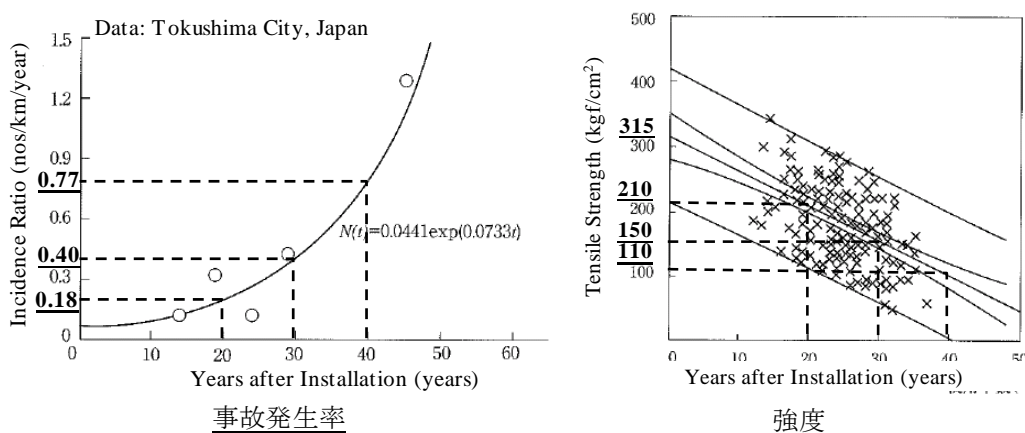


(b) 石綿セメント管（AC管）の現状診断

AC管の現状を以下に述べる。

- AC管の約50%は建設から20年以上経過している一方で、約30%は未だ建設から15年も経過していない。
- AC管は、プエンテ・ピエドラ区の近年整備された地域を除き、調査対象地域の全域に分布している。
- AC管は石綿で補強されたセメントにより製作されている。「配水管更新の手引き」（日本水道協会、2005年）によると、AC管の強度は経年とともに低下し、下図に示すように布設から20年で引っ張り強度は当初の70%、30年で当初の50%となる。さらに、AC管に生じる事故件数は、布設から25年を経過するとその増加が顕著となることも同手引きで示されている。



出典: 配水管更新の手引き（日本水道協会、2005年）

図 2.5.8-18: AC管の経年に伴う事故発生率の増加と強度の低下

上述の強度の問題に加え、AC管はPVC管やダクタイル鋳鉄管などに比べて継ぎ手の柔軟性が低く、長年の荷重、周辺地盤の変状、止水ゴム・リングの硬化等により継ぎ手部の水密性が低下しやすい傾向もある。

しかし、SEDAPALが管理している配水管の事故記録はそのような傾向を示していない。最も多い事故率（1kmあたりの年間事故数）を示しているのはセクター259、351、349Aおよび349Bであるが、これらのセクターには表2.5.8-23から分かるように建設から25年以上を経過したAC管は存在しない。また、表2.5.8-24に示すように多くの古いAC管が存在しているセクター350、83B、83Aおよび85Cの事故率は調査対象地域全体の平均値を下回っている。すなわち、配管布設からの経過年および配管に占めるAC管の割合などは、現在のところ事故の発生頻度と直接的な関連性がない。

表 2.5.8-26 配水管事故率の高いセクターにおける AC 管または古い管の延長

セクター	事故率 (件/km/year)	全配管延長 (km)	AC 管延長 (km)	AC 管の 割合	布設後 25 年 以上が経過 した AC 管 延長 (km)
259	1.26	14.06	12.40	88%	0
351	1.17	6.27	0.93	15%	0
349A	0.58	29.30	15.35	52%	0
349B	0.49	26.45	9.37	36%	0

出典: JICA 調査団

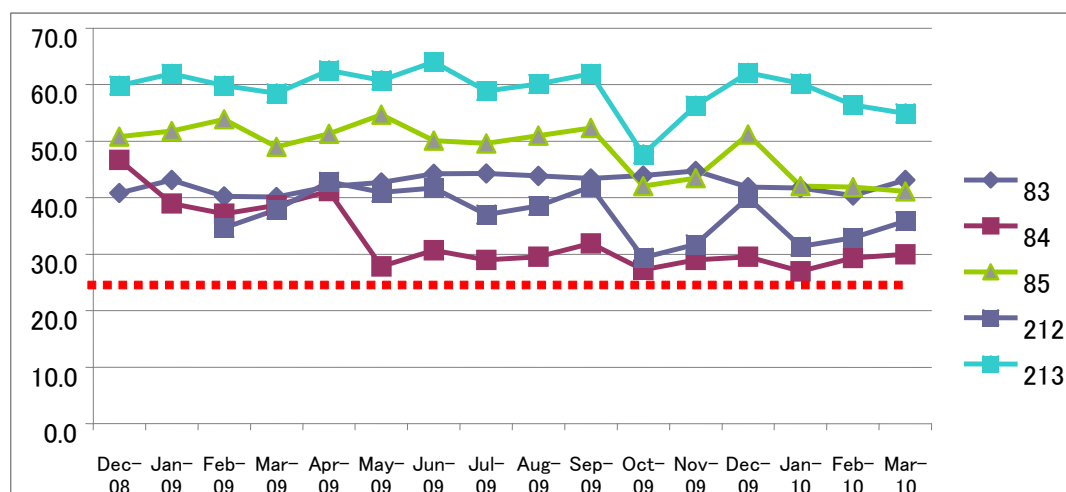
表 2.5.8-27 古い AC 管の割合が多いセクターの事故率

セクター	事故率 (件/km/year)	全配管延長 (km)	AC 管延長 (km)	AC 管の 割合	布設後 25 年 以上が経過 した AC 管 延長 (km)
350	0.13	71.89	57.46	84%	49.63
83B	0.17	45.85	39.903	87%	16.40
83A	0.14	35.513	28.04	91%	11.74
85C	0.29	15.62	13.10	86%	6.89

