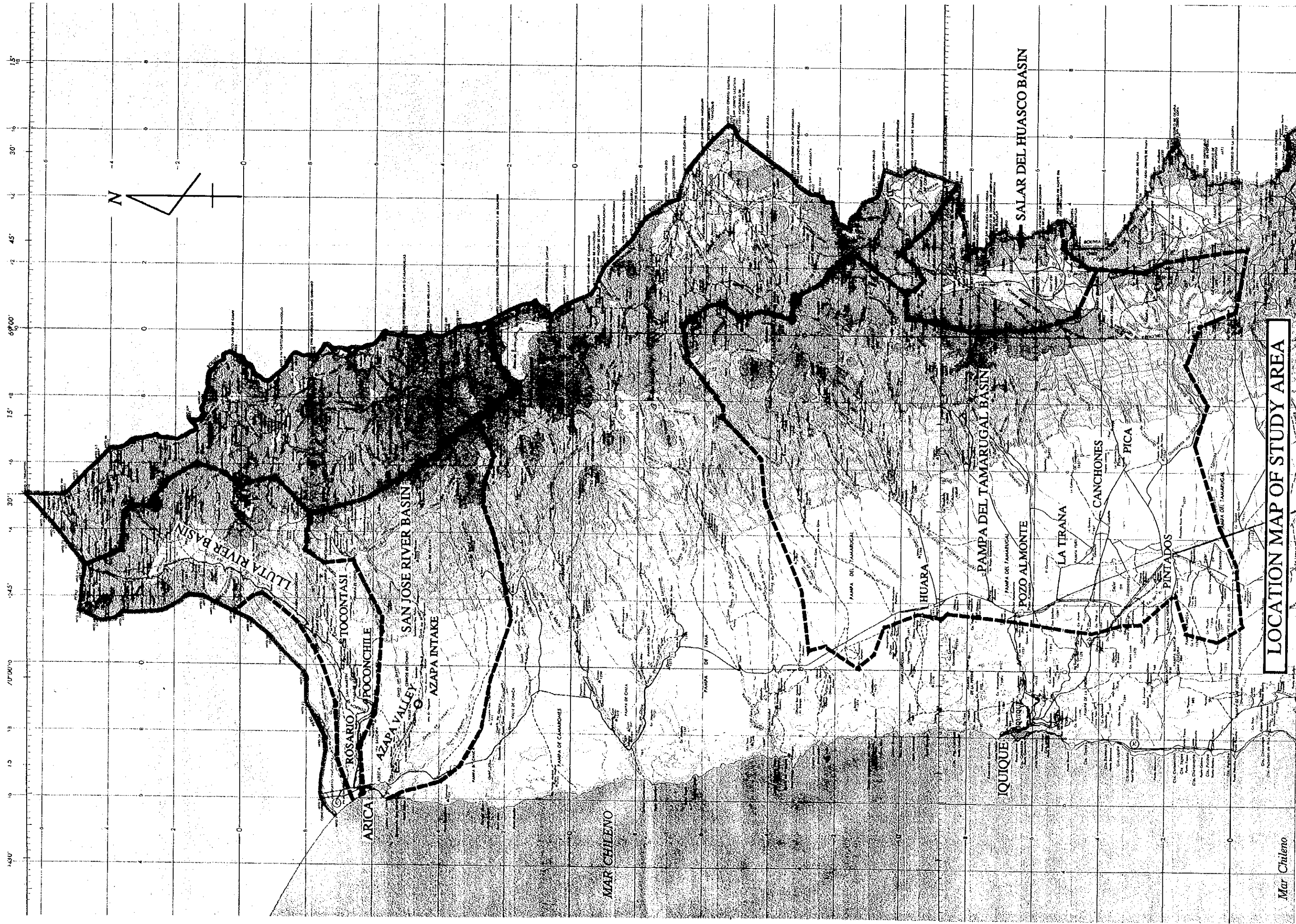
チリ国北部地域水資源開発計画調査の報告書を提出申し上げます。本報告書は平成5年3月25日、平成5年9月14日および平成6年6月8日に貴事業団と株式会社バシフィックコンサルタンツインターナショナルとの間で締結された契約に従って作成されました。

本報告書は、要約、主報告書および付属報告書によって構成されています。要約は全調査結果を簡潔にまとめ、主報告書には水資源の現況分析、水資源の開発ポテンシャルの評価、アリカ市及びイキケ市への水供給計画の作成等全ての調査結果が記載されています。付属報告書は調査の技術的解析結果について詳細に記載しています。さらに、調査に使用した一次資料をまとめたデータ集を併せて提出いたします。

本報告書の提出にあたり、調査団に対し多大なご支援を賜わった貴事業団、外務省、在チリ日本国大使館の諸賢、ならびにチリ国政府機関の関係各位に対して、心から感謝の意を表するとともに、本調査の成果がアリカ、イキケ両市の給水事情の改善と社会経済の発展の一助となる事を希望する次第です。

