3.2.4　施工計画／調達計画

(1)　施工方針

本プロジェクトはボリビア国政府と日本政府との間で交換される交換公文(E/N)に記載された条件によって実施される。本プロジェクトのボリビア国側実施機関はコチャバンバ市に所属する SEMAPA である。事業実施後の施設及び機材の維持管理･運営は SEMAPA が引続き実施する。SEMAPA は実施に際して詳細設計、入札図書の作成、入札にかかる補佐、建設工事、資機材調達の管理といったサービスを受けるためにコンサルタントを雇用する。建設工事の実施においては本計画の施設建設工事を担当できる現地下請業者の活用を図る。本計画に関連する諸機関とその関係は図 3.16 に示すとおりである。

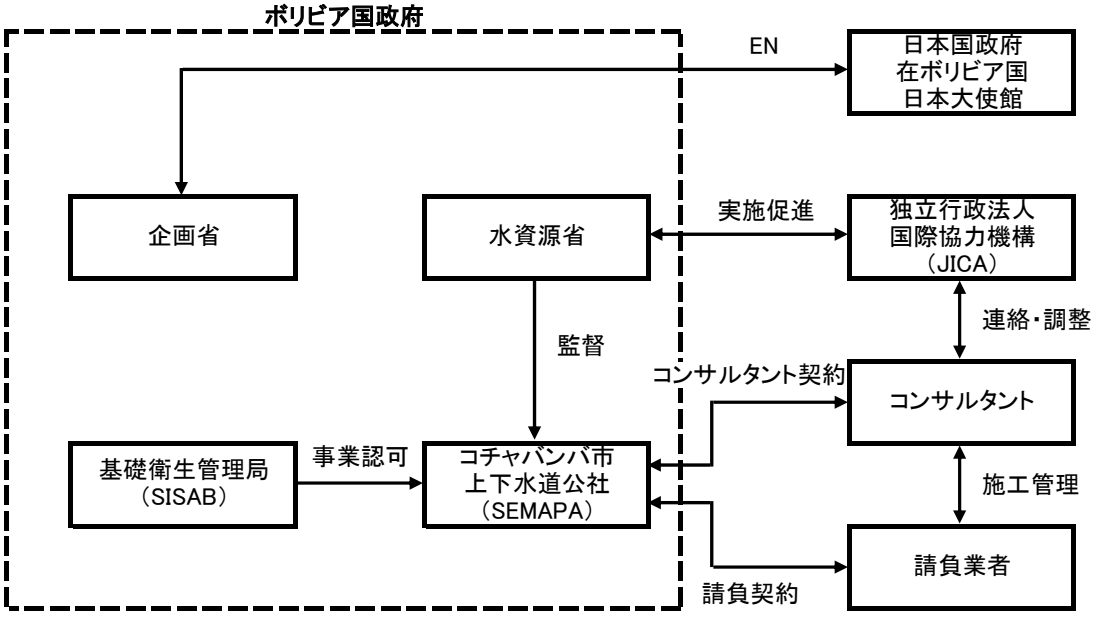


図 3.16　事業実施体制

(2)　施工上の留意事項

1)　アクセス道路

アランフェス浄水場へのアクセス道路は住宅地を経由するルートが最短であるが、工事用車両の通行は出来ない。そのため、迂回ルートを利用することとなるが、ダンプトラック等が煩雑に通行した場合、道路補修を行う必要がある。これらの道路補修はボリビア側で行うこととする。

2)　用地取得

送水管・一次配水管は全て公道下への敷設、シグロヴェインテポンプ場についても SEMAPA が取得済であることから、本計画に際して用地取得が必要なのはアランフェス浄水場の増

設用地のみである。本用地は現在所有者が確定しておらず、今後 SEMAPA は農業改革院に申請して所有者を特定し、そこから使用権を取得する必要がある。しかし、現時点で土地所有者は現地アンドラーダ地区もしくはコチャバンバ市のいずれかの所有であると想定され、土地使用権の取得に支障はないと考えられる。

3) 環境影響評価

アランフェス浄水場の増設に関しての環境影響評価の取得が必要で、EIA 詳細報告書が免除されるカテゴリー3 の許可の申請準備中である。必要な申請書の準備は既に開始しており特に問題はないが、申請に際して上記の土地使用権の確定が必要となる。

4) 住民移転

用地取得の必要なアランフェス浄水場拡張用地は現在荒地であり、アンドラーダ地区もしくは市の所有地と想定さる。また、送・配水管も基本的には公道下へ敷設するため、住民移転の必要はない。

5) 交通・商業活動等への影響

管路敷設予定ルートについては、市街であり交通整理員の配置等の安全対策は必要であるが、いずれのルートも比較的幅員は広く、片側通行程度の制限で施工できる。また、商業密集地等特に工事の影響を考慮する地区はない。

6) 断水

アランフェス浄水場においては、ろ過池の増設の管廊内管路接続時に数回断水する必要がある。しかし、その作業は夜間の数時間程度で可能であり、配水池へ十分に浄水を貯留した後であれば断水を行う必要はない。

7) 河川横断

送水管の河川横断部に関しては、河川を半分ずつ締め切り、河道を確保しつつ、水替えポンプによる排水を行いながら掘削・敷設を行う計画としているが、これらの工事は河川流量の少ない乾季に実施することが望ましい。

(3) 施工工区分

本プロジェクトが実施された場合の我が国とボリビア国政府側との負担区分を表 3.10 に整理する。

表 3.10　日本国側、ボリビア国側の施工区分

項　　目	日本国側	ボリビア国側
(1)　仮設・作業ヤード用地の確保		○
(2)　浄水場増設用地の確保		○
(3)　浄水場への工事用道路の整備		○
(4)　地下埋設物の情報提供及び掘削時の立ち会い		○
(5)　交通規制時の警察等関係機関との協議		○
(6)　既設管との接合時の協力 （工事立ち会い、断水の連絡等）		○
(7)　フラッシングと水圧試験用水の提供		○
(8)　塩素消毒時の作業協力		○
(9)　必要施設までの電力引き込み工事		○
(10)　試掘（地下水位、地下埋設物の確認）	○	
(11)　本体工事（計画、資機材準備、施工）	○	
(12)　フラッシングと水圧試験	○	
(13)　浄水施設の水密試験	○	
(14)　二次配管、給水施設、水質検査機器の調達	○	
(15)　二次配管、給水施設の設置		○

(4)　施工監理計画

本計画は日本国の無償資金協力制度により実施され、コンサルタントは実施のための実施設計及び施工監理を行う。

1)　実施設計

- 現地調査として、設計路線の踏査、業務上必要な地下埋設物及び地上支障構築物件（電柱、架空線等）の調査、既存管の調査、測量、試掘の調査を行う。
- 現地調査を基に基本設計の見直しを行う。
- 設計路線の工法比較、構造計画、仮設比較を行い、その施工計画の見直しを行う。
- 構造計算、仮設計算等を行う。
- 位置図、平面図、縦断面図、詳細図（平面、縦断、横断図等）、構造図を作成する。
- 工事に必要な数量すべてを計算し数量計算書を作成する。
- 基本条件の確認、比較検討の確認、設計計画の妥当性、計算書と図面の整合性、計算書の精査等を行い設計の内容を審査する。
- 実施設計にて確定した施設規模､数量等を基に基本設計概算事業費の見直しを行う。
- 無償資金協力事業のガイドラインに沿った入札書類を準備する。
- 請負業者選定に際し、上記ガイドラインに沿った入札が実行されるよう、ボリビア国側実施機関（SEMAPA）を補佐する。

2)　施工監理

- 両国の関係機関及び担当者との密接な連絡を行い、建設工事工程に基づく施設完成を目指す。
- 設計図書に合致した施設を建設するため、施工関係者に対して迅速かつ適切な指導助言を行う。
- 施設完成引渡し後の施設の運転、維持管理に対し、適切な助言と指導を行い、施設の正常な運転を促す。
- 本計画は既存の給水地区を対象としているので配管工事を行うにあたっては、SEMAPA、必要に応じて水組合と充分な調整を図り、断水等、住民生活への影響を最小限にするよう努める。

施工監理業務の主な内容は、以下のとおりである。

① 工程及び品質管理（使用材料、資材等の承認、入荷資材の検査、工事段階毎の検査及び立会い）
② 設計変更の検討・実施
③ 進捗報告（月報、支払証明書、完了届など）
④ 安全管理の徹底
⑤ 施工業者の環境管理計画実行の監督補佐
⑥ 竣工検査

上記業務は、工事着工から完成引渡しまで連続して必要な業務である。したがって、施工監理は現地常駐監理体制とする。常駐監理者は、全体の監理に卓越した専門家を配置する。この他、浄水場建設及びポンプ施設設置については浄水施設技術者、機械設備技術者をスポット派遣し、施工状況、出来形を確認するのみならず技術的な問題が発生した場合に迅速な対応をとれるよう計画する。

(5)　品質管理計画

機材については工場立会い検査により品質確保を図る。現場工事については以下の検査により品質を管理する。

- 基礎工事：　載荷試験による。
- 閉め固め：　材料試験、密度試験による。
- コンクリート打設：試験配合、強度試験、打継目、脱型等確認による。
- 鉄筋：　引っ張り･曲げ強度、工場出荷証明による。
- 管路：　水圧テストによる。
- その他構造物：　出来型確認、水密試験による。

また、コミッショニング時に処理水量、処理水質の測定を行い浄水場の機能の確認後に引渡しが行えるようにする。

(6) 資機材等調達計画

1) 被援助国における建設用資・機材の調達事情

建設資材・機材は、ほとんどがコチャバンバ市内の一般市場にて調達可能である。現地の施工業者も独自の調達網を持っており商社などに頼らずプロジェクト毎に単独で輸入して工事を進めている。工事用資材の調達はこれらの建設資材及び現地で製造されている建設資材を優先することが経済的であると判断する。

本計画の主要工事用資材の調達計画は表 3.11 に示すとおりとする。

表 3.11　主要工事用資材の調達区分

区　　分	品　　目	ボリビア国内	第三国	日本	備考
		調達	調達	調達	
骨材・セメント等	普通ポルトランドセメント	○			
	鉄筋	○			
	粗骨材	○			
	細骨材	○			
燃料油脂類	ガソリン	○			
	軽油	○			
	潤滑油	○			
鉄鋼製品	鋼材・H 形鋼	○			
	鋼材・L 形鋼	○			
	手摺金物	○			
上水道配管材	水道用塩化ビニル管	○			
	ダクタイル鋳鉄管		○		
	同上バルブ類	○			
	同上エアー弁類	○			
	特殊継輪（カップリング）	○			
仮設材	型枠用木材	○			
	型枠用合板	○			
	足場材料	○			
	支保工材	○			
	木材	○			
	止水板	○			
浄水場等設備機材	ポンプ機材			○	
	ポンプ電気機材			○	
	ろ過層用砂利	○			
	ろ過層用砂	○			
	超音波流量計			○	
	水位計（フロート式）			○	
	機械配管材（塩ビ管）	○			
	機械配管材（鋳鉄管）			○	
	薬品注入設備			○	
	足掛金物			○	
供与機材	二次配水管資材	○			
	水道メーター	○			
	同上ボックス	○			
	接続金物（ソケット、バルブ等）	○			
	水質検査機器			○	

2)　工事用機械

「ボ」国には建設機械のリース会社は存在しないが、バックホウ、ダンプトラックなどの一般建設機械は現地の建設会社からの調達が可能である。輸送費などを考慮すると現地リースが経済的となるため、建設機械の調達は現地調達を原則とする。

(7)　初期操作指導・運用指導等計画

現在 SEMAPA は、本計画対象のアランフェス浄水場以外にカラカラ浄水場の維持管理を行っている。カラカラ浄水場の施設は改良後のアランフェス浄水場とほぼ同等であり、これらの施設を維持管理する能力を SEMAPA は有している。