出典: JICA 調査団

図 2.5.8-19 に、調査対象地域内のセクターのうち流入部バルブ・ピットにより既にセクター化されている 5 つの現行セクターにおける無収水率を示す。これらのうち現行セクター 213 が最も高い無収水率（平均 57%）を示しておりリマ北部地域全体の平均値よりも高い。また、最も低い無収水率を示しているのは現行セクター 84 で、その値（平均 30%）は既に目標値である 25%に近い値となっている。

しかし、表 2.5.8-28 で示すように、最も無収水率の高い現行セクター 213 で AC 管が占める割合は 34%、PVC 管が占める割合は 66%であるのに対し、無収水率の低い現行セクター 83 では AC 管が 65%（PVC 管は 35%）であるうえ、全体の 37%は布設から 25 年以上が経過した AC 管となっており、管材質と布設後の経過年が一般に考えられるように無収水率と直接的には結びついていないことが分かる。



出典: JICA 調査団

図 2.5.8-19 既にセクター化されている地域の無収水率

表 2.5.8-28 セクター化されている地域における無収水率と配水管の材質および布設後経過年数

リジナル・セクター	全配管延長 (km)	AC 管延長 (km)	AC 管の占める割合	布設後 25 年以上を経過した AC 管の割合	平均無収水率
83	78.38	67.94	89%	37%	44.0%
84	100.81	66.01	65%	2%	30.0%
85	56.79	42.98	74%	17%	50.1%
212	77.49	11.84	12%	0%	38.0%
213	37.04	12.68	34%	0%	57.0%

出典: JICA 調査団

上のような状況を裏付けるように、調査対象地域では、現段階では AC 管に深刻な損傷があるとは認められていない。しかし、AC 管の一般的な特性、および実際に配水管での事件件数が近年増加している事実より、今後は AC 管に起因する事故や漏水による維持管理コストや不要な水生産によるコストの増加が問題となる可能性は高いので、順次布設替えが必要である。

写真-1: AC 管

発見された破損管



(c) 硬質塩化ビニル管（PVC 管）の現状診断

PVC 管の現状診断を以下に述べる。

- PVC 管のほとんどが最近 15 年以内に施工されたものである。
- PVC 管は調査対象地域全体に分布しており、特にプエンテ・ピエドラ区の近年整備された地域で多くみられる。
- 調査対象地域に布設されている PVC 管には 2 種類ある。1 つはペルー国の旧基準である「ITINTEC」に準拠して製作された PVC 管（以下、ITINTEC）で、他方は ISO（NTP-ISO-4422）に準拠して製作された PVC 管（以下、ISO）である。
- ITINTEC は接合部で使用していた接着剤の質、付帯設備との現場溶接による接合部、柔軟性のない配管接合部の構造などの問題により多くの事故や漏水を生じさせており、そのような背景から、SEDAPAL は現在では ISO の使用を規定している。

- ITINTEC は地元コミュニティや民間事業者などが施工した（SEDAPAL が施工していない）地域で多く使用されており、特に現行セクター348 および 349 のコイケ地区に多く分布している。

写真-2: PVC 管 (ITINTEC)

主にコイケ地区で見られる、接着剤で接合された柔軟性のない継ぎ手部



- ISO は、SEDAPAL が施工を実施した地域において不適切な工事や深刻な破損などは生じていない。
- ISO はここ 10 年のあいだでセクター361、368A、368B、369A、369B で使用されており、またセクター212A、212B、213 および 350 の一部でも使用されている。

(d) 鉄管および亜鉛めっき鋼管の現状診断

鉄管および亜鉛めっき鋼管の現状診断を以下に述べる。

- 古い鉄管および亜鉛めっき鋼管はセクター85、259、348B、349A、および 351 に存在している。
- これらの配管は錆びやすいため他の材質に更新することが望ましい。

3) 不適切な配管布設状況

調査対象地域内には地元コミュニティ、NGO、一般住民等（「第三者」と呼ばれている）が行った工事で配管が不適切に布設されている地域がある。そのような地域では以下のような問題が生じている。

- 管基礎、埋戻し土、締固め、土被りなど技術的な要件を満たさない管路がある。特に土被りが不足（1m 以下）している管路の多くが路面荷重などにより容易に破損し、漏水や陥没事故などを引き起こしている。



写真-3:

口径の異なる AC 管と PVC 管を強引に接合している

写真-4:

施工不良の分水栓取出し部



- 管路の中には私有地の建物下に埋設されているものもある。これらの管路は、施工当時は民家の裏庭に布設されていたものの、その後、施設の管理を引き継いだ SEDAPAL に連絡がないままに民家が拡張されるなどして現在の状況に至ったものと考えられる。このような区間では管路の維持管理が行えないだけでなく盗水の温床となる可能性もある。



写真-5 および 6:

民家下に埋設されている配水管



- 第三者が施工して SEDAPAL に引き渡された施設は、技術不足と人手不足のため第三者が保有していた間の維持管理がなされていない。

4) 地下水に起因する配水管内の堆積物

主にコイーケ地区において、配水管の断面が堆積物により部分的または完全に閉塞され水流が著しく阻害されている箇所がある。管を閉塞させている堆積物は、現在では使用されていない井戸水中のカルシウム分に由来するが、既に修復不可能なほどに堆積しているため機能回復のためには管路の更新が必要である。

なお、このような状況が生じている地域は ITINTEC が使用されているコイーケ地区の一部であり、ITINTEC の布設替により閉塞管路の更新は達成される。

なお、この地域の井戸水の使用は既に行われていない為、将来の管の閉塞はない。



写真-5:

コイーケ地区で見つかった、地下水由来の堆積物により完全に閉塞されたPVC管



以上に述べたように、既存配水管には管材質、不適切な布設状況、および堆積物による閉塞の問題がある配管が存在している。下表に、生じている問題の種別ごとの配管延長を示す。