敬具

調査団長
村田 直人



チリ国北部地域水資源開発計画調査

計画概要

I. アリカ市水資源開発計画

1. 目標年次：2005年

2. 給水対象地域・人口

面積：1,680 ha

人口：215,000人

3. 開発対象水源・地域

ジュタ川下流域（ロサリオ～チロナ）の地下水

4. 給水施設の構成

(1) 取水設備

深井戸： $\phi 12" \times (120 \sim 150 \text{ m}) \times$ 井戸 26本

ポンプ：水中ポンプ 26台

(2) 導水管

パイプライン： $\phi (150 \sim 500 \text{ mm}) \times$ 1本 \times 12,500 m

タンク：減圧タンク 4基

(3) 浄水場

逆浸透膜設備：12ユニット

タンク：受水タンク 2基、配水タンク 2基、他

廃水パイプ： $\phi 350 \text{ mm} \times$ 1本 \times 8,750 m

(4) 土地取得

浄水場用地：3.8 ha

(5) 補償工事（灌漑施設改良工事）

頭首工：1基

灌漑水路：77.6 km

5. 事業費

直接建設費 25,027 百万ペソ

土地取得・補償費 2,912 百万ペソ

技術費 1,502 百万ペソ

管理費 751 百万ペソ

予備費 2,503 百万ペソ

合計 32,694 百万ペソ

6. 経済評価

経済的内部収益率は11.36%と計算され、経済的に実施可能と判断された。

7. 財務評価

財務的内部収益率は13.06%と計算され、財務的に実施可能と判断された。

II. イキケ市水資源開発計画

1. 目標年次：2015年

2. 給水対象地域・人口

面積：2,162 ha

人口：273,000人

3. 開発対象水源・地域

バンバ・デル・タマルガルのラ・テイラナ地域の地下水

4. 給水施設の構成

(1) 取水設備

深井戸： $\phi 12'' \times 200 \text{ m} \times 16$ 本

ポンプ：水中ポンプ 16台

集水管： $\phi (250 \sim 800 \text{ mm}) \times 9,750 \text{ m}$

(2) 送水ポンプ

ポンプ：5台 \times 1箇所

(3) 導水管

パイプライン： $\phi (400 \sim 700 \text{ mm}) \times 2$ 本 $\times 67,600 \text{ m}$

(4) タンク

集水タンク：2基 \times 1箇所

送水タンク：2基 \times 2箇所

減圧タンク：2基 \times 3箇所

給水タンク：4基 \times 1箇所

(5) 土地取得

水源地およびタンク用地：261 ha

5. 事業費

直接建設費 38,512 百万ペソ

土地取得費 262 百万ペソ

技術費 2,311 百万ペソ

管理費 1,155 百万ペソ

予備費 3,851 百万ペソ

合計 46,091 百万ペソ

6. 第1期プロジェクト

第1期プロジェクトは2005年を目標年次とし、213,000人に給水する。工事は土地取得を除き全体施設の半分を建設する。

6. 1 主要施設

(1) 取水設備

深井戸： $\phi 12'' \times 200 \text{ m} \times 8$ 本

ポンプ：水中ポンプ 8台

集水管： $\phi (250 \sim 800 \text{ mm}) \times 5,750 \text{ m}$

(2) 送水ポンプ

ポンプ：3台 × 1箇所

(3) 導水管

パイプライン：φ(400~700 mm) × 1本 × 67,600 m

(4) タンク

集水タンク：1基 × 1箇所

送水タンク：1基 × 2箇所

減圧タンク：1基 × 3箇所

給水タンク：2基 × 1箇所

6. 2 土地取得

水源地およびタンク用地：261ha

6. 3 事業費（第1期分）

直接建設費 20,096 百万円

土地取得費 262 百万円

技術費 1,206 百万円

管理費 603 百万円

予備費 2,010 百万円

合計 24,177 百万円

6. 4 経済評価

経済的内部収益率は17.33%と計算され、経済的に実施可能と判断された。

6. 5 財務評価

財務的内部収益率は14.86%と計算され、財務的に実施可能と判断された。

要 約

I.	背 景	1
II.	水資源・水利用・環境	2
	2. 1 サン・ホセ川流域	2
	2. 2 ジュタ川流域	3
	2. 3 パンバ・デル・タマルガル盆地	4
	2. 4 サラール・デル・ワスコ盆地	6
III.	アリカ市への都市用水供給	7
	3. 1 水需要	7
	3. 2 短期開発計画	8
	3. 3 プロジェクト評価	9
IV.	イキケ市への都市用水供給	11
	4. 1 水需要	11
	4. 2 長期開発計画	11
	4. 3 第1期開発計画	12
	4. 4 プロジェクト評価	13
V.	提 言	14

図・表リスト

表-1	アリカ市水供給事業費.....	15
表-2	イキケ市水供給事業費.....	15
図-1	サン・ホセ川およびジュタ川流域図.....	16
図-2	バンバ・デル・タマルガル盆地およびサラール・デル・ワスコ盆地流域図.....	17
図-3	アリカ市給水施設.....	18
図-4	イキケ市給水施設.....	19

要 約

I. 背 景

チリ国第1州（タラバカ州）の経済の中心であるアリカ及びイキケ市は、“フリーゾーン”に指定され顕著な経済発展を遂げてきた。アリカ市の人口は1970年の88,000人から1992年には169,000人へと増加し、さらに2015年には265,000人に増加する見込みである。同様に、イキケ市では1970年の64,000人から1992年には153,000人と増加しており、2015年には273,000人に増加する見込みである。

しかしながら、これら両市は深刻な水不足に見舞われており、将来の人口増加による両市の給水環境は一層悪化する可能性がある。

一方、両市の近傍における水源地域としては、アリカ市に対してはサン・ホセ川およびジュタ川の各流域、イキケ市に対してはバンバ・デル・タマルガル盆地およびサラール・デル・ワスコの各盆地がある。

したがって、アリカ・イキケ両市の増大する将来水需要に応えるため、これらの地域における水資源開発の必要性が増大している。

本調査の目的を次に示す。

- (1) 調査地域の水資源ポテンシャルの評価
- (2) アリカ・イキケ両市に対する水資源開発計画の策定

調査地域はLOCATION MAPに示すように上記の4つの地域をカバーしている。

II. 水資源・水利用・環境

2. 1 サン・ホセ川流域

1) 水資源

サン・ホセ川は3,187km²の流域面積を有している。流域における降水はアンデス山脈の標高4,000~5,000mの高地にみられるのみである。東側に隣接するラウカ川流域の水の一部も分流しサン・ホセ川の自己流量を補ってきている。

サン・ホセ川の年間平均流量は1,101 l/sであり、その内の149 l/sが洪水時に海へ流出し、残りの925 l/sは流域下流部で、都市用水・農業用水その他に消費され、あるいは地下へ浸透しアサバ溪谷の地下水を涵養している。

アサバ溪谷には、302 x 10⁶ m³の地下水を胚胎する大きな不圧帯水層が分布している。その帯水層の分布地域は、海岸付近から22km上流のカプーサにかけての地域である。帯水層は主として河川堆積物から成る。その水理地質学的特徴を次に示す。

幅(m)	層厚(m)	透水係数(cm/sec)	比湧出量(l/s/m)
600~1,700	45~60	3.22 × 10 ⁻²	4.92

流域の地下水は1977年以降過剰揚水のため、水位が徐々に低下してきている。最近15年間における水位低下量は、アサバ溪谷下流部で30mに達する。

地下水の水質もこれにつれて悪化しており、TDS値は519~2,835 mg/lの範囲にあり、溪谷の下流部の多くの井戸で飲料水の水質基準(1,000mg/l)を上回っている。

サン・ホセ川の流域および帯水層分布地域については図-1参照。

2) 水利用

アリカ市の都市用水の供給源は、すべてがアサバ溪谷およびアリカ市域の地下水である。給水施設の能力は1993年迄は503 l/sであったが、アリカ市の深刻な水不足に対応するため、1993年末に暫定的な水利権を得て、730 l/sに増加した。

アサバ溪谷では、3,213 haの農地において、果実(1,694 ha)、野菜(1,393 ha)、牧草(126 ha)の栽培のために灌漑が行われている。灌漑用水は川から取水後、アサバ水路を通して供給されている。その他、湧水や地下水も灌漑に利用されているが補助的なものである。

さらに、アサバ溪谷内における個別飲料水、工業用水、その他用途のために、いくらかの地下水を揚水・利用している。

アサバ溪谷やアリカ市で使用される水は、すべて消費されてしまう訳ではない。取水された水の内かなりの量が地下水を涵養し再利用される。現在の取水量および純消費量は次の通りである。

	取水量 (l/s)	純消費量 (l/s)
アリカ市都市用水	730	639
アサバ溪谷の灌漑用水	1,269	787
アサバ溪谷のその他の用水	53	21
合計	2,052	1,447

3) 水資源開発ポテンシャル

アサバ溪谷における水収支は、次に示すように495l/sの不足である。

アサバ溪谷への流入量	: 1,101l/s
海への流出量	: 149l/s
アサバ溪谷における純消費量	: 1,447l/s
収 支	: -495l/s

このことは、アサバ溪谷に蓄えられている地下水は、将来徐々に減少していく傾向を示している。もし、現在の取水を続けると地下水は20年後に枯渇すると予想される。

さらに、地下水の水質は将来、水位低下につれて増々悪化すると推測される。

したがって、アサバ溪谷においてはこれ以上の水資源開発は期待できない。

2. 2 ジュタ川流域

1) 水資源

ジュタ川は、3,378km²の面積を有している。流域において降水があるのはアンデス山脈の、標高4,000~5,000mの地域のみである。トコンタシ/チャピスカ（ジュタ川下流地区の最上流端）における季節毎の河川流量は次の通りである。