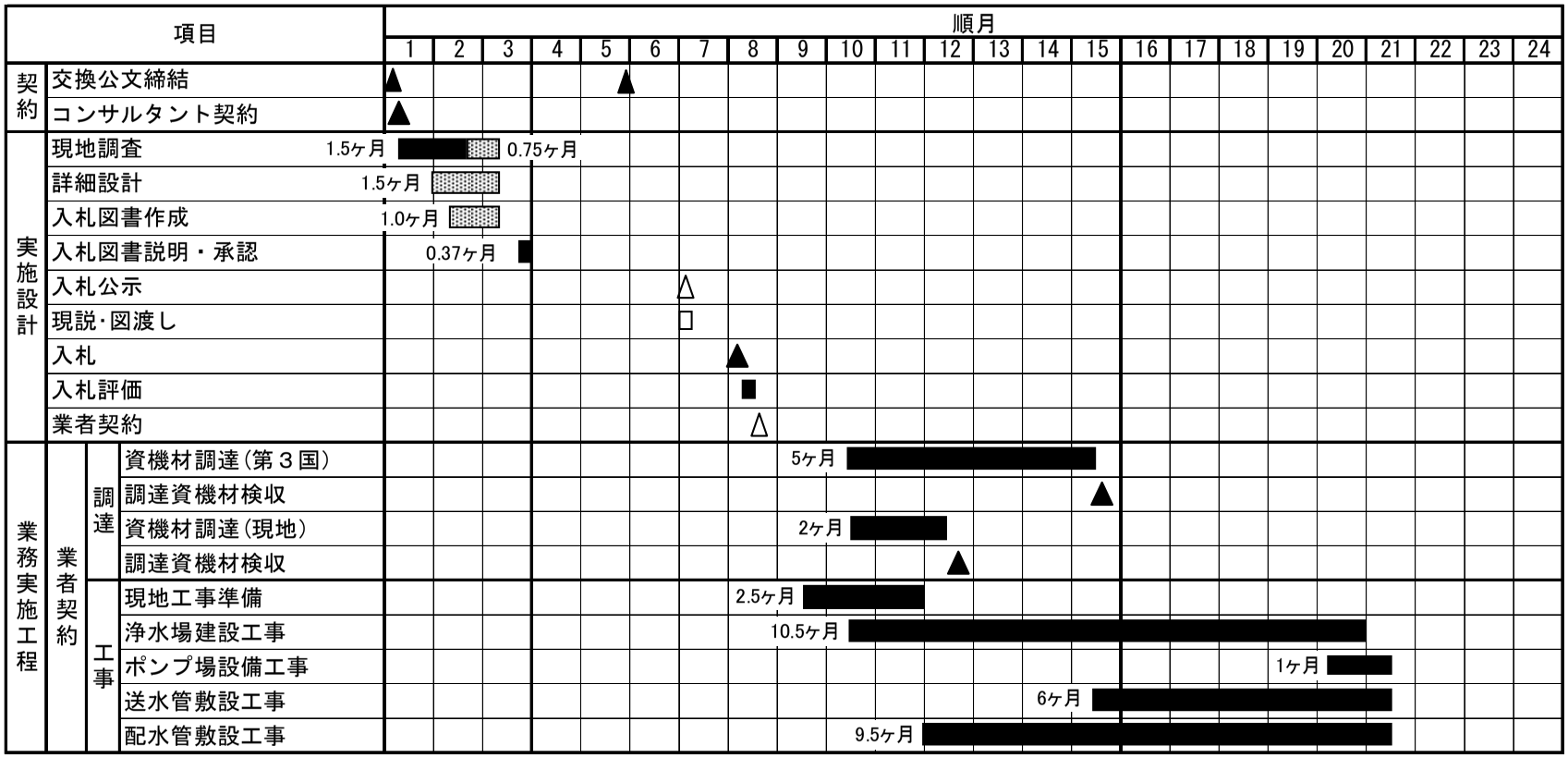
しかし､浄水施設等は一部日本製品を使用することもあり､施工業者側で施設の O&M マニュアルを作成すると同時に、浄水場施設完成後約 2 ヶ月間行う予定である試運転・調整を OJT により実施し、初期操作・運用指導とする計画である。

(8)　ソフトコンポーネント計画

実施の計画はない。

(9)　実施工程

本プロジェクトは、A 型国債で実施する。事業実施工程図 3.17 をに示す。



：現地作業
：国内作業

図 3.17　事業実施工程

3.3　相手国側分担事業の概要

3.3.1　一般的な負担事項

本基本設計調査開始時のミニッツに規定されたボリビア国側の負担事項は以下のとおりである。

① プロジェクトに必要なデータ･資料類の提供
② プロジェクトサイトの安全確保
③ 銀行取極め（B/A）及び支払授権書（A/P）に伴う手数料の支払い
④ 本計画によって調達された資機材のボリビア国入国時における速やかな積み下ろし、通関手続き
⑤ 承認された契約に基づく資機材の調達及びサービスの実施にかかる日本人関係者がボリビア国に持ち込む物品及び下請契約に対する租税公課の免税措置
⑥ 本計画によって調達された機材及び建設された施設の適切な使用と維持管理
⑦ その他､SEMAPA の技術者等で本プロジェクト実施に必要な要員の日本側への無償貸与等、本無償資金協力により負担し得ない費用の負担

3.3.2　プロジェクトに固有の負担事項

基本設計調査の結果明らかになったボリビア国側の負担事項は以下のとおりである。

① 建設工事開始までに、アランフェス浄水場建設用地の使用許可を得る。なお、本建設用地使用許可取得には環境許可取得が前提条件となる。これらを合わせた負担事項が実行されたときのみ、本プロジェクトは実施される。
② アランフェス浄水場に隣接して作業ヤード用地を確保する。
③ アランフェス浄水場へのアクセス道路の整備、維持を行う。
④ シグロヴェインテポンプ場の電力線の引き込みを着工時までに行う。
⑤ 調達される二次配管資材及び給水装置資材をプロジェクト完了までに設置する。
⑥ 送・配水管敷設工事前に沿線住民に対して工事内容の説明を行い、工事の了承を得る。
⑦ 送・配水管敷設工事に伴い道路使用、交通規制を行う必要がある場合、警察等の関係機関の許可を得る。
⑧ アランフェス浄水場における断水工事、既設管接続工事等に断水が伴う場合、住民に公報を行う。
⑨ 管洗浄、水圧、水密試験用用水を提供する。
⑩ 浄水場、ポンプ場、配水池のオペレーターを通水試験・調整時の OJT 開始時までに増員する。

3.4　プロジェクトの運営･維持管理計画

3.4.1　プロジェクト施設の維持管理

プロジェクト完成後の施設の維持管理は SEMAPA のオペレーション局（Gerencia Operaciones）の運転部（Departomento de Operaciones）が担当する。本プロジェクトでは、アランフェス浄水場が拡張され、新たにカラカラアルト配水池からシグロヴェインテポンプ場までの送水管（一部は既設管を使用)、シグロヴェインテポンプ場のポンプ、シグロヴェインテポンプ場からディエスデフェブレロ配水池までの送水管、第 1 配水区内の一次配水管が建設される。SEMAPA はすでにこうした施設を維持管理しているので、本プロジェクトで建設される施設に関して新たな維持管理作業は発生しないが、施設の増加に伴い維持管理要員の増員が必要となる。予想される作業量の変化を表 3.12 にまとめる。

3.4.2　プロジェクト施設の維持管理体制

プロジェクト施設は浄水場と送配水系に大別される。

プロジェクトの完成によりアランフェス浄水場は浄水量が増加するとともに、維持管理上は薬品注入、沈澱操作の徹底が必要となる。現在のアランフェス浄水場では、こうした操作は必ずしも十分に行われていないが、これは主として施設に問題があり、維持管理上の問題点とはいえない。一方、現在 SEMAPA はアランフェス浄水場に加え、カラカラ浄水場で高速ろ過方式の運転を行っている。カラカラ浄水場は約 35,000m^3/日、8,600 m^3/日の新旧 2 系列が計 6 名の運転員により運転されているが、いずれの系列とも正常に維持管理され、原水供給量に応じて生産が行われている。表 4.1 に記載したとおり、プロジェクト完成後のアランフェス浄水場は欠員 1 名を補充して 3 名体制で運転されるが、カラカラ浄水場の運転要員との交代も可能で、維持管理体制に特に問題点は予想されない。

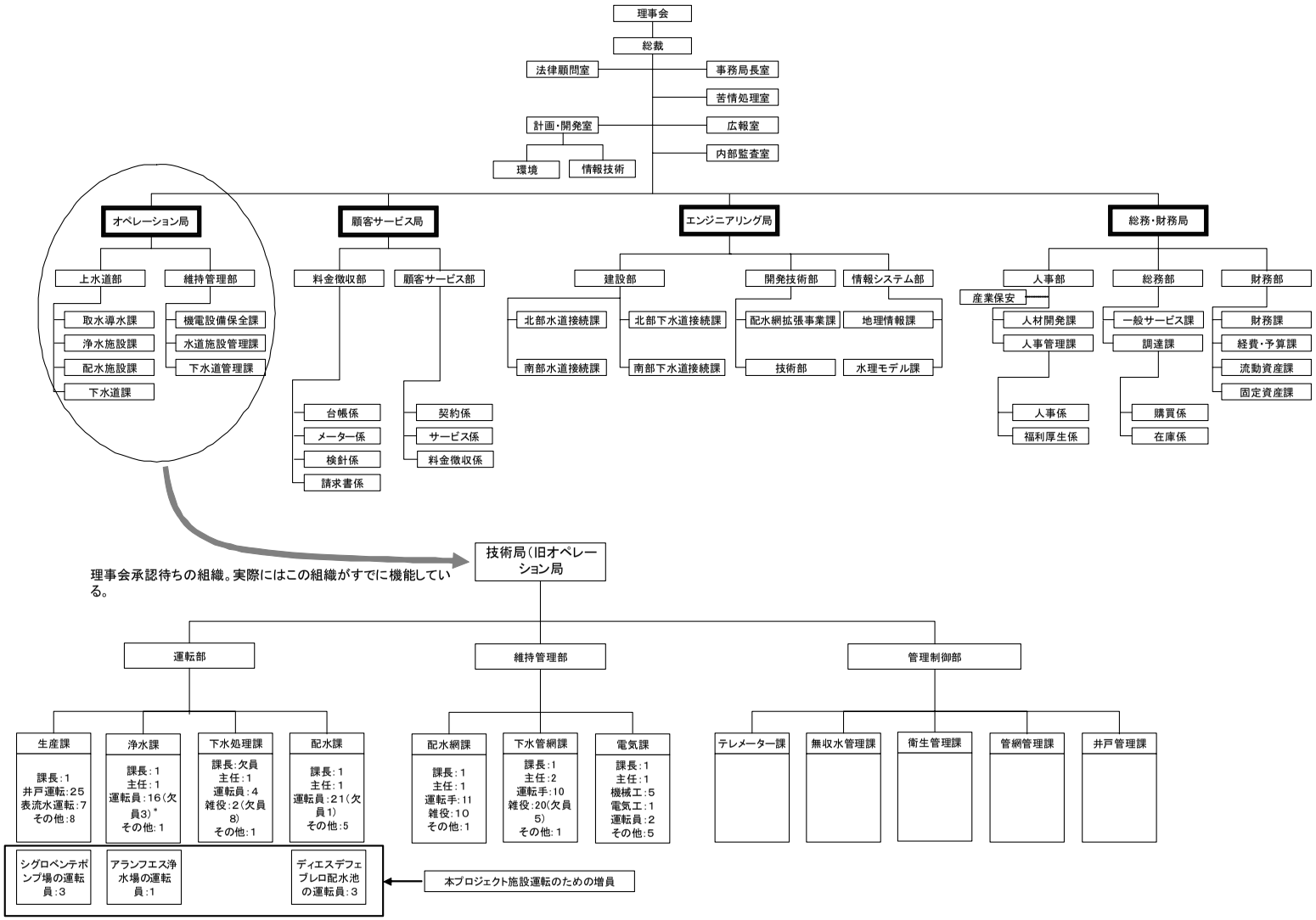
送配水施設はいずれも新設であるが、送水管、ポンプ場、配水池は既存配水区で維持管理されているものであり、特に新しいシステムはなく、必要な要員数を確保することで維持管理は可能と考えられる。