表 2.5.8-29: 問題のある配水管の問題種別ごとの延長

サブ・セクター	管材質の問題		布設状況の問題 ^{*2}	計
	鉄管/亜鉛めっき鋼管	ITINTEC ^{*1}	民地を占有している	
83B-1		0.13		0.13
83B-2		0.13	3.85	3.98
85B-1	0.03			0.03
259	0.22			0.22
348B-2	0.13			0.13
349A-1	0.70			0.70
349A-2		2.10		2.10
349A-3	0.06	6.23		6.29
349B-1		5.63		5.63
349B-2		2.91		2.91
349B-3		0.45		0.45
351-3	0.19			0.19
計	1.33	17.58	3.85	22.76

*: 堆積物により閉塞している管路は全て管材質に問題のある管路（ITINTEC）に含まれているため特別に計上していない。

出典: SEDAPAL および JICA 調査団

5) 配管の現況調査

本調査団では目視による配水管の現況調査を行った。その概要を以下に示す。なお、調査の詳細については添付資料 A5.2 を参照とする。

(a) 調査の目的

本調査は、更新対象配水管の選定で活用するべく、目視により埋設配管の劣化状況を確認して SEDAPAL が保有している事故や漏水の記録の確からしさを検証し、また、管材質、建設後経過年数、地域による劣化の傾向を特定することを目的としている。

(b) 調査サンプルの位置

調査では、30 箇所をサンプルとして選定し、試掘による配管の目視を行った。サンプルは調査対象地域に広く分布し、かつ管材質、建設経過年数、施工組織（SEDAPAL または第三者）、SEDAPAL で記録されている事故発生件数など条件の異なる箇所をまんべんなく抽出するように選定した。下表に、抽出したサンプル数を、主な選定条件である管材質、建設後経過年数、工事実施組織ごとに示す。

表 2.5.8-30: 管材質および建設後経過年数ごとのサンプル数

条件							サンプル数
材質		建設後経過年数 (A)			工事実施組織		
AC 管	PVC 管	A≤10	10<A≤25	30<A	SEDAPAL	第三者	
√			√		√		5
√			√			√	7
√				√	√		4
√				√		√	4
	√	√			√		2
	√	√				√	2
	√		√		√		3
	√		√			√	3
合計							30

出典: JICA 調査団

(c) 調査の方法

調査は、少なくとも 1 箇所の継手部が露出するように対象箇所を試掘し、管材と継手部の現況等を目視により評価した。調査結果はサンプルごとに作成する調査票に管材・継手部の現況と材料に確認された問題点、埋戻し土の性状、配管の埋設状況、総合評価を記入してとりまとめた。

(d) 調査の結果

目視調査の結果と SEDAPAL の記録を勘案すると、既設配水管の現況について以下のように評価できる。

- 30 箇所のサンプルのうち 1 箇所で配水管の継手部周りの土が湿っており漏水が生じていることが確認されたが、その他のサンプルでは継手部周りの土の湿りは確認されなかった。
- 埋戻し土はほとんどが現地の発生土であったが、マルケス地区およびコイーケ地区においては客土（粒径の小さい礫を含む礫混じり砂）が使用されていた。これは、マルケス地区は海沿いでコイーケ地区では岩が地表に露出していることからともに発生土が埋戻し土として適切でなかったためである。
- 最小土被りは第 370 セクターの 0.60m であり、土被りが過度に大きい箇所はなかった。
- 配管基礎はほとんどが現位置土を整形したものであった。
- PVC 管は健全な状況であった。
- AC 管には全体として大きな問題は認められなかったが、20 箇所のサンプルのうち 1 箇所で漏水の可能性（継手周りの土の湿り）が認められた。PVC 管に漏水が認められなかったことと合わせ、現状での主な漏水要因は AC 管の継手部であることが推定される。
- AC 管の内側（一部、管材のサンプルを採取した）には茶色い付着物が認められたが、その構成物質は不明である。