	(単位: l/s)				
	1~3月	4~6月	7~9月	10~12月	平均
平均	3,950	1,790	1,742	1,382	2,216
80%渇水流量	1,752	1,455	1,454	1,116	1,444
90%渇水流量	1,357	1,261	1,370	1,050	1,260

ジュタ川下流域の帯水層は河川堆積物中に存在し、その地下水賦存量は、 107×10^6 m³である。分布地域はロサリオからパンアメリカン高速道路付近までの約18kmに亘る地域である。帯水層は不圧の浅部帯水層と、被圧の深部帯水層とから成り、このうち後者が開発対象となる帯水層である。深部帯水層の規模と水理地質学的定数は次の通りである。

幅(m)	層厚(m)	透水係数(cm/sec)	比湧出量(l/s/m)
800~3,000	50~100	3.63×10^{-3}	1.72

ジュタ川下流域の表流水および地下水は双方とも、上流支川（アスフレ川・コルピタス川）で発生する汚染物質によって著しく汚染されている。汚染状況は次の通りである。

	TDS(mg/l)	Cl(mg/l)	B(mg/l)	Fe(mg/l)	As(mg/l)
表流水	1,051	323	10.7	3.8	0.31
深部地下水	3,289	949	21.9	1.5	0.029
飲料水基準値	1,000	250	(5.0)	0.3	0.05

注：() は仮定値

2) 水利用

ジュタ川下流域の水利用は農業用水のみである。農地面積は2,784haで、主要作物はトモロコシ(1,698ha)、牧草(684ha)、野菜(402ha)である。これらへの灌漑用水は主として表流水を水源としている。地下水の揚水量はごくわずかである。

表流水は上流から河口へ向かって流下する中で繰り返し利用されている。トコンタシ/チャビスカより下流部での平均取水量と純消費量は、それぞれ、1,925l/sおよび894l/sである。

3) 水資源開発ポテンシャル

乾季における灌漑用水の利用は表流水のほぼ全量に及んでいる。したがって、アリカ市への給水源としてはジュタ川下流域の地下水が唯一の水資源である。

ジュタ川下流域の帯水層の地下水賦存量は小さいので、地下水開発量は帯水層への涵養量の範囲に限るべきである。灌漑に使用された残りの表流水は、地下水を涵養している。

地下水の年間推定涵養量は542l/sであるが、地下水開発ポテンシャルは450l/sに減少する。これは、灌漑利用の面からの制約および井戸の設置密度からの制限があるためである。

2. 3 バンバ・デル・タマルガル盆地

1) 水資源

バンバ・デル・タマルガル盆地は水文学的に閉鎖した盆地であり、18,005km²の面積を有する。流域の標高は、バンバ・デル・タマルガルの1,000mからアンデス山脈の4,000～5,000mまで変化する。流域での降水は、アンデス山脈の高地の地域に集中している。

表流水はアンデス山脈に源を発しバンバ・デル・タマルガルへ流入して地下水を涵養しているが、盆地から流出する河川・地下水脈は無い。流入する河川の年平均流量の合計は976l/sであると推算される。

バンバ・デル・タマルガルの帯水層は、表流水による涵養の他に、サラール・デル・ワスコヤその他の流域からの地下水流によって涵養を受けている。これらの推計水量は289l/sである。したがって、バンバ・デル・タマルガル地下水の総涵養量は1,265 l/sである。

帯水層はアルトス・デ・ピカ層から成り、不圧帯水層である。その分布はサビーガからベジャビスタ迄の南北130 kmに亘っており、地下水賦存量は26,908×10⁶ m³である。帯水層の形状と水理地質学的特性を次に示す。

幅 (km)	層厚 (m)	透水係数 (cm/sec)	比湧出量 (l/s/m)
13~46	60~225	5×10^{-3}	2.37

盆地の水収支には、いくらかのアンバランスが生じている。すなわち、地下水面は近年では年平均7 cmの割合で低下が続いている。

地下水は帯水層の西部で汚染されている。これは、特にアロマ川・タラバカ川の下流域、および、ピンタドス旧塩湖・ベジャピスタ旧塩湖の地域において顕著である。帯水層のうち中～東部地区の地下水の水質は飲料水に適しており、水処理の必要は無い。

バンバ・デル・タマルガルの流域、および帯水層分布地域については図-2参照。

2) 水利用

イキケ市の都市用水は、そのすべてが市の東方約70 kmに位置するバンバ・デル・タマルガル内のカンチョネス井戸群で揚水された地下水を供給源としている。カンチョネスにおける平均揚水量は547 l/sである。バンバ・デル・タマルガルにおける水資源開発の必要性はイキケ市の将来人口の増加を背景に一層高まっている。

バンバ・デル・タマルガル盆地内の7つの地方都市も盆地内の地下水による給水を実施している。将来の水需要は、人口増加に伴って増加する見通しである。

盆地内の580haの農地に対する灌漑は表流水および地下水が水源である。農地面積は2015年までに1,040haに拡大する見通しである。

盆地内で現在操業している4つの鉱山の鉱業用水の供給源は、表流水および地下水である。鉱山の数は、2015年迄に28に増加すると予測されている。

バンバ・デル・タマルガル内で使用される水は、すべてが消費されるわけではなく、一部は地下へ浸透し、帯水層へ戻った後に再利用されている。

現在・将来の水需要および純消費量の予測は次の様である。

	現在 (1992)		将来 (2015)	
	需要 (l/s)	純消費量 (l/s)	需要 (l/s)	純消費量 (l/s)
イキケ市都市用水	547	547	1,062	1,062
盆地内の水利用	645	340	1,684	1,034
都市用水	117	47	134	54
農業用水	459	249	597	406
鉱業用水	69	44	953	574
合 計	1,192	887	2,746	2,096

3) 環境

パンパ・デル・タマルガル内の3つの地域、合計 101,000ha が自然保護指定地域である。現在、この指定地域内には 24,000ha のタマルーゴの林が分布する。タマルーゴ林の面積は2015年には 25,000ha に拡大する計画となっている。

タマルーゴ林は、大量の地下水を消費する。その蒸発散量は現在 1,019 l/s で、2015年には 1,523 l/s に増加するとみられる。

4) 水資源開発ポテンシャル

水の純消費量とタマルーゴからの蒸発散量との合計は、地下水の総涵養量を上回っている。したがって、帯水層の貯留量は徐々に減少していく。

現在から2015年迄の23年間の貯留量の減少量は $986 \times 10^6 \text{ m}^3$ 、すなわち、現在の貯留量の 3.7% である。

パンパ・デル・タマルガルにおける地下水開発ポテンシャルは、将来の水需要の増加に十分見合う程大きいことが判明した。その開発を制限するのは水量よりも水質である。したがって、イキケ市への給水源に適する開発候補地は帯水層の中央～東部の地域である（図-4 参照）。