現状の SEMAPA 組織図と本プロジェクトの維持管理のための要員増加の関係を図 3.18 に示す。

表 3.12　プロジェクト完成後の維持管理作業

施設	現在の運転維持管理体制	プロジェクト後の予想される変化
アランフェス浄水場 （拡張）	• 浄水課（División de Tratamiento de Agua Potable）が担当。 • 浄水課長（SEMAPA 本部に勤務）を長として 3 名の運転員が運転。ただし、1 名は欠員。 • 浄水課付きの 4 名のスタンバイ要員が必要に応じて応援。[10]	• 現在欠員の1名を補充して3名体制で運転する。
送水管 カラカラアルト→シグロヴェインテポンプ場 （新設）	• 現在施設なし	配水網管理課（División de Mantenimiento de Redes Agua Potable）が維持管理を担当。配水網管理課は定員 44 名に対して現在 35 名で増員中であるが、プロジェクト関連での増員は予定していない。
シグロヴェインテポンプ場 （送水ポンプのみ新設）	• 現在施設なし	• ポンプ場の運転は生産課（División de Producción）が担当する。 • 3 名増員して運転する予定。
送水管 シグロヴェインテポンプ場　→ディエスデフェブレロ配水池 （新設）	• 現在施設なし	• 配水網管理課（División de Mantenimiento de Redes Agua Potable）が維持管理を担当。配水網管理課は定員 44 名に対して現在 35 名で増員中であるが、プロジェクト関連での増員は予定していない。
ディエスデフェブレロ配水池	• すでに SEMAPA により建設済みで、プロジェクト完成後運転が開始される。	• 配水課（División de Distribución）が担当する。 • 3 名増員の予定。

[10] 浄水課には 4 名のスタンバイ要員がいて、浄水場（アランフェス浄水場、カラカラ浄水場、コニャコニャ浄水場など）での臨時の業務を担当している。



(上段が現在の正式の組織。現在組織改編を申請中。オペレーション局はすでに新組織で機能している。)

図 3.18　SEMAPA の組織図と本プロジェクト維持管理のための要員増加の関係

3.4.3　プロジェクト地域の水道事業維持管理について

本プロジェクトはアランフェス浄水場で生産された浄水を第 1 配水区に送り、一部は既存の OTB の配水網を通じ、一部は SEMAPA が本プロジェクトで調達した二次配水管を敷設して利用者に配水することにより事業効果を発現する。この効果の発現が担保されるには維持管理上、以下の条件が満たされなければならない。

(1)　アランフェス浄水場浄水を優先的に第 1 配水区に送水する。

アランフェス浄水場及びカラカラアルト配水池の関連する送配水系を図 3.19 に示す。

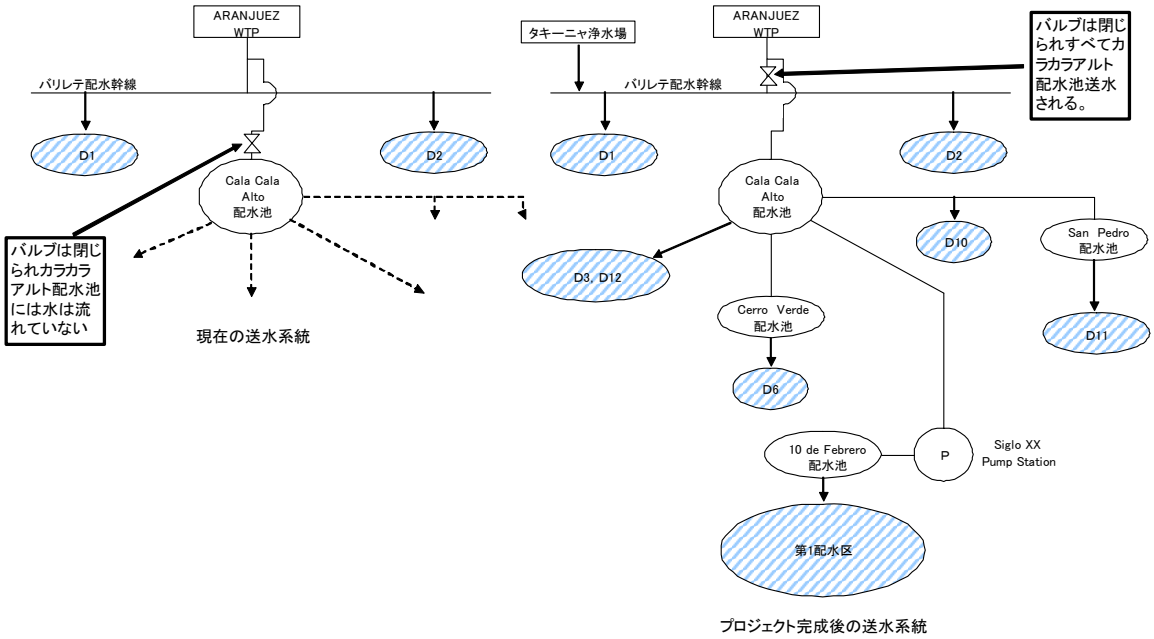


図 3.19　アランフェス浄水場、カラカラアルト配水池関連の送配水系統

現在はアランフェス浄水場の浄水はすべてバリレテ配水幹線から D1、D2 地区に配水され、カラカラアルト配水池には送水されていない（バルブが閉じられている。）。ただし、シネルヒア・バリレテプロジェクトの完成により、バリレテ配水幹線へは同プロジェクトにより建設されるタキーニャ浄水場浄水からが供給されることから、アランフェス浄水場浄水をカラカラアルト配水池に送水することが可能となる。したがって、まず第 1 にタキーニャ浄水場が完成し、バリレテ幹線を経由して D1、D2 地区に配水され、アランフェス浄水場から本プロジェクトエリアに必要な水量をカラカラアルト配水池に送水する必要がある。これはプロジェクト実施の前提条件である。

さらに、カラカラアルト配水池からは現在多くの地区に配水されているため、シグロヴェインテポンプ場への優先的な送水が確保される必要がある。現在、カラカラアルト配水池にはカラカラ浄水場浄水の一部、井戸水の一部が送られ、配水されているため、計算上はカラカラアルト配水池に送水されたアランフェス浄水場浄水は全量シグロヴェインテポンプ場に送水することが可能であるが、実際には一部が他の地区に送水される可能性は否めない。

しかしながら、シグロヴェインテポンプ場への送水量はポンプ場出口の流量計により計測可能であるので、その水量を監視し、原則として第 1 配水区の計画給水量、81 l/秒（7,036 m^3/日）が確保されるよう、他の配水池、配水水地区への送水をバルブの開閉により調整することが必要である。この調整は運転経験を積むことが必要であるが、プロジェクト完成直後は第 1 配水区の需要は計画水量に比べて小さいので、需要が計画値に近づく間に運転方法を確立できるはずである。

(2) 水組合の配水網を通じた配水を確保する。

第 1 配水区では表 3.13 に示すように、配水区内の総戸数約 8,400 戸のうち約 95%は水組合の配水網を通じて給水される。SEMAPA から水組合（OTB）配水網への配水は、SEMAPA と OTB の水道組織との契約で、SEMAPA は OTB に用水供給を行い、OTB は利用者への配水と料金徴収を行い SEMAPA に用水料金を支払う。SEMAPA は OTB に対する運営・維持管理について適切な研修や、配水システム、料金徴収等に関する定期的なモニタリングを行う。

表 3.13 第 1 配水区内の水組合（OTB）と推定給水戸数

地区番号	水組合名称	推定人*口（人）	給水人**口（人）	給水戸***数（戸）	備　考
DISTRICT 7	Villa Brasilia	734	631	105	配水網あり
	La Aguada	1,367	1,176	196	配水網あり
	Barrio Luz	327	281	47	配水網あり
	Eucaliptus Sud	3,789	3,258	543	配水網あり
	Valle Hermoso Norte	6,228	5,356	893	配水網あり
	Villa Venezuela	6,549	5,629	938	配水網あり
	Eucaliptus Norte	3,811	3,278	546	配水網あり
	Campo Ferial	3,957	3,403	567	配水網あり
	Barrio Magisterio (La Rinconada)	1,883	1,620	270	配水網あり
	Villa Exaltación	3,400	2,924	487	配水網あり
	La Rinconada	1,691	1,455	242	配水網あり
DISTRICT 8	Nuevo Amanecer	3,912	3,365	576	配水網あり
	Villa San José	2,025	1,741	278	配水網なし
	Rumi Cerco	1,551	1,334	222	配水網なし
	Villa San Miguel A.T.	3,568	3,069	511	配水網あり
	El Salvador	3,679	3,164	527	配水網あり
DISTRICT 14	SPR Nor Este	2,474	2,128	355	配水網あり
	Alto de la Alianza	2,567	2,208	368	配水網あり
	Tercer Grupo	2,058	1,770	295	配水網あり
	2 -do Grupo	2,082	1,790	298	配水網あり
	12 de Octubre	783	674	112	配水網あり
水組合の既存配水網で給水される区域		54,859	47,179	7,876	
SEMAPA が本プロジェクトの調達機材で配水網を整備する区域		3,576	3,075	500	
合計		58,435	50,254	8,376	

*　：PEDS に基づく本調査での推定人口。
**　：PEDS の 2015 年の給水普及率 86%から計算。
***　：1 戸 6 人として計算。

これまでの SEMAPA の給水域拡大に際しても同様の方法がとられたこと、本プロジェクトの

要請に際しては第1配水区の多くのOTBが関与していることから、OTBを通じての配水には問題がないと考えられる。

3.5 プロジェクトの概算事業費

3.5.1 協力対象事業の概算事業費

(1) 日本側負担経費

本計画を日本の無償資金協力により実施する場合に必要となる概算事業費は13.13億円(日本側負担事業費:12.48億円、「ボ」国側負担事業費:0.65億円)と見積もられ、日本側負担事業費の内訳は下表に示すとおりである。

日本側負担費用総括表

概算総事業費　約1,248百万円

費目			概算事業費(百万円)		
施設	アランフェス浄水場改修工事	沈澱池、ろ過池、洗浄排水池等	242	1,140	1,156
	送水設備工事	送水管、送水ポンプ等	431		
	配水設備工事	一次配水管	467		
機材	二次配水管、給水装置、水質計測機器	二次配水管管材、水道メーター、付属品、メーターボックス、水質計測機器	16	16	
実施設計・施工/調達監理・技術指導			92		

なお、上記概算事業費は即交換公文上の供与限度額を示すものではない。

(2) ボリビア国側負担経費

ボリビア国側負担経費は表 3.14に示すとおりで、負担事項はSEMAPAの所有地や職員の参加により実施されるものがほとんどである。しかし、電力の引き込みは電力会社への発注が必要であり、二次配管敷設及び給水装置の設置は業者に発注する必要がある。

ボリビア国税制によると、無償資金協力で調達される資機材に係る付加価値税(VAT)及び輸入関税等については免税措置される。

表 3.14 ボリビア国側の負担経費総括表

項目	経費(千BOB)	ボリビア国側
シグロヴェインテ仮設ヤード用地の確保	-	SEMAPA所有地のため無償
アランフェス作業ヤード用地の確保		市所有地のため無償
アランフェス浄水場増設用地の確保	-	市所有地のため無償
地下埋設物の情報提供及び掘削時の立会い	-	配水管維持管理担当者が立ち会う
既設管と新設管との接合時の協力 (工事立会いと断水の連絡)	-	配水管維持管理担当者が立ち会う