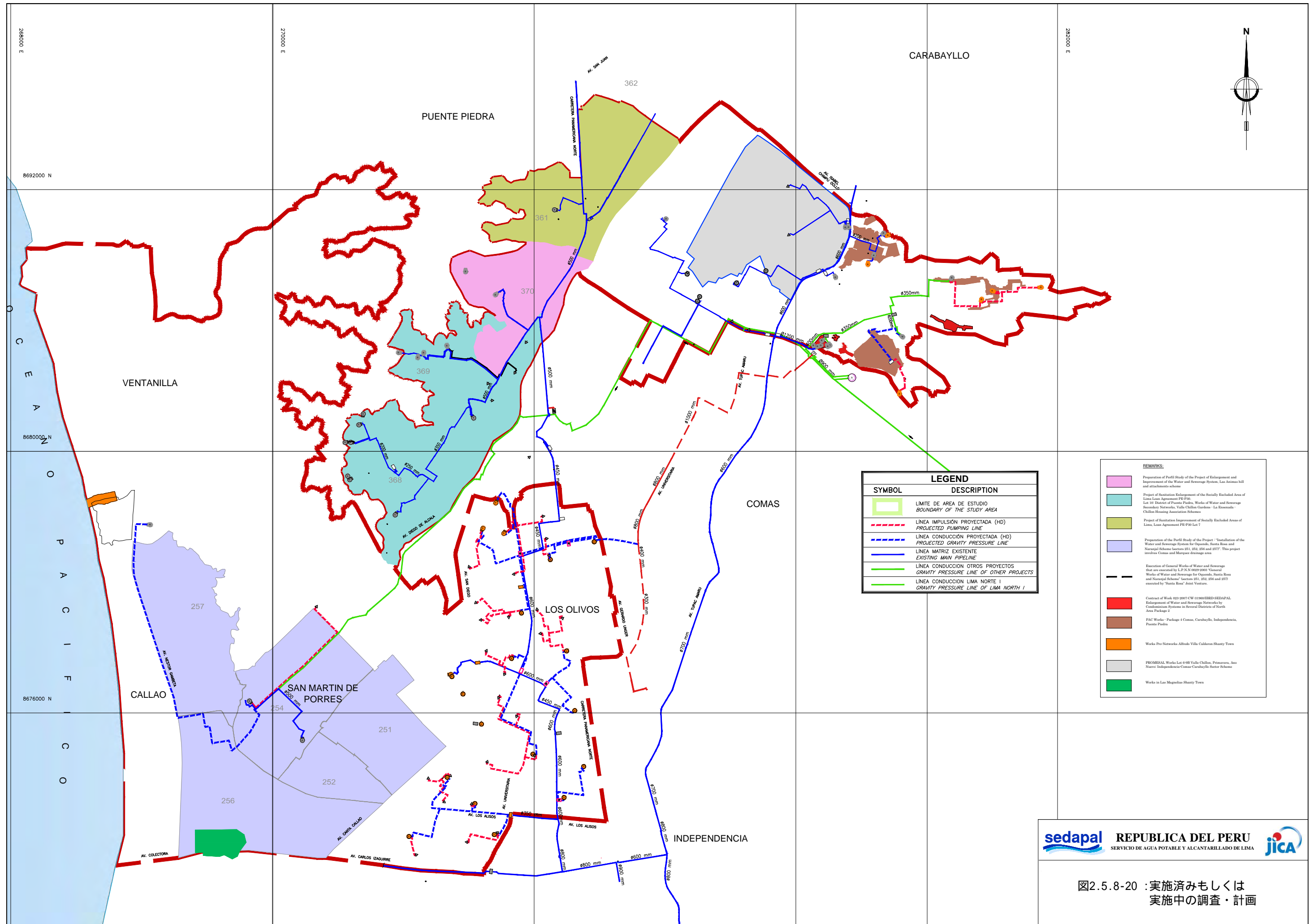
- 配水管継手部の漏水は（1箇所を除き）確認されなかったが、給水管の取り出し分では多くの箇所で明らかな漏水が生じていた。
- 今回の調査では深刻な管体・継手の損傷および施工不良は認められなかった。しかし、給水管取り出し部（分水栓周辺）で多くの漏水が確認され、SEDAPALの事故記録からも読み取れる「給配水システムにおける漏水の主要因は給水管」との推定の確からしさが裏付けられた。

6) 配水管網に係る現状の問題

以上の現状診断結果に基づき、配水管網に係る現状の問題点を以下に挙げる。

- 鉄管、亜鉛めっき鋼管、ITINTEC と呼ばれるペルーの旧基準で製作された PVC 管など水道用配管としてあまり適切でない管材が残存している。
- 最小土被り、配管基礎、締固め、埋戻し材などが技術的要件を満たしていない箇所がある。
- 民家の下を占用している配管がある。
- コイーケ地区において地下水由来の堆積物で閉塞している配管がある。
- 全管路延長の 47% を占める AC 管は、その約半分が建設から 20 年が経過しているにも関わらず現在のところ大きな問題は顕在化していない。しかし、AC 管の一般的な特性から考えて今後急速に劣化が進行し事故が増加することが懸念される。

図 2.5.8-20 に実施済み、もしくは実施中の他の調査と計画を示す。



LEGEND	
SYMBOL	DESCRIPTION
[Pink outline]	LÍMITE DE ÁREA DE ESTUDIO BOUNDARY OF THE STUDY AREA
[Red dashed line]	LÍNEA IMPULSIÓN PROYECTADA (HD) PROJECTED PUMPING LINE
[Blue dashed line]	LÍNEA CONDUCCIÓN PROYECTADA (HD) PROJECTED GRAVITY PRESSURE LINE
[Blue solid line]	LÍNEA MATRIZ EXISTENTE EXISTING MAIN PIPELINE
[Green solid line]	LÍNEA CONDUCCIÓN OTROS PROYECTOS GRAVITY PRESSURE LINE OF OTHER PROJECTS
[Light blue solid line]	LÍNEA CONDUCCIÓN LIMA NORTE I GRAVITY PRESSURE LINE OF LIMA NORTH I

- REMARKS:
- [Pink area] Preparation of Profile Study of the Project of Enlargement and Improvement of the Water and Sewerage System, Las Antillas hill and attachment scheme.
 - [Light blue area] Project of Sanitation Enlargement of the Socially Excluded Area of Lima Loan Agreement PE-F08. Lot 30 District of Puente Piedra, Works of Water and Sewerage Secondary Networks, Valle Chillon Gardens - La Esmeralda - Chillon Housing Association Schemes.
 - [Green area] Project of Sanitation Improvement of Socially Excluded Areas of Lima, Loan Agreement PE-F09 Lot 7.
 - [Purple area] Preparation of the Profile Study of the Project: "Installation of the Water and Sewerage System for Oquendo, Santa Rosa and Noroeste Schemes" Section 251, 252, 256 and 257. This project involves Comas and Marquises drainage areas.
 - [Red area] Execution of General Works of Water and Sewerage that are executed by J.P.N. 0029-2003 "General Works of Water and Sewerage for Oquendo, Santa Rosa and Noroeste Schemes" Section 251, 252, 256 and 257 executed by "Santa Rosa" Joint Venture.
 - [Orange area] Contract of Work 023-2007-CW-31060HED-REDAPAL. Enlargement of Water and Sewerage Networks by Condominium Systems in Several Districts of North Area Package 2.
 - [Grey area] PAC Works - Package 4 Comas, Carabayllo, Independencia, Puente Piedra.
 - [Orange area] Works For Networks Outside Villa Calderon Shanty Town.
 - [Grey area] PROMESAL Works Lot 6-8B Valle Chillon, Promavera, Ato Nuevo Independencia Comas-Carabayllo Sector Scheme.
 - [Green area] Works in Las Magnolias Shanty Town.