2. 4 サラール・デル・ワスコ盆地

1) 水資源

サラール・デル・ワスコ盆地は閉鎖した流域系をなし、1,712 km²の面積を有する。標高はワスコ湿原の3,800mからアンデス山脈の5,000mまで変化する。すべての表流水は地下へ浸透し、サラール・デル・ワスコ高原の帯水層を涵養している。盆地から流出する河川は見られない。しかしながら、一部の地下水は、裂か（基盤岩の断層・割れ目等）を通してパンパ・デル・タマルガル盆地へ流出している。

ワスコ湿原は、29km²の面積を有し、2km²の水域と27km²の湿地から成る。水域の水深は20cm以下である。

盆地の水収支は次の通りである。

年平均表流水量：809 l/s
湿原からの蒸発量：575 l/s
他流域への地下水流出量：234 l/s

サラール・デル・ワスコ高原に分布する帯水層は不圧帯水層である。その面積は126km²で、地下水の賦存量は $465 \times 10^6 \text{ m}^3$ である。帯水層の厚さは130m～210mである。帯水層の水理定数は、透水係数が $2.60 \times 10^{-3} \text{ cm/sec}$ 、比湧出量が 0.99 l/s/m である。

水質はMnおよびFeを除いて全般として良好である。MnおよびFeの濃度は次の通りである。

	Mn(mg/l)	Fe(mg/l)
水質	0.61~1.40	4.30~18.0
飲料水水質基準	0.1	0.3

この水を飲料水として使用するためには、浄水処理が必要である。

サラール・デル・ワスコ盆地の流域および帯水層分布地域については図-2参照。

2) 水利用

サラール・デル・ワスコ 盆地では、現在水利用は行われていない。

3) 環境

盆地における最も重要な環境要素は、フラミンゴの生態系である。ワスコ湿原ではチリフラミンゴ、アンデスフラミンゴ、プナフラミンゴという3種のフラミンゴが生息している。本調査では、約3,300個体を確認した。

この中では、アンデス山脈中にのみ生息するプナフラミンゴが最も貴重種である。ワスコ湿地で確認した個体数は約1,500個体で、これはアンデス山脈全体の生息数の約10%に相当する。

4) 水資源開発ポテンシャル

盆地における水文学的観点から見た永続可能な地下水開発可能量を推定すると、最大限575 l/sとなる。

しかしながら、いかなる量の地下水開発も、盆地内の水文学的バランスをとるために、湿原の減少あるいは枯渇をもたらす。このことは、結果的にはフラミンゴの生態に対して悪影響を及ぼす可能性がある。

したがって、盆地内の水資源開発可能量については、さらに詳細な環境影響評価を行ったうえで結論を出すべきである。

III. アリカ市への都市用水供給

3. 1 水需要

1) 給水現況

アリカ市の都市用水の給水は、第1州の上下水道公社であるESSATが担当している。既存給水施設はアリカ市の市街地1,680 haをカバーしており、全人口の169,000人に給水している。

アリカ市は1993年に”緊急給水プロジェクト”が完了するまで、深刻な水不足に見舞われ

ていた。このプロジェクトは一時的に付与された暫定水利権によって実施されたもので、給水容量を503 l/sから730 l/sに増加した。現在、アサバ溪谷と市内にある45本の井戸から、年間を通して730 l/sの水がコンスタントに供給可能となった。

緊急給水プロジェクト実施以前は、市内の給水時間は1日当たり10.5～15.0時間であったが、現在では給水制限は一時的に解消されている。

給水パイプからの漏水は大きく、生産量の約40%に相当している。

水道料金は、基本料金と従量料金とから構成されており、1994年現在の水道使用料金（従量料金）は140.02 ペソ/m³である。

2) 将来水需要

市の将来水需要は、人口増加と生活水準向上に従って増加する見込みである。一方では、ESSATによる漏水減少対策が進捗する計画である。将来の給水人口・漏水・水需要（平均生産量）の予測は次の通りである。

	給水人口	漏水(%)	水需要(l/s)
1995	178,087	40	779
2005	214,524	30	840
2015	265,375	30	1,091

3. 2 短期開発計画

1) 開発容量

ジュタ川下流地下水開発計画は、26本の井戸を掘削し、日平均425 l/sの原水を開発しようとするものである。しかしながら、高濃度のTDSおよびホウ素 (B) を除去するために、逆浸透膜(RO)による浄水処理が必要である。処理水の生産量は日平均319 l/sである。このときの、処理効率は75%である。残り的高濃縮水は排水する計画である。

一方、アサバ溪谷で暫定的に増加した227 l/sの地下水生産量は、アサバ溪谷の地下水保全のため、ジュタ川下流域地下水開発完了後に解消される予定である。したがって、アサバ溪谷とジュタ川下流からの給水容量の合計は822 l/sとなる。

ジュタ川下流開発計画（短期開発計画）における日最大供給容量は次の通りである。

原水	553 l/s (48,000 m ³ /day)
処理水	414 l/s (36,000 m ³ /day)
排水	139 l/s (12,000 m ³ /day)

2) 給水施設

ジュタ川下流の地下水は、チロナからロサリオまでの間に建設される26本の井戸によって開発する。揚水したすべての水は12.5 kmの導水管を通じて自然流下で浄水場へ送水する。

ROによる浄水施設建設予定地はチロナの3.8 haの土地である。浄水された水は配水タンクを経てアリカ市北部へ給水する。一方、濃縮廃水は延長8,750 mの排水管を通じて自然流下で海へ直接排水する。

主要施設建設計画は次の通りである。

- (1) 取水設備
深井戸：φ12" × (120~150 m) × 26本
ポンプ：水中ポンプ 26台
- (2) 導水管
パイプライン：φ (150~500 mm) × 1本 × 12,500 m
タンク：減圧タンク 4基
- (3) 浄水場
RO設備：12ユニット
タンク：受水タンク 2基、配水タンク 2基、他
排水パイプ：φ 350 mm × 1本 × 8,750 m
- (4) 土地取得
浄水場用地：3.8 ha
- (5) 補償工事（灌漑施設改良工事）
頭首工：1基
灌漑水路：77.6 km

計画施設の位置及びルートについては図-3参照。

3) プロジェクト費用および施工計画

総投資額は、直接建設費・土地取得費・技術費・管理費・予備費からなり、総額は32,694百万ペソ（1994年価格）である。内訳は、外貨分が48,177千米ドル、内貨分が11,737百万ペソである。項目毎の内訳は表-1に示す。

維持管理費には、電力消費料・水処理薬品費・人件費および修繕費を含み、完全操業時の費用は1994年価格で1,257百万ペソである。

プロジェクトは1996年から1998年までの3年間で完了する。このうち、詳細設計および土地取得は1996年中に終了し、建設工事及び補償工事は1997年および1998年で終了する予定である。1999年に操業を開始し、2003年以降施設は100%稼働となる予定である。

3.3 プロジェクト評価

1) 経済評価

プロジェクトの便益およびコストの現在価値は、MIDEPLAN（Ministry of Planning：計画省）のガイドラインにもとづいて割引率を12%と仮定すると、それぞれ18,574百万ペソ、20,148百万ペソである。経済収益性は、純現在価値（NPV）・費用便益比率（B/C）・経済的内部収益率（EIRR）により評価を行った。結果を次に示す。

NPV : -1,574百万ペソ B/C : 0.92 EIRR : 11.36 %

NPVは若干マイナスであり、EIRRはMIDEPLANがガイドラインとして要求している12%より若干小さい。感度分析の結果、NPVを0にするためには、投資額を10.35%減少させるか、又は12%に仮定している割引率を11.36%に下げる必要がある。