項　　目	経費(千BOB)	ボリビア国側
フラッシングと水圧試験用水の提供	-	SEMAPA の給水を使う
塩素消毒時の作業協力	-	SEMAPA で作業
AP 発行手数料、支払手数料	75	
必要施設までの電力の引き込み工事	67	電力会社に発注。
二次配水管の敷設	4,181	地元建設会社に発注
調達機材（水道メーター）の設置	101	地元建設会社に発注
合　　計	4,424	

ボリビア国側負担経費を以下のように算出した。

1)　電力の引き込み工事

電力会社の見積もりによる。

2)　二次配管敷設費

二次配管布設費については、塩化ビニール管敷設工（φ100mm、φ80mm）及び管敷設土工の1m 当りの工事費を概算事業費積算資料で算出した工事費を基に設定して算出する。表 3.15 に二次配管布設費を算出する。

表 3.15　二次配管敷設費

項　　目	数量	単位	単価(BOB)	金額（BOB）
塩化ビニール管敷設工　φ100mm	5,342	m	400	144,234
塩化ビニール管敷設工　φ80mm	2,601	m	380	65,025
管敷設土工	7,943	m	7,500	3,971,500
計				4,180,759

3)　給水装置設置費

給水装置に関しては、算出条件を下記のように仮定して算出する。

設置個数：　500 戸

設置グループの構成：　ボックス設置班（コンクリート削り、アンカーボルト埋め込み等）2 名、メーター設置班（配管工事等）2 名、運転手 1 名、計 5 名。

作業方法：　資材置き場となるシグロヴェインテポンプ場から資材をトラックに載せグループで移動。メーター設置班がメーター取り付け後、ボックス班がボックスを固定。

1 日あたりの設置個数：上記作業で 1 グループ 1 日あたり 10 個設置する。

上記の算出条件より、

人件費

500÷10＝50 グループ・日

50×5 人/グループ＝250 人･日

250×103 BOB/人日＝25,750 BOB

車両費

50 日×1,000 BOB/日＝50,000 BOB

ガソリン代

20km/日÷10km/l＝2 l/日

3.74 BOB/l×2l/日＝7.48 BOB/日

7.48 BOB/日×50 日＝374 BOB

材料費（コンクリート、アンカーボルト、のり）

50 BOB/個×500 個＝25,000 BOB

合計： 101,124 BOB＝1,516,860 円

(3) 積算条件

本計画の事業費積算は平成 20 年 3 月から 8 月までの平均為替レートの基づく。適用レートは以下のとおりである。

1 USD=106.18 円
1 BOB=14.71 円

3.5.2 運営･維持管理費

(1) 生産費

生産費は、以下の費目を計上した。

- 人件費
- 電力費
- 薬品費
- 修繕費
- 減価償却費

1) 人件費

プロジェクト完成後の施設維持管理には以下の要員が必要となる。

- アランフェス場の運転要員 3 名
- シグロヴェインテポンプ場の運転要員 3 名
- ディエスデフェブレロ配水池の運転要員 3 名

人件費単価は SEMAPA の俸給表（Resolución de Directorio, No.13-2004）より運転員（レベル 17：2,319 BOB/月）と運転助手（レベル 20：2,195 BOB/月）の平均値 2,257 BOB/月に 22.5%の社会保険料を加え、2,765　BOB/月を適用する。

2,257 BOB/人/月×9 人×12 ヶ月=243,756 BOB

2)　電力費

電力費は各ポンプの運転時間から計算した。

対象としては、浄水場の逆洗揚水ポンプ、洗浄排水返送ポンプ、各薬注ポンプ及びシグロヴェインテポンプ場の送水ポンプとする。

表 3.16 に電力費の算出結果を示す。

表 3.16　電力費

施　　設	負荷対象	運転時間 (hr/日)	出力 (kw)	実働台数 (台)	電力費単価 (BOB/kWh)	年間電力費 (BOB/年)
アランフェス浄水場	逆洗水揚水ポンプ	1	18.5	1	0.62	4,187
	逆洗水返送ポンプ	1	7.5	1	0.62	1,697
	消石灰攪拌機	24	0.4	2	0.62	4,345
	硫酸アルミニウム攪拌機	24	0.4	2	0.62	4,345
	次亜塩素酸カルシウム攪拌機	24	0.4	1	0.62	2,172
	消石灰注入ポンプ	24	0.4	1	0.62	2,172
	硫酸アルミニウム注入ポンプ	24	0.4	1	0.62	2,172
	消石灰注入ポンプ	24	0.4	1	0.62	2,172
	小計					23,262
シグロヴェインテポンプ場	送水ポンプ	24	132	1	0.62	716,918
	小計					716,918
計						740,180

3)　薬品費

アランフェス浄水場の平均薬品注入率より、表 3.17 に薬品費を算出する。

表 3.17　薬品費

薬品名	平均注入率 (mg/l)	計画浄水量 (m^3/日)	年間薬品量 (t/年)	薬品単価 (BOB/t)	年間薬品費 (BOB/年)
消石灰	11.6	10,890	46	800	36,800
硫酸アルミニウム	30.0	10,890	119	441	52,479
次亜塩素酸カルシウム	2.0	10,890	8	188	1,504
計					90,783

4)　修繕費

修繕費は機械電気設備の機材費の合計（約 0.64 億円）の 1%を年間の修繕費とした。

建設費（4,282 千 BOB）×1%＝43 千 BOB/年

5)　減価償却費

原価償却費は資産評価額 76,285 千 BOB（事業費から設計監理費を除いた金額を評価額とした。）、償却年数 40 年、残存価値 10%として定額法で算出した。

76,285 千 BOB×0.9÷40＝1,716 千 BOB/年

ただし、無償資金協力の事業費を資産の評価額にするのは必ずしも適切ではないし、償却年数についても施設別に異なるので、本計算値はあくまでも参考値である。

6)　生産費合計

以上より生産費合計は表 3.18 のとおりである。

表 3.18　生産費

（単位：千 BOB/年）

人件費	電力費	薬品費	修理費	減価償却費	合　計 （　）は減価償却費含まず
243	740	91	43	1,716	2,833 (1,117)

7)　料金収入

SEMAPA 顧客サービス局によれば、給水域内では契約の 82%にメーターが接続され、表 3.20 の料金表が適用されている。

表 3.19　SEMAPA の料金表

住宅用							
分　類	12m³/月以下	25m³/月以下	50m³/月以下	75m³/月以下	100m³/月以下	150m³/月以下	150m³/月以上
R1	9.69	0.64	0.73	1.09	1.38	1.65	1.93
R2	19.32	1.03	1.15	1.72	2.08	2.41	2.75
R3	36.22	1.26	1.38	2.18	2.52	2.87	3.21
R4	60.33	1.5	1.62	2.54	2.89	3.24	3.59
住宅以外用							
分　類	12m³/月以下	50m³/月以下	100m³/月以下	150m³/月以下	250m³/月以下	400m³/月以下	400m³/月以上
商業（C）	72.47	3.11	3.32	3.56	3.78	4.01	4.25
特殊商業（CE）	84.53	4.81	5.05	5.28	5.5	5.73	5.96
工業（I）	65.22	2.87	3.28	3.44	3.67	3.9	4.12
特殊（P）	31.82	1.26	1.38	1.72	1.94	2.18	2.41
公共（S）	53.11	2.07	2.18	2.29	2.52	2.75	2.98

注）2006 年 6 月改訂。毎年物価上昇率で補正。2007 年 3 月に 5.42%引き上げの予定

しかしながら、プロジェクト対象区域（第 1 配水区）では給水対象の約 95%を水組合を通じて配水し、この区域内の水道料金は各水組合が設定する（ただし、本プロジェクト実施は適正な水道料金が適用されるよう SEMAPA が指導することを前提とする予定である。）た

め、SEMAPA への収入はこの料金体系よりも SEMAPA から水組合への用水売り渡し価格に左右される。

現時点では SEMAPA の売り渡し価格が不明なため、以下の 3 つのケースについて料金収入を推定する。

ケース 1： 第 1 配水区内の全戸数に表 3.19 の料金表を適用する。

ケース 2： 第 1 配水区内で SEMAPA の配水網から配水を受ける 500 戸に同料金表を適用し、その他は現在の水組合の料金を適用する。

ケース 3： 第 1 配水区内で SEMAPA の配水網から配水を受ける 500 戸に同料金表を適用し、その他は SEMAPA の現在の給水車への売り渡し価格を適用する。

＜ケース 1＞

第 1 配水区内には大きな商店地区、工場がないことからすべて住宅と仮定する。住宅用料金表の分類 R1 から R2 は SEMAPA による生活レベルによる顧客の分類であるが、SEMAPA は第 1 配水区では R2 が多くを占めると予想している（添付資料 2、2.3 参照）。水使用原単位を 1001/人/日（添付資料 2 参照）、1 戸あたりの人数を 6 人とすると、1 戸あたりの月使用量は、

100 1/人/日×6 人×30 日=18 m^3/月。

表 3.19 から R2 の基本料金の上限は 12 m^3/月であるので、料金は、

19.32＋（19-12）×1.03＝26.53 となる。

第 1 配水区の総戸数を 8,376 戸（表 3.13 参照）として、料金収入の合計は

26.53×8,376=222,215 BOB/月、2,666,580 BOB/年。

＜ケース 2＞

表 3.20 に本調査で実施した第 1 配水区内の水組合からの聞き取り調査による水組合の水道料金の例を示す。
表 3.20 から水道料金を基本料金、10 BOB、従量料金は 3 BOB/$m^3$10 とし、1 戸あたりの水使用量を 18 m^3/月（ケース 1 参照）とすると、水組合から給水を受ける利用者の水道料金は、

10 BOB＋3×18=64 BOB

表 3.20　水組合の水道料金の例

水組合名	構成	料金
Barrio Magisterio (La Rinconada)	基本料金	7.00 BOB
	1 - 15 m^3/月	2 BOB/m^3
	16 - 20 m^3/月	4 BOB/m^3
	21 m^3/月 以上	給水停止
Campo Ferial	基本料金	10.00 BOB
	1 - 15 m^3/月	2.5 BOB/m^3
	16 - 20 m^3/月	10 BOB/m^3
Valle Hermoso Norte	基本料金	10.00 BOB
	1 - 5 m^3/月	2 BOB/m^3
	6 - 10 m^3/月	2.5 BOB/m^3
	10 - 15 m^3/月	3.0 BOB/m^3

水組合から給水を受ける戸数は 7,876 戸（表 3.13 参照）であるので、

64×7,876＝504,064 BOB/月。

これに SEMAPA から給水を受ける 500 戸分を加えると、

504,064 BOB/月＋(26.53×500) BOB/月＝ 517,329 BOB/月＝6,207,948 BOB/年

＜ケース 3＞

本調査で実施した第 1 配水区内の水組合からの聞き取り調査によれば、SEMAPA の指定給水車への売り渡し価格は 2 BOB/m^3 であった。

水組合の給水量は、

18 m3/月×7,876 戸＝141,768 m3/月

水道料金は、

141,768 m3/月×2 BOB/m3＝283,536 BOB/月

これに SEMAPA から給水戸数分、13,265 BOB/月を加え、

296,801 BOB /月= 3,561,612 BOB/年。

8)　収支バランス

上記の検討による生産費と料金収入の比較を表 3.21 に示す。

収入は水組合への売り渡し価格を SEMAPA の料金表よりも高めに設定したケース（ケース 2 とケース 3）と、すべてに SEMAPA の料金体系を適用するケース（ケース 1）を設定したが、将来的にはケース 1 に移行していくと考えるべきである。

その場合には、収入は原価償却を含む生産費を約 5%下回るが、2007 年には物価変動調整[11]で料金体系が約 5%上昇すると考えられるので、収支はほぼ見合っていると考えられる。さらに、減価償却費が過大に見積もられている可能性が高く[12]、実際には収入は生産費を大きく上回ると判断できる。