図2.5.8-20 :実施済みもしくは
実施中の調査・計画

(12)各戸接続および水道メータ

1) 接続数および水道メータの設置状況

対象地域内の一般的な各戸接続は硬質塩化ビニル（PVC）製の分水栓、15mm、20mmまたは25mmの給水管（一般家庭の接続では通常15mm）、給水管を保護するコンクリート管、水道メータ・ボックス（蓋は厚さ1.5mmまたは2mmの亜鉛めっき鋼あるいはプラスチック）により構成される。

各戸接続は、社会福祉接続、一般家庭接続、商業接続、工業接続、公共接続、および複数家庭接続の6類型に分類されている。また、それぞれの類型において水道メータが設置されている接続と、設置されていない接続がある。各類型の接続数と水道メータの設置状況は表2.5.8-27および表2.5.8-28に示す。また、図2.5.8-20は調査対象地域内のメータ設置状況を図示したものである。

調査対象地域内には41のセクターがあり2009年末の時点で77,573の接続が存在する。また、SEDAPALの他事業で配水管網および各戸接続が改修された（または改修される予定の）セクターを除くと既存接続数は70,291である。水道メータの設置率は対象地域全体で73.7%である。

表 2.5.8-31: 各戸接続の類型

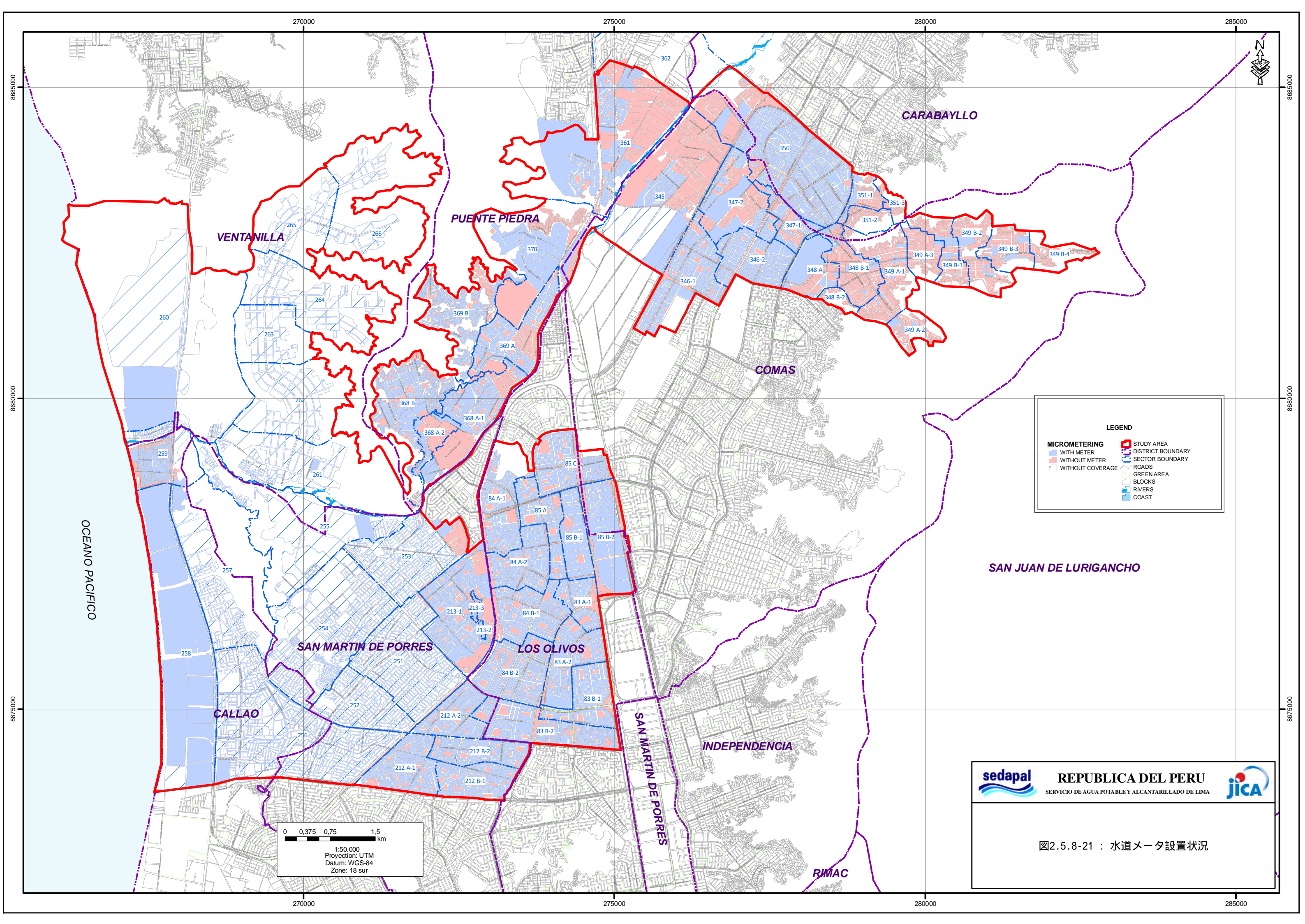
記号	類型	接続数			地域毎の接続数 Quantity of Connections by Districts						
		水道メータ設置済	水道メータ未設置	計	カヤ区	ペンタニヤ区	コマス区	ロス・オリボス区	プエンテ・ピエドラ区	サン・マルティン区	ペンタニヤ区
T-01	公共	93	235	328	8	20	93	48	137	22	
T-02	家庭	46,228	15,526	61,754	2135	3365	16406	19780	10868	9195	5
T-03	商業	736	484	1,220	34	75	256	478	98	273	6
T-04	工業	155	56	211	24	3	67	61	30	22	4
T-05	団地	241	11	252	6	30	110	60	31	15	
T-06	複数家庭	9,686	4,122	13,808	123	1058	3950	6313	251	2113	
	計	57,139	20,434	77,573	2330	4551	20882	26740	11415	11640	15