本プロジェクトは、NPVは若干マイナスであるが、アリカ市の保健衛生および生活環境の改善等の数値化できない無形の便益が高いことを考慮すると経済的採算性があると判断される。

2) 財務分析

プロジェクトの財務収益性は、純現在価値 (NPV) ・財務的内部収益率 (FIRR) について評価を行った。

平均水道料金については1994年末現在の料金を154ペソ/m³とし、将来年平均16%で値上げするものとし、さらにMIDEPLANのガイドラインにもとづいて割引率を12%と仮定して計算すると、純現在価値 (NPV) は7,199百万ペソとなる。その結果、財務的内部収益率 (FIRR) は13.06%となる。

3) 環境影響評価

浄水場建設のために、3.8 haの私有地の取得が必要である。対象となる用地は現在空き地であり、何等の悪影響も生じる恐れはない。

建設工事に関しては、対象地域が過疎状態にあること、および車両の交通も少ないことから、振動・騒音・塵埃・交通障害等の公害は生じない。

本プロジェクトによる地下水の取水量は、帯水層への涵養量以内であり、地下水面は季節毎および年毎に変動が生じたとしても、長期間の平均で見れば低下することはないと判断する。

しかしながら、乾季における地下水面の低下は表流水から地下水への浸透を加速する可能性がある。その結果、表流水の灌漑用水の取水に対して悪影響を及ぼす恐れがある。したがって、本プロジェクトはこの問題を解消するために、既存灌漑施設の改善も含んでいる。

既設の井戸は、開発地域から遠く離れた地域に位置するために、悪影響が生じる可能性はない。

IV. イキケ市への都市用水給水

4. 1 水需要

1) 給水現況

イキケ市の給水はアリカ市と同様にESSATが担当している。現在の給水施設は市内の2,162 haをカバーし、市の全人口の153,000人に給水している。

イキケ市の都市用水は、全量がバンバ・デル・タマルガルにあるカンチョネス井戸群の12本の井戸から取水後、75.3kmの2本の導水管を通じて市東部にあるカバンチャ配水タンクへ送られた後、給水される。

1992年における日平均給水量は547l/sであった。一方、現在の最大給水能力は680l/sであるが、日最大需要量はこの給水能力を超えようとしている。

現在の給水系統からの漏水率は約40%である。

水道料金は基本料金と従量料金とからなっている。1994年における使用料金は、オフシーズンで233.44ペソ/m³、ピークシーズンで230.82ペソ/m³である。

2) 将来水需要

将来の給水人口・漏水・水需要（平均生産量）の予測は次の通りである。

	給水人口	漏水(%)	水需要(l/s)
1995	165,236	40	708
2005	213,356	30	807
2015	272,605	30	1,062

4. 2 長期開発計画

1) 開発容量

長期開発計画は2015年を目標年次としている。2015年におけるイキケ市の水需要予測は、日最大1,381 l/sである。他方、現在の給水能力は680l/sであるので、さらに701l/sの追加開発が必要である。

2) 給水施設

開発対象となる水源は、バンバ・デル・タマルガルの東部に位置するラ・テイラナ地区の地下水である。水質は、飲料水に適しており、浄水の必要はない。地下水は16本の井戸から汲み上げた後、集水タンクへ送られる。井戸群の用地面積は260haである。

集水タンクに送られた水は、全長67.6kmの2本の導水管でアルト・オスピシオタンクを経て、カバンチャ給水タンクへ送水される。導水管の経路は主に既存の国道添いである。

導水管は途中海岸山脈を越えるため、水源地に設置された加圧ポンプによる揚水が必要である。

主要施設は次の通りである。

- (1) 取水設備
深井戸： $\phi 12'' \times 200 \text{ m} \times 16$ 本
ポンプ：水中ポンプ 16台
集水管： $\phi (250 \sim 800 \text{ mm}) \times 9,750 \text{ m}$
- (2) 送水ポンプ
ポンプ：5台 \times 1箇所
- (3) 導水管
パイプライン： $\phi (400 \sim 700 \text{ mm}) \times 2$ 本 $\times 67,600 \text{ m}$
- (4) タンク
集水タンク：2基 \times 1箇所
送水タンク：2基 \times 2箇所
減圧タンク：2基 \times 3箇所
給水タンク：4基 \times 1箇所
- (5) 土地取得
水源地およびタンク用地：261 ha

各施設の位置およびルートについては図-4参照。

3) プロジェクトコスト

総投資額は、直接建設費・土地取得費・技術費・管理費・予備費からなり、総額は46,091百万ペソ（1994年価格）である。項目毎の内訳は表-2に示す。

4. 3 第1期開発計画

1) 開発容量

第1期開発計画は2005年を目標年次としている。2005年における水需要は日最大で1,049 l/sと見込まれるため、369 l/sの新規開発を行う計画である。

2) 給水施設

第1期開発計画は、長期開発計画のほぼ半分を開発する計画である。ただし、土地取得については第1期に総て完了する予定である。

主要施設は次の通りである。

- (1) 取水設備
深井戸： $\phi 12'' \times 200 \text{ m} \times 8$ 本
ポンプ：水中ポンプ 8台
集水管： $\phi (250 \sim 800 \text{ mm}) \times 5,750 \text{ m}$
- (2) 送水ポンプ

- ポンプ：3台 × 1箇所
- (3) 導水管
パイプライン：φ(400~700 mm) × 1本 × 67,600 m
- (4) タンク
集水タンク：1基 × 1箇所
送水タンク：1基 × 2箇所
減圧タンク：1基 × 3箇所
給水タンク：2基 × 1箇所
- (5) 土地取得
水源地およびタンク用地：261 ha

各施設の位置およびルートについては図-4参照。

3) プロジェクトコスト

総投資額は、直接建設費・土地取得費・技術費・管理費・予備費からなり、総額は24,177百万ベソ（1994年価格）である。内訳は、外貨分が41,024千米ドル、内貨分が6,331百万ベソである。項目毎の内訳は表-2に示す。

維持管理費には、電力消費料・水処理薬品費・人件費および修繕費を含み、完全操業時の費用は1994年価格で614百万ベソである。

プロジェクトは1996年から1998年までの3年間で完了する。このうち、詳細設計および土地取得は1996年中に終了し、建設工事は1997年および1998年で終了の予定である。1999年に操業を開始し、2005年以降施設は100%稼働となる予定である。

4. 4 プロジェクト評価

1) 経済評価

プロジェクトの便益および費用の現在価値は、MIDEPLANのガイドラインにもとづいて割引率を12%と仮定すると、それぞれ20,868百万ベソ、14,138百万ベソである。経済収益性は、純現在価値（NPV）・費用便益比率（B/C）・経済的内部収益率（EIRR）について評価を行った。結果を次に示す。

NPV：6,730百万ベソ B/C：1.48 EIRR：17.33%

2) 財務分析

プロジェクトの財務収益性は、純現在価値（NPV）・財務的内部収益率（FIRR）について評価を行った。

平均水道料金については1994年末の料金を278ベソ/m³とし、将来年平均12%で値上げするものとし、さらにMIDEPLANのガイドラインにもとづいて割引率を12%として計算すると、純現在価値（NPV）は11,456百万ベソとなる。その結果、財務的内部収益率（FIRR）については14.86%となる。