表 3.21　料金収入と生産費の比較

収入（1,000 BOB/年）		生産費（1,000 BOB/年）	
ケース 1	2,666	減価償却あり	2,833
ケース 2	6,208	減価償却なし	1,117
ケース 3	3,562		

3.6　協力対象事業実施にあたっての留意事項

(1)　アランフェス浄水場用地の確保

アランフェス浄水場の拡張に必要な土地は市有地であって SEMAPA が確保済みであると予備調査時に説明されていたが、市有地ではなく、土地の所有者が特定されていない状況であることが判明した。その後、農業改革院（INRA）に所有者を特定するように申請し、農業改革院（INRA）はアンドラーダ地区の所有であることを確定した。SEMAPA は本報告書作成時点(2007 年 7 月)、アンドラーダ地区の住民代表と土地使用権に関する交渉を行い、浄水場拡張用地としての使用について内諾を得ているが、本プロジェクト開始前に正式な承認が得られることが必要である。以上が基本設計時点の状況であったが、その後 IGM(軍測量局）の測量図面の市当局による承認、アンドラーダ地区の SEMAPA が当該土地を浄水場拡張に使うことを承認する議事録の法的公認を経て、最終的に政府不動産局（Oficina de Derechos Reales)に登記されて、SEMAPA の土地使用権取得の手続きは完了した。

(2)　ワラワラダム水源工事の完成

アランフェス浄水場の水源であるワラワラダムの現在の取水可能量は 90 l/秒である。SEMAPA はチョナコタ、ホンコ水源開発プロジェクトを実施し、新たに 35 l/秒の水源開発を行いアランフェス浄水場の拡張に対応する予定である。2007 年 7 月現在、詳細設計のコンサルタントを選定中で、2007 年中に工事を完成させる予定であるが、本工事が完成しない場合にはアランフェス浄水場拡張の効果は発現しないので、本プロジェクトの施設の供用開始までには確実に工事が完成することが必要である。

その後、2008 年 1 月に SEMAPA が詳細設計を行うコンサルタントを選定し、2009 年 9 月完了の工事予定を提示したため、本プロジェクト完成までには水源は確保できると判断した。2008 年 3 月現在、詳細設計を実施中である。

---

[11] SEMAPA の水道料金は原則として毎年、前年の物価変動にあわせて変動さすことができる。
[12] 無償資金協力事業の事業費から資産評価額を算定しているため、ボリビアの資産評価額より割高になっている可能性が高い。

(3)　バリレテ幹線の完成

現在、アランフェス浄水場の浄水は D1,D2 地区に配水されているが、建設中のタキーニャ浄水場(2007 年中には完成予定)の浄水をバリレテ幹線（工事中）を通じて D1、D2 配水区に配水し、アランフェス浄水場の浄水を本プロジェクトエリアに配水することとなっている。

タキーニャ浄水場は 2007 年 2 月時点で土木構造物の 80%程度が完成しており、本計画によるアランフェス浄水場拡張工事の完成までには工事が完了する見込みであるが、バリレテ幹線については、90%程度の工事が完了しているものの、導水管部分の 110m と送水管部分 600m は住民の反対により工事が遅れている。2007 年 7 月現在、これらの問題はほぼ解決して 2007 年中に完成の予定であるが、これらの工事が確実に完成し、タキーニャ浄水場の浄水が D1、D2 地区に配水されることが必要である。

その後、導水管、送水管の敷設に反対する住民及びテキパヤ市との和解が成立し（添付資料-2 参照）工事が再開された。2008 年 2 月現在洪水のため工事が中断し、コラ川渡川部分約 100m とタキーニャ十字路の接続が未完であるが､洪水が収まり次第完成する予定である。

(4)　二次配水管の敷設

本プロジェクトでは一次配水管までを日本側負担工事で完成させ、利用者と一次配水管を結ぶ二次配水管はプロジェクトで調達し、SEMAPA により敷設される。二次配水管が敷設されない限りプロジェクト効果、すなわち、第配水区の住民が SEMAPA の給水を受けるという効果は発現されないので、SEMAPA は日本側の負担工事と並行して二次配水管敷設工事を行い、プロジェクト完了時第 1 配水区住民に配水可能とすることが必要である。

(5)　水組合の給水施設への接続

計画対象地域には水組合が保有する井戸・配水網があり、現在水組合が保有する配水網が存在する地域では、本計画の実施後も水組合が現在管理している既存配水網は利用し、更に本計画に合せて SEMAPA または水組合が整備を進めてゆく予定である。したがって、本プロジェクト完成までに SEMAPA は水組合と接続方法、接続場所、接続に必要な資材の調達方法について合意を結んでおくことが必要である。

第４章　プロジェクトの妥当性の検証

第4章　プロジェクトの妥当性の検証

4.1　プロジェクトの効果

本プロジェクトの現状と問題点、及び本プロジェクトの実施により期待される直接及び間接効果は表 4.1 のように整理される。

表 4.1　プロジェクト実施による効果と現状改善の程度

現状と問題点		本プロジェクトでの対策（協力対象事業）	プロジェクトの効果･改善程度
直接効果			
1.	• コチャバンバの南東部では SEMAPA の給水サービスが行われていない。 • このため、住民は水組合の運営する給水サービスまたは民間業者のタンク車による水の販売に依存している。 • 水組合による給水サービスは水量、水質的に不充分である。すなわち、住民に必要な水量が給水されているとは言えず、また、浄水、消毒を処理が行われておらず、水質の監視も行われていないため、水質の安全性が確保されていない。 • 一般に水組合の水道料金は SEMAPA のそれに比較して 2～3 倍で住民は高い水道料金を負担している。 • タンク車による給水サービスはその原水の出所も明らかでなく、水質的な安全性は確保されていない。 • タンク車給水は道路上に置かれたドラム缶等に給水され、住民はバケツ等で屋内に運び込むため、水の使用可能量には限度があり、利便性に著しく欠けている。 • また、タンク車給水は水組合の給水サービスよりさらに高価である。	• アランフェス浄水場の処理能力を増加させる。 • アランフェス浄水場からシグロヴェインテポンプ場への送水管を敷設する。 • シグロヴェインテポンプ場からディエスデフェブレロ配水池への送水ポンプを設置し、送水管を敷設する。 • ディエスデフェブレロ配水池からの一次配管を敷設する。 • 二次配水管を調達する。 • 水道メーターを調達する。	• 浄水場を拡張することにより第 1 配水区給水に安全で、必要な浄水量が確保される。 • 送水管、送水ポンプを設置することにより配水区域に浄水を送水することが可能となる。 • 一次配管を敷設し、二次配管を調達して SEMAPA が敷設することにより、第 1 配水区内に浄水を各戸給水することが可能となる。 • 全利用者に水道メーターが設置され、水使用量に応じた料金が徴収され SEMAPA の収入が増加する。
間接効果			
1.	• 細菌汚染による消化器系疾病のリスクが高い。	• 安全な水が安定して給水される。	• 疾病リスクが低下する。
2.	• 給水量が充分でない。	• 充分な水量が供給される。	• 水利用に関する利便性が向上する。
3.	• 水道料金が高い。	• 現在の水道料金より安くなる。	• 住民の経済的負担が軽減する。

4.2　課題･提言

本プロジェクトにおいて建設される水道施設が所定の効果をあげ、施設がプロジェクト完了後も持続的かつ円滑に維持管理され、SEMAPA の給水事業が持続的に継続されるためには、以下に示す事項について主体的な取り組みが求められる。

(1)　アランフェス浄水場の浄水の第 1 配水区への給水

本プロジェクトでは、①チョナコタ・ホンコダムプロジェクトによりアランフェス浄水場の原水量 120 l/秒確保されること、②シネルヒア・バリレテプロジェクトの完成により、現在アランフェス浄水場の浄水が給水されている D1、D2 地区にシネルヒア・バリレテプロジェクトにより建設されるタキーニャ浄水場の浄水が給水されることを前提としている。しかしながら、両プロジェクト完成後でも水源開発量が 2 年渇水量を基に計画されていることから比較的頻繁に水量不足が起こることが予想される。こうした場合、給水区域全般に給水制限をすることになるが、給水水区域の最下流で地形的に不利な第 1 配水区にも所定の水量が行き渡ることに配慮した配水施設の運転が望まれる。

(2)　二次配水管の敷設

本プロジェクトでは水組合の給水区域ではその給水施設へのつなぎ込み、水組合の給水区域外では各戸までの配水は、本プロジェクトで調達される二次配水管により行われる。二次配水管の敷設は SEMAPA により実施されるが、二次配水管が敷設されない限り利用者に水道水は届かず、プロジェクトの効果はまったく発現されないので、日本側の施工と並行して二次配水管の敷設を行い、プロジェクト完成時に利用者に配水できるようにすることが必要である。

(3)　水組合の監督

SEMAPA は水組合の給水区域では水組合に水を販売し、各戸への給水、料金徴収は水組合に任せる予定である。各戸給水にあたり既存の施設、組織を活用する観点から合理的と考えられる。しかしながら、安全な水が、十分に、かつ廉価で利用者に行き渡らないかぎりプロジェクトの効果は発現しないので、水組合給水サービスの水質、給水状況、水道料金を把握し、必要に応じて指導を行い、プロジェクトの効果が発現されるようにすることが必要である。

(4)　調達給水装置（水道メーター）の設置

SEMAPA の現行の料金体系は原則的に従量制で、水道メーターの普及率も高い。したがって、本プロジェクトで調達される水道メーターも速やかに設置し、従量制により料金徴収を行うことが必要である。

(5)　第 2 配水区への給水

第 2 配水区整備を本プロジェクトで実施するのは時期尚早と判断し、事業内容から除外した。しかし、将来的に第 2 配水区への送水は本プロジェクトで整備するシグロヴェインテ

ポンプ場までの送水管経由となることから、第 2 配水区への送水も可能であることを確認した。
SEMAPA は今後第 2 配水区への合理的な送・配水方法を計画し、自己資金あるいは他援助資金により第 2 配水区への給水を行うことを期待する。

4.3　プロジェクトの妥当性

本プロジェクトは以下の点から、我が国の無償資金協力として妥当性を有する。

- 本プロジェクトは「ボ」国のコチャバンバ市南東部の第2配水区の住民を裨益対象とするもので、裨益人口は 2015 年において約 5 万人で、水道水の安全性を確保し、日常生活に必要な水圧を保ち 24 時間連続各戸給水を可能にして、住民の利便性、生活環境の向上に寄与する。
- 本プロジェクトにおいて建設される水道施設は、SEMAPA により維持管理されるが、SEMAPA はすでに同種の施設の維持管理を行っているので維持管理上の問題は予想されない。
- 調達する給水装置について SEMAPA ではすでに同種の機器を多量に使用し、検針、検定、更正の実績があるので、予定とおり設置され、維持管理されるものと考えられる。
- 環境面での悪影響はない。

4.4　結　論

本プロジェクトは、前述のような効果が期待されると同時に、本プロジェクトが「ボ」国、特にコチャバンバ市南東部の住民の利便性の向上・生活環境の改善に寄与するものであることから、我が国の無償資金協力を実施することの妥当性が確認された。さらに、建設する水道施設は SEMAPA の既存の技術、経験で運転することが可能であり、維持管理上の問題もない。しかしながら、第 1 配水区にアランフェス浄水場の浄水が給水されるには、現在実施中のワラワラダム水系の水源拡張（チョナコタ・ホンコダムプロジェクト）によりアランフェス浄水場の原水量が確保され、さらに、現在アランフェス浄水場の浄水を給水している D1、D2 地区にタキーニャ浄水場の浄水が給水されるようになること（シネルヒア・バリレテプロジェクト）が必要である。両プロジェクトは現在建設中であるが、本プロジェクトの実施は両プロジェクトの完成が前提条件となる。