出典: SEDAPAL

表 2.5.8-32: 調査対象地域内の水道メータ設置状況

セクター	サブ・セクター	各戸接続数			水使用者数
		メータあり	メータなし	計	
83 A	83 A-1	1,398	211	1,609	2,316
	83 A-2	1,958	529	2,487	3,968
83 B	83 B-1	1,160	113	1,273	2,236
	83 B-2	3,220	848	4,068	5,933
84 A	84 A-1	4,121	356	4,477	4,963
	84 A-2	2,784	325	3,109	3,527
84 B	84 B-1	3,420	601	4,021	4,858
	84 B-2	1,469	200	1,669	2,159
85 A	85 A	1,810	374	2,184	2,746
85 B	85 B-1	659	259	918	1,650
	85 B-2	640	254	894	1,344
	85 B-3	65	222	287	339
85 C	85 C	1,288	369	1,657	2,286
212 A	212 A-1	2,815	529	3,344	3,936
	212 A-2	1,819	265	2,084	2,571
212 B	212 B-1	1,387	225	1,612	2,179
	212 B-2	1,207	151	1,358	1,800
213	213-1	2,416	587	3,003	3,382
	213-2	62	6	68	69
	213-3	124	6	130	130
251	251	2	1	3	4
252	252	0	2	2	2
253	253	18	9	27	40
254	254	2	2	4	4
255	255	1	1	2	2
256	256	8	7	15	163
257	257	2	2	4	4
258	258	26	6	32	33
259	259	1,530	752	2,282	2,404
260	260	4	1	5	5
261	261	5	0	5	10
262	262	1	0	1	1
263	263	1	0	1	1
264	264	1	0	1	1
265	265	1	0	1	1
266	266	1	0	1	1
345	345	337	78	415	462
346	346-1	620	239	859	1,107
	346-2	1,169	577	1,746	2,152
347	347-1	1,123	927	2,050	2,633
	347-2	1,325	470	1,795	2,053
348 A	348 A	14	827	841	938
348 B	348 B-1	17	2,017	2,034	2,306
	348 B-2	140	38	178	178
349 A	349 A-1	185	1,564	1,749	1,956
	349 A-2	3	337	340	347
	349 A-3	2	892	894	964
349 B	349 B-1	95	689	784	878
	349 B-2	125	639	764	794
	349 B-3	183	564	747	758
	349 B-4	1	1	2	2
350	350-1	2,610	1,229	3,839	5,359
	350-2	2,588	860	3,448	4,285
351	351-1	554	44	598	641
	351-2	358	3	361	362
	351-3	73	3	76	76
361	361	1,274	81	1,355	1,386
368 A	368 A-1	1,590	171	1,761	1,836
	368 A-2	290	7	297	300
368 B	368 B	2,892	36	2,928	2,946
369 A	369 A	1,630	549	2,179	2,231
369 B	369 B	2,456	188	2,644	2,665
370	370	60	191	251	288
計		57,139	20,434	77,573	94,971

出典: JICA 調査団



LEGEND

MICROMETERING	STUDY AREA
WITH METER	DISTRICT BOUNDARY
WITHOUT METER	SECTOR BOUNDARY
WITHOUT COVERAGE	ROADS
	GREEN AREA
	BLOCKS
	RIVERS
	COAST

0 0,375 0,75 1,5 km

1:50,000
 Projection: UTM
 Datum: WGS-84
 Zone: 18 sur

REPUBLICA DEL PERU

SERVICIO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE LIMA

図2.5.8-21 : 水道メータ設置状況

2) 各戸接続および水道メータの現状

(a) 各戸接続での事故および漏水

本節「(2) サービス状況」で述べたように、調査対象地域で発生している事故等の多くは配水管から給水管の分岐部廻りで生じており、また、漏水についても同じ場所で多く発生している。この現象は、事故記録のみでなく本調査で行った目視（試掘）による配管状況調査でも確認されている。

事故や漏水が発生している各戸接続は亜鉛めっき鋼または鋳鉄を用いて給水管を分岐しており、その部分が著しく腐食していることが主たる原因である。一方、既にPVCの分水装置を用いて分岐している接続についてはあまり問題が生じていない。したがって、腐食した亜鉛めっき鋼や鋳鉄による分水装置を他の信頼性の高い材質に更新することが必要である。

写真-8:

鋳鉄による分水装置の周りで破損したPVC管。鋳鉄が腐食により膨張することでPVC管に過剰な圧力がかかり破損した



(b) 水道メータの未設置および計測エラー

調査対象地域内の水道メータ設置率は73.7%に留まっている。さらに、SEDAPALによると既存の水道メータの中にも正しく稼動していないものが多数あるとされている。したがってSEDAPALは各接続先への給水量を完全に計測することができない状況にある。

一方、正しく機能しない水道メータは住民の側にも過大な請求をされているのではないかという不公平感を抱かせ、水道メータ設置の拒否や故意のメータ破壊、違法な水使用などの要因にもなっている。

このような状況は、送配水管網中の流量計が十分に設置されていないこととあわせ、SEDAPALが各セクターの無収水量を把握できない状態を作り出しており、効果的な水道事業改善や施設整備計画を策定するうえでの障壁の1つとなっている。

(c) 違法接続

調査対象地域内では多くの水が違法に消費されていると考えられている。無収水量そのものや漏水量が正しく把握されていない状況で違法な水消費量を推定することは難しいが、SEDAPAL内では配水量の5%から15%が違法に消費されているとの観測もある。違法な水使用の方法は様々であるが、配水管から無許可で給水管を分岐して家庭に引き込む、水道メータにバイパスを設ける、などが事例として報告されている。

違法な水消費の現状把握と改善には、地道な現地調査と違法接続の摘発、正規接続への転換、施設台帳の更新・維持（継続的な更新）が必要である。また、違法な水使用が顕著な地域においては住民への広報や教育プログラムの実施も必要である。