3) 環境影響評価

水源地およびタンク建設のために、261haの土地の取得が必要である。対象となる用地は現在空き地であり大半の土地が公有地であるため、何等の悪影響も生じる恐れはない。

建設工事に関しては、対象地域が過疎状態にあること、および車両の交通も少ないことから、振動・騒音・塵埃・交通障害等の公害が生じる恐れは無い。

現在の地下水面は、イケケ都市用水・地方都市用水・灌漑用水・鉱業用水等の様々な開発のため低下すると予想される。本プロジェクトおよび他の水資源開発による地下水位低下量の合計の予測は、100年後において次の通りである。

- 最も影響のある地域で25~30m
- 帯水層の大半の地域で15m以下
- 現在のタマルーゴ林の地域で15m以下

既存の6本の浅井戸は上記の地下水低下によって影響を受ける恐れがある。このため、これらの井戸については将来掘増しあるいは掘り直しの必要が生じる。

タマルーゴについては、一般に根を25~30mまで伸ばし地下水を吸収することができるため、悪影響が生じる恐れはない。

V. 提言

- 1) ジュタ川下流域の水資源開発プロジェクトは、アリカ市の短期的な水需要にのみしか応えることができない。したがって、長期的な水需要に対応するために、新たな水源の調査を実施する必要がある。
- 2) アサバ溪谷の地下水は、現在のままの水利用状況が続けば、近い将来に枯渇するとみられる。このため、アサバ溪谷およびアリカ市における水資源と水利用について十分な管理・保全を行う必要がある。
- 3) カンチョネスで取水される地下水については、将来適当な浄化設備の設置が必要である。
- 4) バンバ・デル・タマルガル盆地のラ・ティラナ地区における地下水の水質は一般に飲料水に適しており、特に浄水処理の必要はない。しかしながら、ラ・ティラナ地区で提案する新規井戸群の詳細な位置の決定に当たっては、あらかじめ、ボーリングを行って水質について再確認をする必要がある。
- 5) アサバ溪谷、ジュタ川下流域、バンバ・デル・タマルガル盆地の各地域について、地下水のモニタリングシステムを強化する必要がある。

表-1 アリカ市水供給事業費

項 目	F/C (10 ³ US\$)	L/C (10 ³ ペソ)	合 計 (10 ³ ペソ)
直接建設費	42,080	6,722,117	25,027,108
(1) 取水設備	7,153	1,700,006	4,811,728
(2) 導水設備	1,470	118,258	757,702
(3) 浄水設備	29,597	4,112,572	16,987,214
(4) 給水網	3,850	633,281	2,312,464
(5) 送電設備	0	158,000	158,000
土地取得費	0	2,912,000	2,912,000
(1) 土地取得	0	12,000	12,000
(2) 補償工事	0	2,900,000	2,900,000
技術費	1,782	726,456	1,501,626
管理費	0	750,813	750,813
予備費	4,315	625,678	2,502,711
合 計	48,177	11,737,064	32,694,258

注：1994年3月時点のコスト（付加価値税を除く）

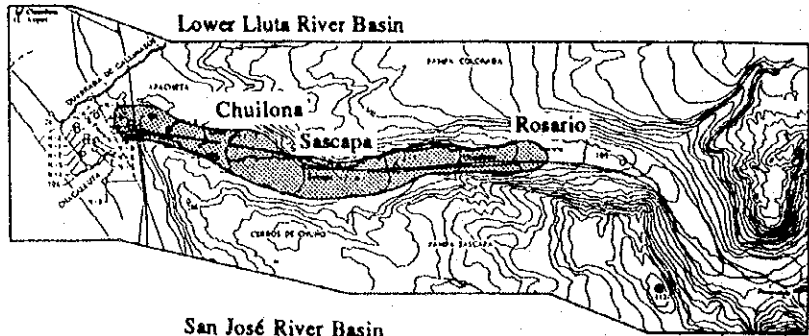
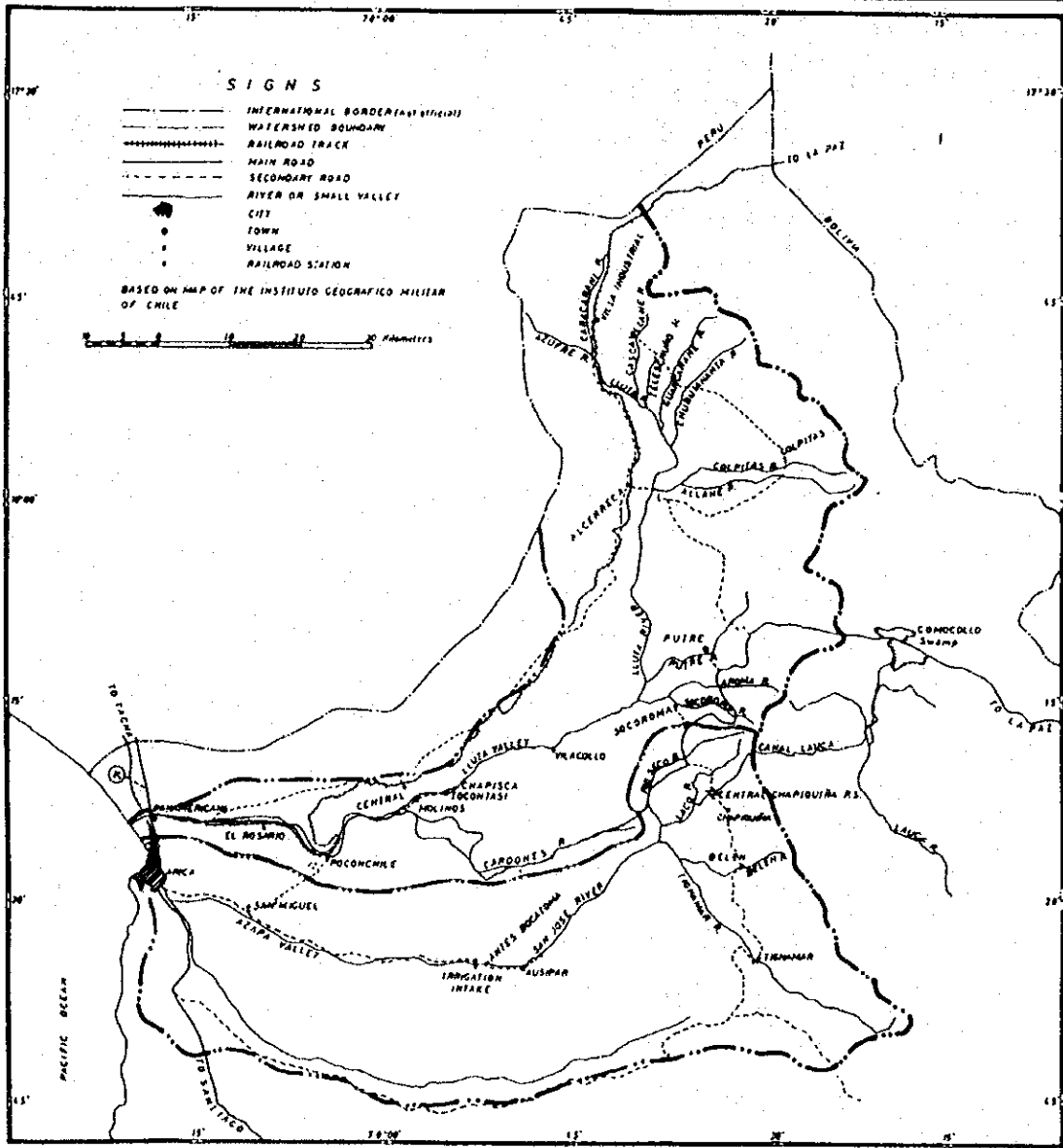
交換レート：US\$1.00 = \$435.00 ペソ = 110.00 円