添　付　資　料

添付資料－1：　調査団名簿

添付資料－2：　事業事前計画表

添付資料－3：　第２配水区配水の問題点の検討

添付資料－4：　需要予測

添付資料－5：　水質試験結果

添付資料－1：　調査団名簿

事業化調査団名簿

	氏　　名	担当分野	所　　属
1	武智　昭	業務主任／ 上水道計画	株式会社東京設計事務所
2	岩本　宏一	施工計画／積算	株式会社東京設計事務所

添付資料－2：事業事前計画表（第二次事業化調査時）

１．案件名
ボリビア共和国　コチャバンバ市南東部上水道施設改善計画基本設計調査
２．要請の背景（協力の必要性・位置付け）
「ボ」国の給水率は 72.3%（2004 年）と中南米諸国と比較しても低く、「ボ」国政府は「国家基礎衛生計画（2000－2010)」を策定し、給水率を 2010 年までに 90%に引き上げることを目標に掲げ、上下水道施設の整備に重点をおいている。 コチャバンバ市は 2005 年推計値で人口約 60 万人の「ボ」国第 3 の都市であるが、主要都市の中でも特に給水事情が逼迫しており、給水普及率は約 48%に過ぎない。都市部への人口流入による人口増加が顕著で人口増加率は約 2.95%と高く、将来的な水需要量の増加が見込まれる中で上水道施設の整備が急務となっている。コチャバンバ市の上下水道施設の整備・運営はコチャバンバ市上下水道公社（以下、SEMAPA という）が実施しており、同公社の事業計画においてもコチャバンバ市民への給水率を 2012 年に 83%、2027 年に 95%に向上させることが目標とされている。 とりわけ、コチャバンバ市南東部は近年市街化が急速に進んでいるにもかかわらず、SEMAPA による給水サービスが行なわれていないため、住民は水組合が運営する井戸からの配管給水か、水組合あるいは民間企業が運営する給水車からの水購入に頼っているのが現状である。しかしながら、こうした給水は水質が保証されていないうえ、利用できる水量も限られ、水道料金も SEMAPA のものに比べて高価なものとなっている。 このようにコチャバンバ市の給水整備においては市南東部に SEMAPA の給水サービスを広げて、安全で十分な水を供給し、住民の衛生状況、生活環境を改善することが課題となっている。 本プロジェクトは現在 SEMAPA の給水が行われていない市南東部に位置する第 1 配水区（SEMAPA 配水区 D6、D８、D14 の一部、D7 全部）への給水を目的として、アランフェス浄水場を拡張し、アランフェス浄水場水を第 1 配水区に給水するための送配水施設を整備すると共に、二次配水管、量水装置資材を調達するものである。対象区域内の 2015 年給水人口約 5.0 万人が便益を受ける。
３．プロジェクトの全体計画概要
（１）プロジェクト全体計画の目標 プロジェクト対象地域（第 1 配水区）の住民に安全で十分な水が連続して供給される。 裨益対象の範囲及び規模：ボリビア国コチャバンバ市南東部第 1 配水区住民約５万人(2015 年) （２）プロジェクト全体計画の成果 ア現在 SEMAPA の給水サービスが利用できない第 1 配水区で SEMAPA の給水サービスが利用できるようになる。 イ　給水人口が増加し、SEMAPA の料金収入が増加する。 （３）プロジェクト全体計画の主要活動 ア　アランフェス浄水場を拡張する。 イ　アランフェス浄水場からシグロヴェインテポンプ場への送水管を敷設する。 ウ　シグロヴェインテポンプ場からディエスデフェブレロ配水池への送水ポンプを設置し、送水管を敷設する。 エ　ディエスデフェブレロ配水池からの 1 次配管を敷設する。 オ　二次配水管を調達し、敷設する。 カ　量水装置を調達し、設置する。 （４）投入(インプット) ア　日本側：無償資金協力 12.48 億円 イ　ボリビア国側： ア)本無償資金協力案件実施に係わる負担額：0.65 億円

イ）本無償資金協力案件対象施設建設後の維持管理費：年 0.42 億円

（５）実施体制

主管官庁：水資源省

実施機関：コチャバンバ市上下水道公社（SEMAPA）

４．無償資金協力案件の内容

（１）サイト

コチャバンバ市南東部第１配水区（SEMAPA 配水区の D6,D8）

（２）概要

アランフェス浄水場の拡張、送水管の敷設、送水ポンプの設置、1 次配水管の敷設、2 次配水管の調達、量水装置の調達。

（３）相手国側負担事項

① 仮設・作業ヤード用地の確保
② 浄水場増設用地の確保
③ 浄水場への工事用道路の整備
④ 地下埋設物の情報提供及び掘削時の立ち会い
⑤ 交通規制時の警察等関係機関との協議
⑥ 既設管との接合時の協力（工事立ち会い、断水の連絡等）
⑦ フラッシングと水圧試験用水の提供
⑧ 塩素消毒時の作業協力
⑨ 必要施設までの電力引き込み工事
⑩ 二次配管の敷設、量水装置の設置

（４）概算事業費

概算事業費 12.24 億円（日本側負担 11.59 億円、ボリビア国側負担 0.65 億円）

（５）工期

詳細設計、入札期間を含め 22 ヶ月。

（６）貧困、ジェンダー、環境及び社会面の配慮

なし。

５．外部要因リスク（プロジェクト全体計画の目標達成に関して）

異常渇水が起こらないこと。

６．過去の類似案件からの教訓の活用

特になし。

７．プロジェクト全体計画の事後評価に係る提案

（１）プロジェクト全体計画の目標達成を示す成果指標

成果指標	現状(2006 年)	プロジェクト完了時（2011 年）
安全な水を安定して給水できる能力	0 人分	約 5 万人分
水質	水質は監視されていない。	濁　度：　5 NTU 以下 大腸菌群数：0 CFU/mℓ 残留塩素：　0.2-0.5 mg/ℓ
給水時間	不定期な時間給水。	24 時間連続で給水される。
給水圧	1 階の通常の給水栓で水圧不足のために水が出ないことがある。	量水装置末端における最小動水圧を 1.0kg/cm^2 とし、2 階給水栓での水使用が可能となる。

（２）その他の成果指標

特になし。

（３）評価のタイミング

成果指標のうち SEMAPA 給水人口以外はプロジェクト完了後（2011 年）。

添付資料－3：　第 2 配水区配水の問題点の検討

＜当初要請の問題点＞

シグロヴェインテポンプ場からタコロマ配水池及び第 2 配水区内の配水について、調査の結果以下の問題点が明らかになった。

- シグロヴェインテポンプ場～タコロマ配水池送水施設
  送水ポンプの揚程が 250m と非常に高くなるだけでなく、市街地に高水圧の配管を敷設する安全上の問題、管材の入手が困難となるなど問題点が大きいことが確認された。

- 第 2 配水区における送・配水管の渓谷横断
  第 2 配水区においては送・配水管が 2 個所の大規模な渓谷を横断する必要がある。当初予定されていた横断個所は、水管橋が必要なだけでなく周辺斜面も安定しておらず、安全上問題があることが確認された。

- 第 2 配水区の配水圧力
  第 2 配水区の標高は 2,790m～2,620m であるのに対し、タコロマ配水池の水位は約 2,778m と非常に高くなっている。このため、タコロマ配水池から配水するとすれば標高 2,700m 以下の区域についてはダクタイル鋳鉄管を布設して多くの減圧弁を設置する必要がある。この区域の人口、管路延長は第 2 配水区の大部分を占め、タコロマ配水池からの配水は適切でないことが確認された。

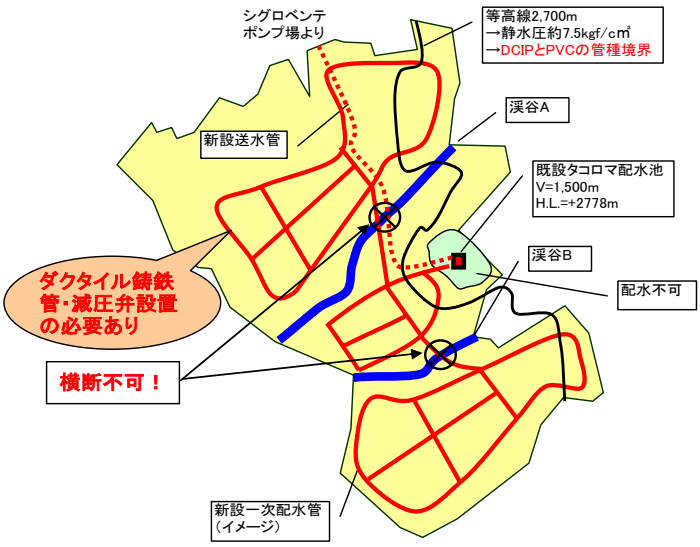


図-1　当初要請の問題点

＜要請内容の変更＞

上記問題点を解決するため、SEMAPA は以下のとおり要請内容を変更した。（図-2 参照）

- 渓谷を安全に横断するために、下流にある国道 4 号線に布設する。
- 配水池は、硬質塩化ビニール管による配水管布設で対応出来る標高 2,700m 付近に配水池を新設（タコロマバホ配水池）して配水することにより対応する。
- これにより、シグロヴェインテポンプ場からのポンプの揚程も低減する。

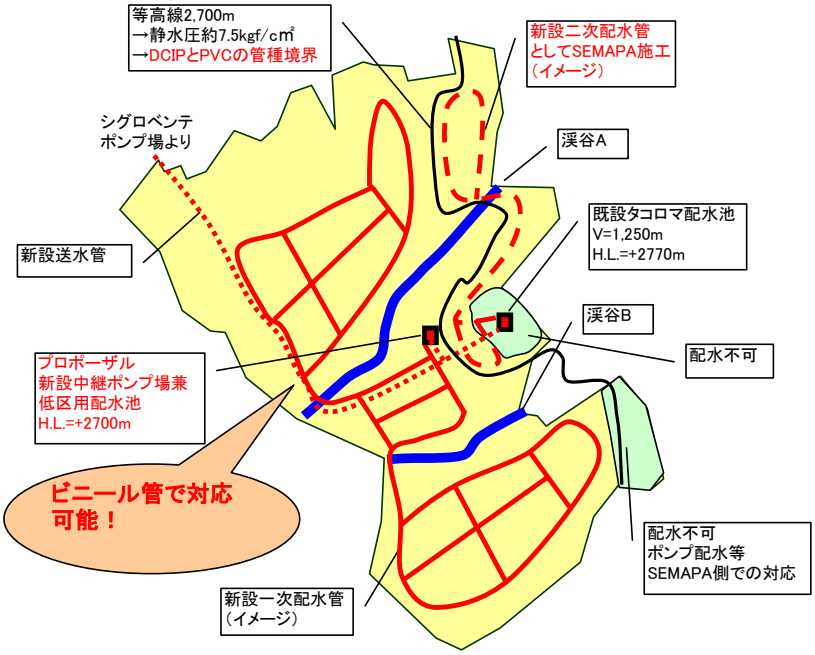


図-2　要請内容の変更

①シグロヴェインテポンプ場～タコロマバホ配水池～タコロマ配水池送水管

当初予定されていたルートは渓谷の横断が困難なため、国道 4 号線に迂回するルートとした。(図-3)