3) 現行の水道メータ設置事業

SEDAPAL は、2010 年 7 月より 開始された運営管理包括プログラム（Sistema Integral de Actividades Comerciales - SIAC）と呼ばれる 3 年間に渡る事業を開始した。事業の対象は SEDAPAL の管轄地域全体で、水道メータについては既存水道メータの改修・更新および既に 24 時間給水が実現されている地域でのメータ設置（すべてのメータ未設置接続に水道メータを新設する）を行う予定である。現在は受託業者が現状調査を行っており、その結果を踏まえて詳細な事業内容を決定することになっている。

4) 各戸接続および水道メータに係る現状の問題点

以上の診断に基づき、各戸接続および水道メータの現状の問題を以下に挙げる。

- 多くの事故や漏水が各戸接続、特に配水管からの分岐部とその廻りで発生している。
- 水道メータが設置されていない接続が未だ残っている。また、設置済の接続においても正しく機能していないメータが多数ある。
- 配水量のうち無視できない水量が違法に消費されている。

(13) 運転制御の自動化および遠方監視・制御システム（SCADA）

1) 現状診断の目的

Perfil では、給水サービスの質を最適化するため配水池、井戸、主要なバルブ・ピット、減圧弁、ポンプ場など全ての送配水施設の運転制御が自動化され、既存の SCADA（Supervisory Control And Data Acquisition: 遠方管理制御システム）とともに遠方からの監視制御下に置かれることが提案されている。

本調査では、それを踏まえ 23 井戸、27 配水池、4 ポンプ場および 11 セクター流入部バルブ・ピットを対象に、本事業での整備方針の基礎データとするため自動化および SCADA に係る現況調査と評価を行った。その結果は添付資料 B3 参照とする。

2) 診断の方法および対象施設の位置

現状調査は以下により行った。

- SEDAPAL からの資料収集
- 現地踏査
- SEDAPAL 職員との協議
- リマ北部 I 事業の施設計画のヒアリング
- 上記に基づく現状の把握と評価

調査対象施設の一覧を下表に示す。

表 2.5.8-33: SCADA に係る現状調査の対象施設

区	井戸	配水池（併設ポンプ場合含む）	セクター流入部バルブ・ピット
カヤオ	-	R-522	-
カラハイヨ	-	RP-4, RP-3-	-
コマス	-	R-927, R-820, R-926, R-925	350, (345-346), (347-346)
ロス・オリボス	280, 351, 423, 474, 498, 618, 688, 691, 692, 693, 694, 695, 696, 704, 716, 717,720.	R-1 Villa Sol R1 Villa del Norte R-1 Parque el Naranjal R-1 Cueto Fernandini, R-1 Olivos de Pro R-2 Programa Confraternidad R-1 Programa Confraternidad Comité Aposte, R-1 Puerta de Pro R-1 Rio Santa, Pro R1- Santa Luisa.	Nº 83, 84, 85
プエンテ・ヒエトラ	-	-	361, 368, 369
サン・マルティン・ デ・ボレス	569, 687, 689, 727, 728, 729	R-986, R-1 Virgen del Rosario Rosario del Norte R3 Jazmines del Naranjal R-2 Vipol Naranjal R-1 Cerro el Choclo R2 Cerro el Choclo R-1	212, 213
計	23	26	11

出典: JICA 調査団

3) 現状診断の結果

SEDAPAL の SCADA はラ・アタルヘア浄水場で集中的に管理されており、「ペ」国の電気通信設備に係る技術基準および工業標準（「ペ」国電気技術者協会が制定）に基づいた仕様となっている。このシステムはマイクロ波、極超短波、無線（広周波数帯域）、および GSM（Global System for Mobile Communications）方式の携帯電話網を使用したデータ転送により対象施設の遠方監視制御をおこなうもので、TCP/IP(Transmission Control Protocol/ Internet Protocol)、MODBUS（シリアル通信プロトコル）、DNP3（シリアル通信プロトコル）、およびイーサネットなど様々なプロトコルを適用することができ各施設の通信システムと容易に接続することが可能である。

SEDAPAL が使用している SCADA 用ソフトウェアには以下の 2 種類がある。

- 自然流下による送配水システムの監視制御で使用されているソフトウェア・インフォプラス（INFOPLUS）。現在、このソフトウェアを用いて 220 施設の監視制御が行われている。
- ポンプによる送配水システムの監視制御で使用されているソフトウェア・スヴァレント（SURVALENT）。現在、このソフトウェアを用いて配水池、減圧弁、バルブ・ピットを含む 279 施設の監視制御が行われている。

現在、施設の SCADA への取込みを含むいくつかの事業（送配水管網補完事業：“Complementary Network Project”、ワチパ浄水場事業、リマ北部最適化事業（Ⅰ））が実施中であるが、これらの事業では SCADA への施設の取込みを以下のように行っている。

i) インフォプラス（INFOPLUS）

SEDAPAL で使用されているインフォプラスは最新バージョンである Infoplus 21 に更新される予定である。このバージョンでは SEDAPAL の送配水管網の水理解析など様々な分析を行うのに必要な情報の収集、処理、保存の容量が拡張されており、これにより送配水管網管理の効率性向上や送水システムの柔軟な運用の実現が期待される。各事業においてインフォプラスに取り込まれる施設は以下のとおりである。

- リマ北部最適化事業（Ⅰ）：事業対象の 30 施設のうち 26 施設
- 送配水管網補完事業：51 施設
- インフォプラスにより監視制御されている 239 施設のうち 63 施設のデータベースや監視制御機能は新しいサーバーに移される。
- 各施設の通信システムを、現在使用されているシリアル通信モジュールからイーサネットに変更する。これは PLC による通信を可能とする新しいシステムで、上述のデータ移動を容易にする。残りの 176 施設については、データベースを新しいサーバー（2 台）に移す作業が行われるのみである。

ii) スヴァレント（Survalent）への取込み

- リマ北部最適化事業（Ⅰ）：6 施設
- 送配水管網補完事業：4 施設

4) 本事業における SCADA

送配水施設に求められる機能、ペルー国の電気通信設備に係る技術基準および工業標準（ペルー国電気技術者協会が制定）をもとに、対象施設の運転制御と SCADA に関連して以下のように提案する。