表-2 イキケ市水供給事業費

項 目	長 期	第 1 期		
	合 計 (10 ³ ペソ)	F/C (10 ³ US\$)	L/C (10 ³ ペソ)	合 計 (10 ³ ペソ)
直接建設費	38,512,014	36,032	4,422,575	20,096,326
(1) 取水設備	4,075,846	2,532	1,193,663	2,295,144
(2) 導水設備	32,327,643	33,499	2,305,366	16,877,636
i) 送水ポンプ	1,873,190	3,126	151,091	1,510,912
ii) 導水管	29,081,203	30,373	1,468,050	14,680,499
iii) タンク	1,373,250	0	686,225	686,225
(3) 給水網	1,950,525	0	765,546	765,546
(4) 送電設備	158,000	0	158,000	158,000
土地取得費	262,000	0	262,000	262,000
技術費	2,310,721	1,528	541,100	1,205,780
管理費	1,155,360	9	602,890	602,890
予備費	3,851,201	3,465	502,408	2,009,633
合 計	46,091,296	41,024	6,330,973	24,176,629

注：1994年3月時点のコスト（付加価値税を除く）

交換レート：US\$1.00 = \$435.00 ペソ = 110.00 円



Aquifer Area

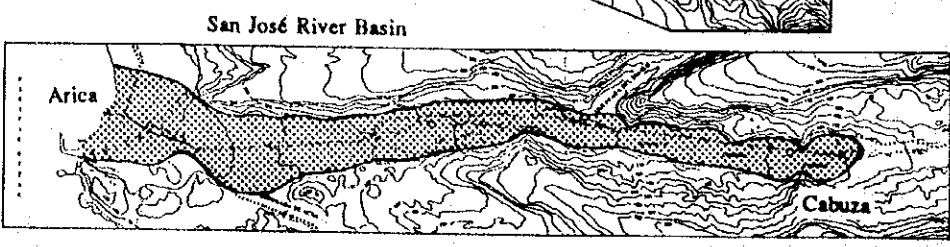


図-1 サン・ホセ川およびジュタ川流域図

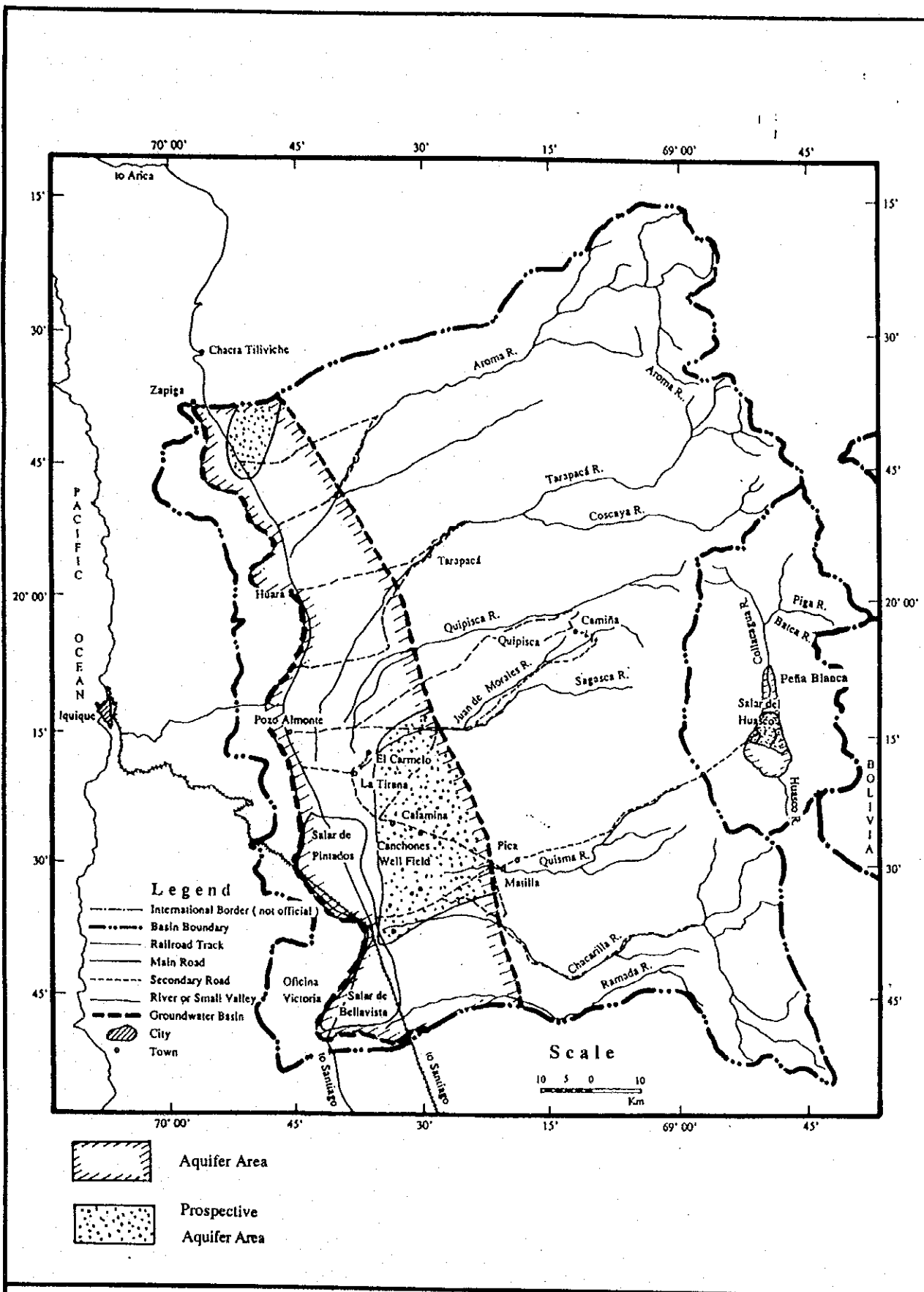


図-2 バンバ・デル・タマルガル盆地およびサラール・デル・ワスコ盆地流域図

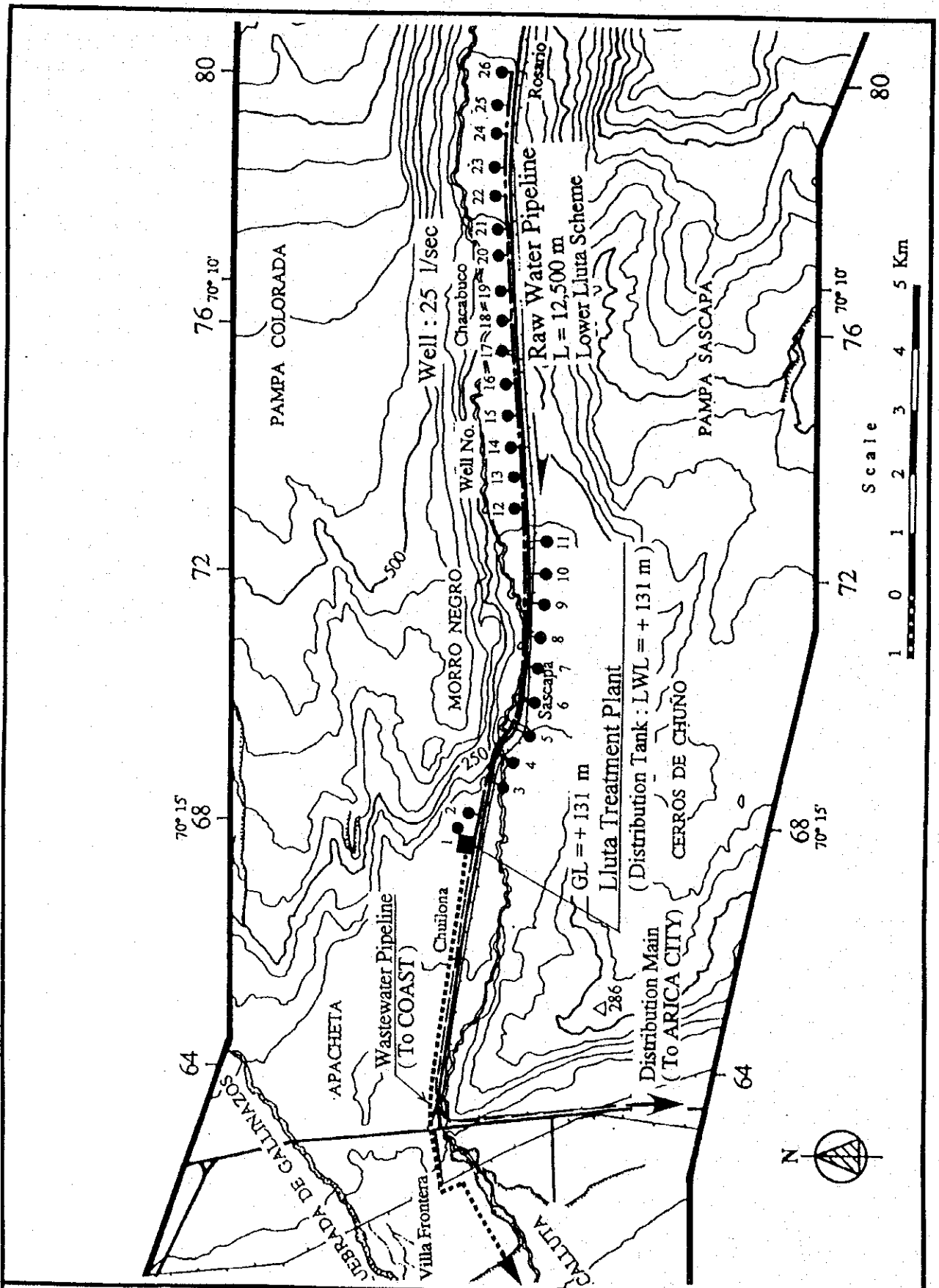


図-3 アリカ市給水施設

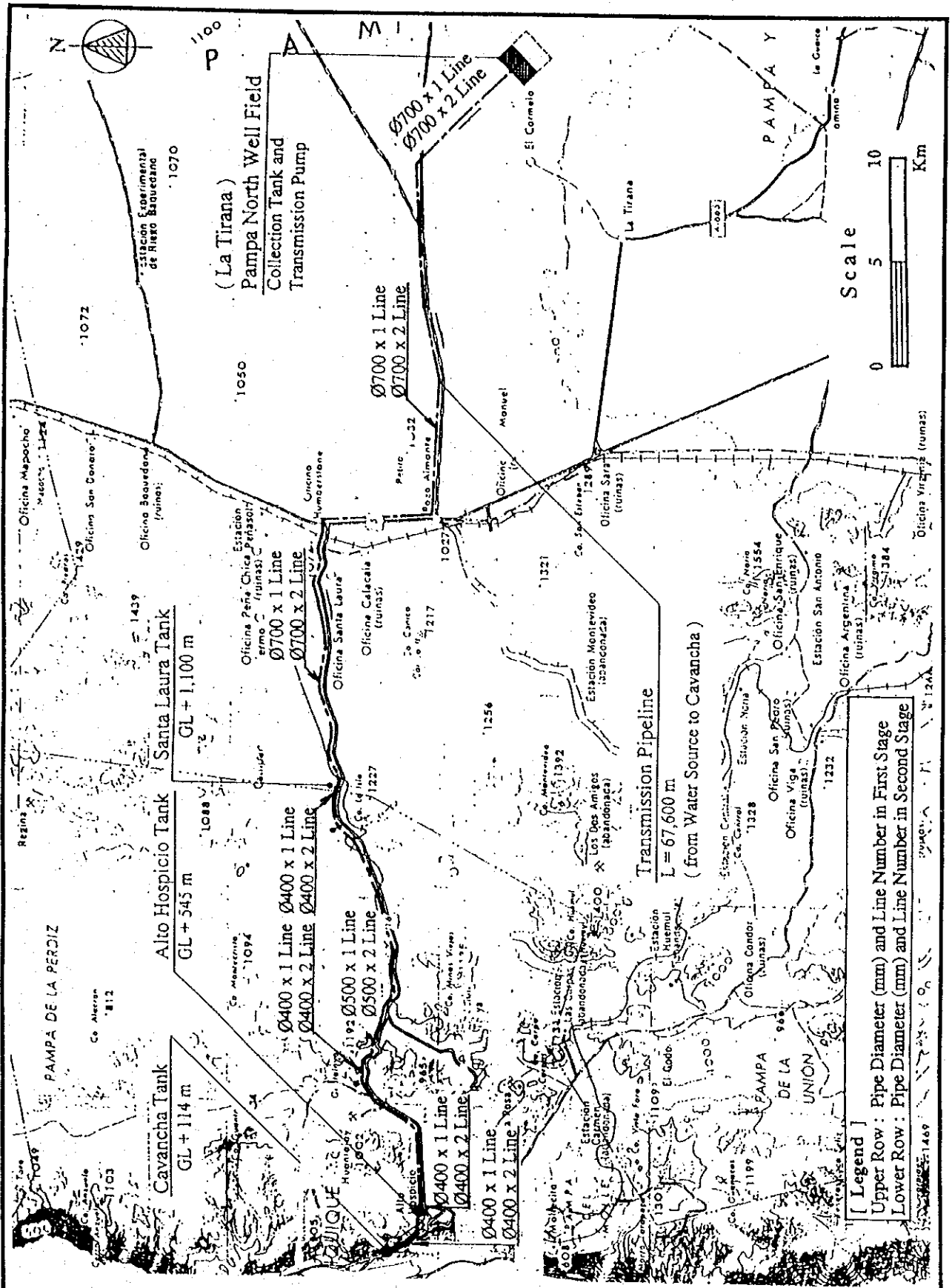


図-4 イキケ市給水施設

JICA