送水管は、

- シグロヴェインテポンプ場～タコロマバホ配水池：φ250 DCIP L≒6.7km
- タコロマバホ配水池～タコロマ配水池：φ200 DCIP L≒0.8km

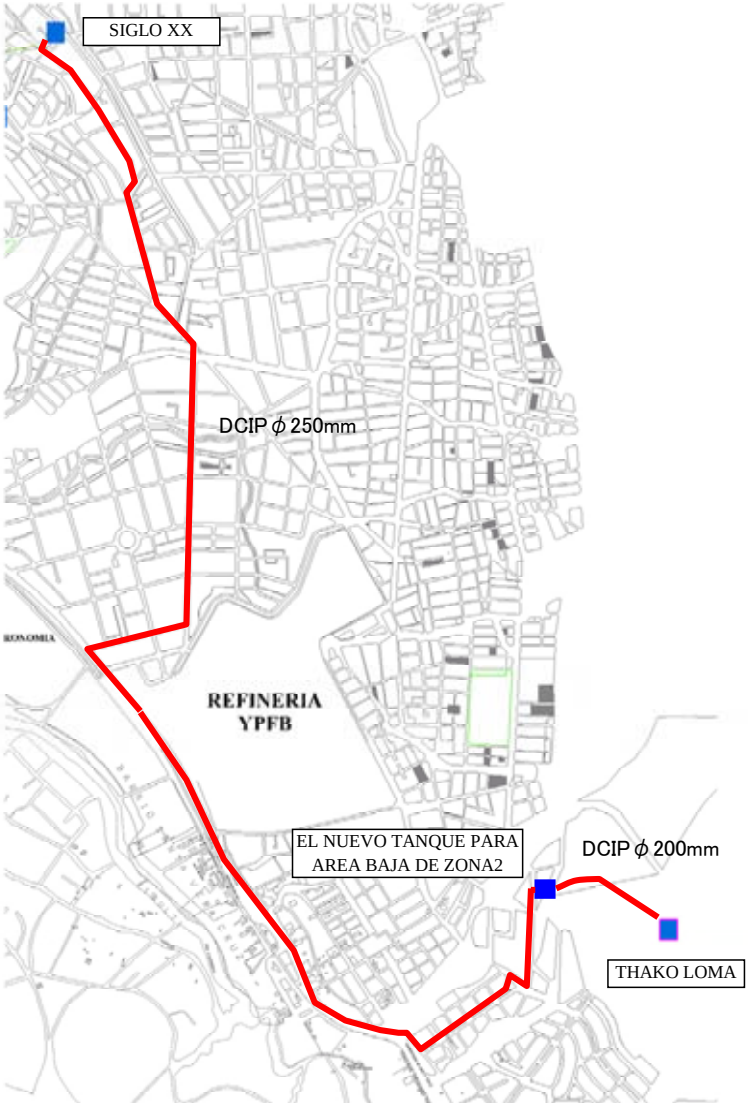


図-3　シグロヴェインテポンプ場～タコロマバホ配水池～タコロマ配水池送水管

②タコロマバホ配水池

第 2 配水区の送水管布設ルート沿いの標高 2,700m 付近の選定した用地に低区用の配水池を新設する。本用地か確保できない場合は、シグロヴェインテポンプ場からのポンプ直送配水とする。

配水池容量は、8 時間とする。配水池容量は 920m^3 程度となる。

清掃等の維持管理を考慮して、2 池分割とする。

③シグロヴェインテポンプ場～タコロマバホ配水池

ポンプの仕様としては、2.0m^3/分×H155m×2 台（内 1 台予備）程度となる。

④タコロマバホ配水池～タコロマ配水池

ポンプの仕様としては、0.2m^3/分×H95m×2 台（内 1 台予備）程度となる。

ポンプの形式・仕様等については、

- 縦軸ポンプ
- 渦巻きポンプ（押し込み形式）

⑤第 2 配水区一次配水管

要請案を基に現場踏査を行った。第 2 配水区については計画道路と既設道路が交錯しており、現状で普通自動車での走行が可能でかつ計画道路である路線を選定した。その上で、現状の民家の分布を考慮してルートの見直しを行った。

一次配水管は、φ300～150mm　L≒8.7km

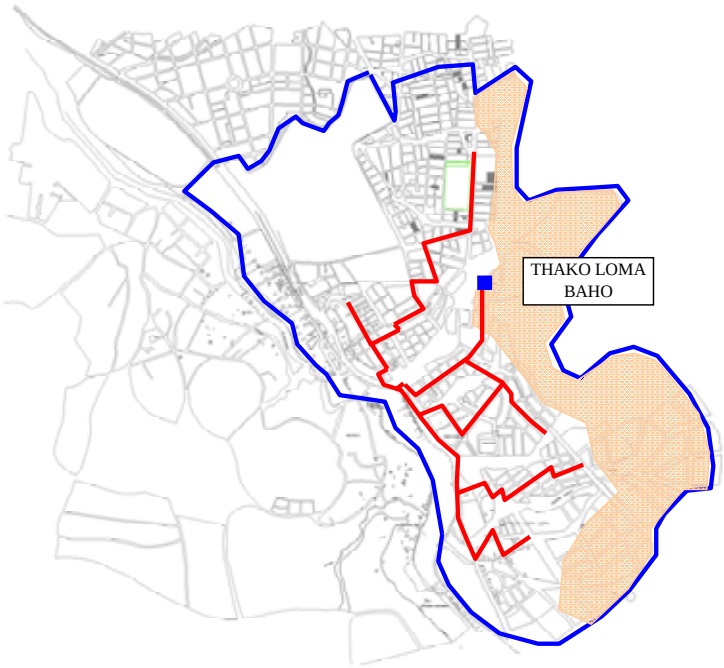


図-4　第 2 配水区一次配水管

添付資料－4：需要予測

プロジェクト対象地区、すなわち、第1配水区、第2配水区の需要は両配水区の2015年時点の人口推計値にPEDSで想定されている給水普及率を乗じて給水人口を推定し、水需要原単位を乗じて計算した。

1　人口の推計

人口はPEDSの推計値による。PEDSの推計は2001年CensusのDistrict毎の人口を基準に、全District共通の人口増加率を乗じて5年毎の人口を推計している。

1.1　Censusによる人口推移

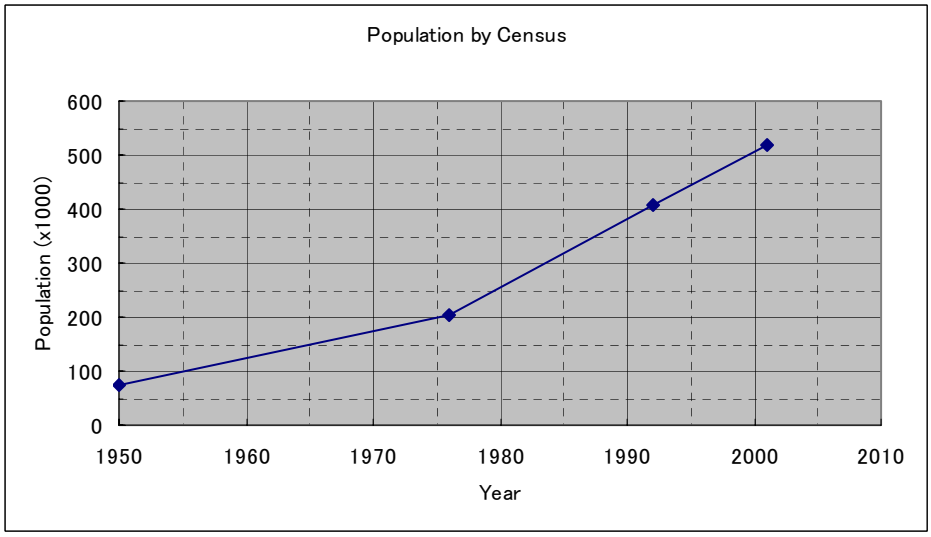
過去のCensusによるコチャバンバ市の人口の推移を示す。1970年代、80年代に人口増加率4%を越える急激な伸びを示したが、2000年代は2.68%まで低下している。

表-1　過去のCensusによるコチャバンバ市の人口の推移

Past Census Data (Cochabamba)

Year	1950	1976	1992	2001
Population	74.819	205.002	407.825	517.367
Growth Rate		3.95%	4.39%	2.68%

出典：INE



1.2　PEDSの人口推計

PEDSは2001年のCensusをもとにDistrict毎の人口をもとに2040年までの人口推計を行っている（下表）。Districtにより人口密度がことなり、人口増加率には差があると思われるが、推計では各District一律に2.82%から2.29%に漸減する増加率を与えている。

2015年の全市の推定人口は775,966人である。

表中、イタリック体で示した District が Zone 1、Zone 2 の構成する District である。

表-2　District 別の人口推計値

District	2001	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040
1	26,864	30,033	34,427	39,149	44,231	49,784	55,942	62,766	70,295
2	62,002	69,317	79,458	90,357	102,084	114,901	129,114	144,864	162,239
3	46,510	51,997	59,604	67,780	76,577	86,192	96,853	108,668	121,702
4	44,261	49,483	56,722	64,502	72,874	82,024	92,170	103,413	115,817
5	60,062	67,148	76,972	87,529	98,890	111,306	125,074	140,331	157,163
6	*62,341*	*69,696*	*79,892*	*90,851*	*102,642*	*115,530*	*129,820*	*145,656*	*163,126*
7	*14,042*	*15,699*	*17,995*	*20,464*	*23,120*	*26,022*	*29,241*	*32,808*	*36,743*
8	*30,858*	*34,499*	*39,546*	*44,970*	*50,807*	*57,186*	*64,259*	*72,098*	*80,746*
9	42,585	47,609	54,574	62,060	70,115	78,918	88,680	99,497	111,431
10	41,880	46,821	53,671	61,032	68,954	77,611	87,212	97,850	109,587
11	27,503	30,748	35,246	40,081	45,283	50,968	57,273	64,259	71,967
12	50,332	56,270	64,502	73,350	82,870	93,275	104,812	117,598	131,703
14	*21,839*	*24,416*	*27,987*	*31,826*	*35,957*	*40,472*	*45,478*	*51,026*	*57,146*
District Total	533,080	595,741	682,606	775,966	876,424	986,214	1,107,958	1,242,869	1,391,705
Growth Rate(%)		2.82%	2.76%	2.60%	2.46%	2.39%	2.36%	2.32%	2.29%

出典： PLAN MAESTRO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA CIUDAD DE COCHABAMBA, SEMAPA

1.3　第一配水区、第 2 配水区の人口推計

第 1 配水区、第 2 配水区は District 7、District 14、District 6 の一部、District 8 の一部により構成される。District の境界と配水区境界が一致しないため、面積、人口密度等を考慮して表-3 のように、District 人口を配水区に分割した。

この推定値は、予備調査記載の推定値と若干異なるが、根拠を明確なので本基本設計では、本推定値を採用する。

表-3　Population Estimation by Zone

District	Total Population in 2015	Population Ratio (%)*		Population		
		Zone 1	Zone 2	Zone 1	Zone 2	Total
6	90,851	7.0%		6,360	0	6,360
7	20,464	100.0%		20,464	0	20,464
8**	44,970	25.0%	25.0%	11,243	11,243	22,485
14	31,826	64.0%	36.0%	20,369	11,457	31,826
Total				58,435	22,700	81,135

*:　Estimated by considering aerial ratios and population density.
**:　Some part of District 8 are included neither Zone-1 nor Zone-2

出典：本調査水需要原単位の決定

2　水需要原単位の決定

2.1　NB（Norma Boliviano：ボリビア国設計指針）の原単位

ボリビア国の設計指針であるNB NB689水道施設設計指針では標高による水のアクセスの難易、都市の人口規模を考慮して表-4 の原単位を示している。ただし、NB689 は新規水道施設の計画にはこれらの値を推奨するもの、同時にこれらは参考値で実際には地域特性を考慮すべきとしている。

コチャバンバ市は10万人以上の分類に入り、200から250L/人/日となるが、工場、営業、公共施設が少なく（後述）、原単位のほとんどが家庭用水と考えれば、日本の中都市と比べても多めであり、コチャバンバ市に適用するのは現実的な数字とはいいがたい。

表-4　NB689による水需要原単位の指針（単位L/人/日）

地　域*	人口規模（人）					
	500以下	501-2000	2001-5000	5001-20001	20001-100000	100000以上
高地（ラパス、スクレ等）	30-50	30-70	50-80	80-100	100-150	150-200
山ろく地帯（コチャバンバ等）	50-70	50-90	70-100	100-140	150-200	200-250
低地（ベニ、パンド等）	70-90	70-110	90-120	120-180	200-250	250-300
備　考	社会条件を考慮して決定する			社会経済条件を考慮して決定する		