(a) 配水池

調査対象の配水池の中で SCADA による遠方監視制御が可能な設備を備えた配水池はなかった。現在のところ全ての弁類が手動であり、自動化に必要な弁類は電動弁に更新しなくてはならない。

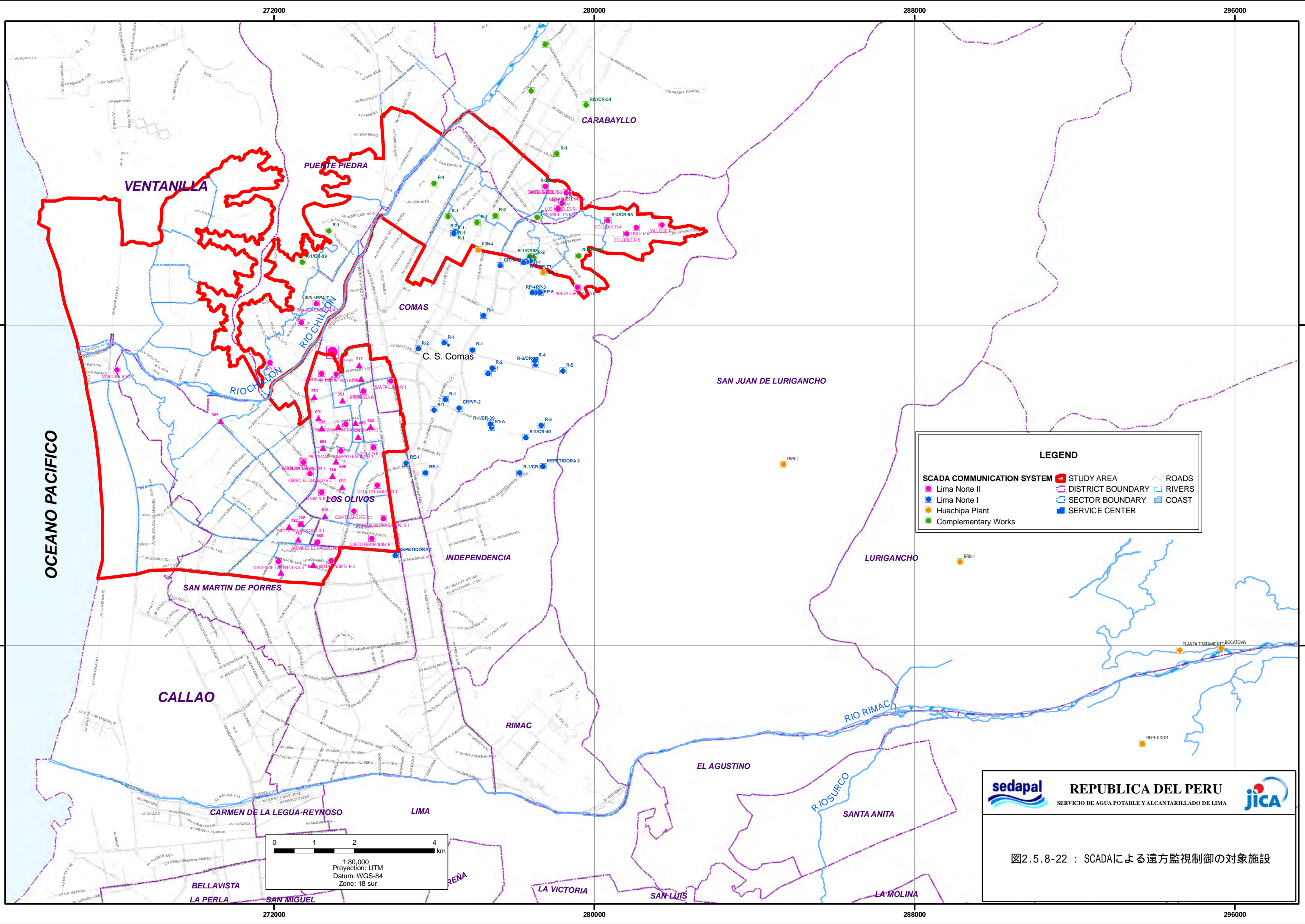
(b) 井戸

配水池と同様に、調査対象の井戸の中で SCADA による遠方監視制御が可能な設備を備えた井戸はなかった。設置から 12 年以上経った古い形式の制御機器類もあり、自動運転やデータ転送などを行うには新型機器に更新する必要がある。また、弁類は全て手動であるため、自動化に必要な弁類は電動弁に更新しなくてはならない。

(c) セクター流入部バルブ・ピット

11 箇所のセクター流入部バルブ・ピットのうち、運転制御が自動化され遠方監視制御が可能となっているのは 5 箇所のみである。これらのバルブ・ピットには本事業で減圧弁用ピットとして改造され SCADA に取り込まれるものと非常時締切り用の仕切弁として活用される（SCADA による監視制御下には置かない）ものがある（3.4.4.(7) 参照）。

図 2.5.8-22 にリマ北部最適化事業 I、Ⅱ、およびその他関連事業の対象地域における遠方監視制御対象施設を示す。また、これらの施設の SCADA への統合方式は添付資料 B3 を参照とする。



LEGEND

● Lima Norte II	▭ STUDY AREA	— ROADS
● Lima Norte I	▭ DISTRICT BOUNDARY	— RIVERS
● Huachipa Plant	▭ SECTOR BOUNDARY	— COAST
● Complementary Works	▭ SERVICE CENTER	

0 1 2 4 km

1:80,000
 Projection: UTM
 Datum: WGS-84
 Zone: 18 sur

sedapal **REPUBLICA DEL PERU** **JICA**
 SERVICIO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE LIMA

図2.5.8-22 : SCADAによる遠方監視制御の対象施設