*：（ ）内は調査団の注記

出典：NB689（ボリビア国水道施設調査設計技術指針）

2.2　SEMAPA採用の原単位

SEMAPAはコチャバンバ市上下水道マスタープラン（PLAN MAESTRO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA CIUDAD DE COCHABAMBA）で水需要原単位を以下のように考察している。

すなわち、原単位は人口規模等の都市の大きさのみならず、工業があるかないかなどの都市活動の形態、あるいは給水サービスのレベルにより左右され、したがって、他都市の数値を援用することは困難としている。その結果、いくつかの調査を実施し、表-5の結果を得ている。

給水量が80L/人/日以下の場合は給水時間もまれでサービスの質が低く、顧客の不満は大きく、133L/人/日を越えれば、給水サービスの質は良好で顧客も満足するとしている。

この結果、コチャバンバ市の平均的な原単位を132 L/人/日としているが、PEDS作成にあたっては、ボリビア上下水道会社連合（ANESAPA：Asociación Nacional de Empresas e Instituciones de Servicio de Agua Potable y Alcantarillado）の推奨値、157L/人/日を採用した。

表-5　SEMAPA 調査によるコチャバンバ市の給水状況

給水量　(l/人/日)	サービスレベル	給水時間	利用者の反応
16-80	貧弱	稀	不満
81-132	中庸	数日毎	やや不満
133-180	良好	24 時間	快適

出典：　PLAN MAESTRO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA CIUDAD DE COCHABAMBA, SEMAPA

2.3　実際の水使用量からの原単位の推定

SEMAPA は顧客を生活レベル等から 4 つのカテゴリーに分類し、カテゴリー毎に料金体系を決めている。このためカテゴリーごとの顧客数と水使用量が集計している。表-6 に 2007 年 1 月の顧客数と各カテゴリーの月別水使用量の合計を示す

生活レベルの低いほう（R1）から高いほう（R4）に向かい明確に一人当たりの水使用量に差が出ている。平均値では SEMAPA 調査の平均値、132 L/人/日、ANESAPA の 157 L/人/日に比較して幾分小さいが、無収水率（PEDS では 2002 年 40%、2015 年 25%）等を考慮すれば、よく一致した数字と言える。

表-6　実際の水使用量から計算した水使用原単位

顧客分類	顧客数 (軒)	月水使用量 (m^3/月)	顧客あたりの 月水使用量 (m^3/月/軒)	一人当たりの* 日水使用量 (L/人/日)
R1	4,633	52,378	11.3	63
R2	20,001	292,063	14.6	81
R3	18,545	365,626	19.7	109
R4	11,149	311,661	28.0	156
合　計	54,328	1,021,728	18.8	104

＊：一人当たりの日水使用量は 1 軒あたり 6 人として計算（SEMAPA の社会調査による）

出典：SEMAPA

2.4　本調査で採用する原単位

SEMAPA の予測によれば、第 1 配水区と第 2 配水区のカテゴリーの分布は R2 を中心に分布するといわれている。したがって表-6 によれば 80 L/人/日から 110 L/人/日前後になるものと予想される。

やや安全側をとり 100 L/人/日とすれば、2015 年の無収水率 25%を見込んで給水原単位は 125 L/人/日となる。これに、15 L/人/日の日最大変動を見込めば（夏冬の変化のほとんどないコチャバンバでは日最大変動係数は小さいと考えられる。）日最大給水量の原単位は 140 L/人/日となる。

表-7 のボリビアの他都市及び周辺国の給水源単位と比較するとこの原単位は低めであるが、給水人口規模を比較すれば他都市と比べて妥当と考えられる。

本基本設計では 140 L/人/日を給水原単位として、需要量を予測し、施設設計を行う。

表-7　ボリビアの他都市及び周辺国の給水原単位の例

国　名	都市名	給水人口	給水量 (m^3/日)	給水原単位 (L/人/日)
ボリビア	サンタクルス	33,500	5,000	149
	スクレ	125,000	20,160	161
	ラパス	955,000	175,800	184
ウルグアイ	ウルグアイ（全市）	2,588,400	875,800	338
パラグアイ	パラグアイ（全市）	320,000	115,200	360
ブラジル	サンパウロ首都圏	18,100,000	5,184,000	286
グアテマラ	グアテマラ市	1,100,000	259,200	236
ホンジュラス	サンペドロスーラ	398,300	197,411	496

出典：Water Utilities Data Book in the World, 1998, JWWA

3　水需要量の計算

2 で推計した配水区別の人口、及び 3 の水需要原単位から配水区別の水需要量を表-8 のように算出した。

表-8　本プロジェクト対象区域水需要量計算結果

配水区	推定人口 2015 年	推定給水普及率 (2015 年：%)	水需要原単位 (L/人/日)	需要量	
				(m^3/day)	(l/sec)
配水区 1	58,435	0.86	140	7,036	81
配水区 2	22,700	0.86	140	2,733	32
合　計	81,135	-	-	9,769	113

＊：給水普及率は PEDS の値を適用

出典：本調査

添付資料－5： 水質試験結果

PARAMETER	UNITS	LIMITS OF DETECTION	MUESTRA No1 WARAWARA BASE DAM WARAWARA BASE OF THE DAM	MUESTRA No2 VILLA ANDRADA DAM CHANNEL OF REVENUE TO THE PLAN OF TREATMENT	MUESTRA No3 VILLA ANDRADA DAM EXIT OF THE PLANT OF TREATMENT ARANJUEZ	MUESTRA No4 MINEROS SAN JUAN DEPOSIT DEPOSIT THE IN THE ENTRANCE OF THE HOUSE	MUESTRA No5 SERENA CALICANTO TANQUER DEPOSIT THE IN THE ENTRANCE OF THE HOUSE (TACKO LOMA)	NORMALIZED METHOD AWWA APHA.WEF	BOLIVIAN NORM NB 512	TECHNICAL
pH	–	0.10	6.73	7.78	6.78	7.08	7.79	4500-HB	6.5-9.0(*)	ELECTROCHEMICAL
Turbidity	NTU	0.10	4.50	3.30	3.30	1.80	0.35	2130 B	5	NEFELOMETRIC
Conductivity	us/cm	0.10	26.40	24.40				2510 B	1500(*)	ELECTROCHEMICAL
Total Dissolved Solid	mg/L	0.001	26.00	25.00				2540 C	1000	GRAVIMETRIC 180°C
Alkalinity	mg $CaCO_3$/L	0.01	9.84	<0.02	11.70	85.18	72.57	2320	370(*)	QUALIFICATIONS
Oder					4	1	17			
Arsenic	ug/L	0.02	<0.02	<0.02				3500-As	0.01	A.A-GRAPHITE OVEN
Cadmium	mg Cd/L	0.02	<0.02	<0.02				3500-Cd B	0.005	A.A-FLAME
Cooper	mg Cu/L	0.02	<0.02	<0.02				3500-Cu B	1.00	A.A-FLAME
Total Chrome	mg Cr/L	0.02	<0.02	56				3500-Cr B	0.05	CALCULATE
Color	Pt-Co	0.10-	71	10.45	11.5	10	12.5	8025	15	HACH DR/200
Residual chlorine					1.11	0.00	0.00			
Total Hardness	mg$CaCo_3$/L	0.01	11.94	<0.02				2340 C	500	EDTA
Phosphate	mg P/L	0.01	<0.02	0.47				4500-PC	–	COLORIMETRIC
Total Iron	mg Fe/L	0.02	0.53	<0.02	0.26	0.30	0.22	3500 Fe B	0.30(*)	A.A-FLAME
Manganese	mg Mn/L	0.02	0.06	0.01	0.02	0.02	<0.02	3500 Mn B	0.1(*)	A.A-FLAME
Nitrites	mg NO^-_2/L	0.10	0.01	0.03				4500-NO^-_2 B	0.10	COLORIMETRIC
Nitrates	mg NO^-_3/L	0.10	0.04	0.30				4500-NO^-_3 E	0.10	REDUCTION WITH CADMIUM
Nitrogen Ammonia	mg NH_3/L	0.10	4.96					4500-NH^-_3 D	0.50	SELECTIVE ION
Lead	mg Pb/L	0.02	<0.02	<0.02				3500-Pb B	0.01	A.A-FLAME
Zinc	mg Zn/L	0.02	0.06	<0.02				3500-Zn B	5.00	A.A-FLAME
TOTAL COLIFORMES		0	3.2×10^3	4	0	3.5×10^3	9.1×10^3	9222-B	0×100ml	F.M.
THERMOS TOLERANT COLIFORMES		0	12	2	0	3.5×10^3	35.3×10^3	9222-D	0×100ml	F.M.

PARAMETER	UNITS	LIMITS OF DETECTION	MUESTRA No6 VILLA SAN ANDRES TANQUER DEPOSIT IN THE HOUSE STREET GRAN CHACO	MUESTRA No7 OTB 3 GRUPO SEBASTIAN NET PUBLISHES AV.HUMBERTO ASIM	MUESTRA No8 VALLE HERMOSO NORTE NET PUBLISHES FAUCET (STEET PEDRO DE ZEBALLOS)	MUESTRA No9 VILLA BRASILIA NET PUBLISHES FAUCET OF LAUNDRY(ANTONIETA DE MENDOZA No	MUESTRA No10 URBANIZATION LA RINCONADA NET PUBLISHES FAUCET (STREET SIHUENCAS)	NORMALIZED METHOD AWWA APHA.WEF	BOLIVIAN NORM NB 512	TECHNICAL
pH	–	0.10	7.57	7.94	6.97	8.06	7.87	4500-HB	6.5-9.0(*)	ELECTROCHEMICAL
Turbidity	NTU	0.10	0.55	0.35	0.35	0.30	0.30	2130 B	5	NEFELOMETRIC
Conductivity	us/cm	0.10						2510 B	1500(*)	ELECTROCHEMICAL
Total Dissolved Solid	mg/L	0.001						2540 C	1000	GRAVIMETRIC 180°C
Alkalinity	mg $CaCO_3$/L	0.01	72.57	202.64	255.62	303.81	306.27	2320	370(*)	QUALIFICATIONS
Oder			17	17	17	1	4			
Arsenic	ug/L	0.02						3500-As	0.01	A.A-GRAPHITE OVEN
Cadmium	mg Cd/L	0.02						3500-Cd B	0.005	A.A-FLAME
Cooper	mg Cu/L	0.02						3500-Cu B	1.00	A.A-FLAME
Total Chrome	mg Cr/L	0.02						3500-Cr B	0.05	CALCULATE
Color	Pt-Co	0.10-	12.5	1.50	1.50	0	0	8025	15	HACH DR/200
Residual chlorine			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
Total Hardness	mg$CaCo_3$/L	0.01						2340 C	500	EDTA
Phosphate	mg P/L	0.01						4500-PC	–	COLORIMETRIC
Total Iron	mg Fe/L	0.02	0.22	0.022	0.20	0.21	0.20	3500 Fe B	0.30(*)	A.A-FLAME
Manganese	mg Mn/L	0.02	<0.02	<0.02	0.04	<0.02	<0.02	3500 Mn B	0.1(*)	A.A-FLAME
Nitrites	mg NO^-_2/L	0.10						4500-NO^-_2 B	0.10	COLORIMETRIC
Nitrates	mg NO^-_3/L	0.10						4500-NO^-_3 E	0.10	REDUCTION WITH CADMIUM
Nitrogen Ammonia	mg NH_3/L	0.10						4500-NH^-_3 D	0.50	SELECTIVE ION
Lead	mg Pb/L	0.02						3500-Pb B	0.01	A.A-FLAME
Zinc	mg Zn/L	0.02						3500-Zn B	5.00	A.A-FLAME
TOTAL COLIFORMES		0	332	18	0	22	4	9222-B	0×100ml	F.M.
THERMOS TOLERANT COLIFORMES		0	128	6	0	6	0	9222-D	0×100ml	F.M.