

8 ANEXOS

RECARGA DEL ACUÍFERO DE LIMA MEDIANTE EL USO DE AGUAS RESIDUALES TRATADAS

Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil, que presenta el bachiller:

Eduardo Paolo Parodi Gonzales Prada

ASESOR: Dr. Ramzy Kahhat Abedrabbo

Lma, octubre de 2016



8.1 Detalle de las características del acuífero de Lima en 1997.

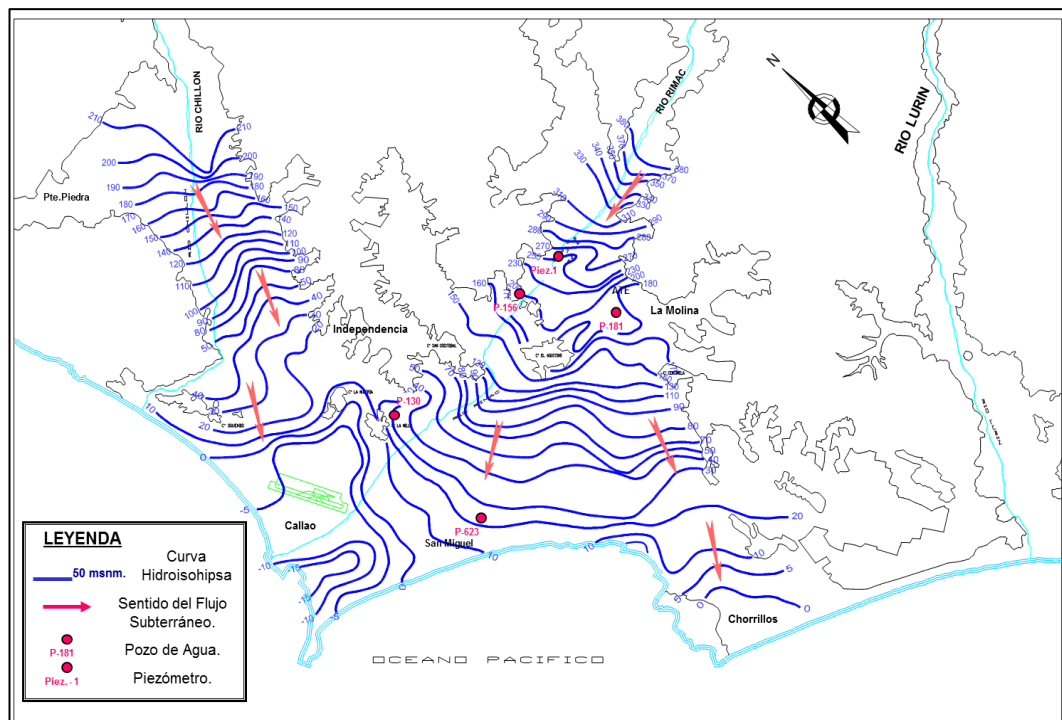


Figura 8.1: Morfología del Acuífero de Lima en 1997. Fuente: Quintana y Tovar, 2002

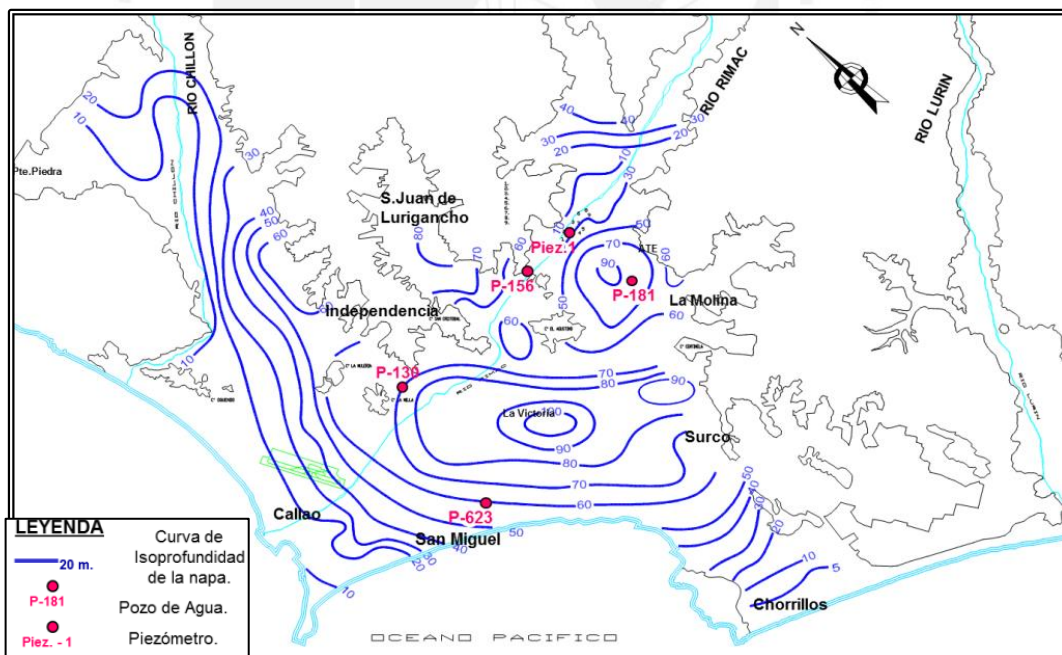


Figura 8.2: Profundidad de la napa freática del acuífero de Lima en 1997. Fuente: Quintana J. y Tovar J. 2002.

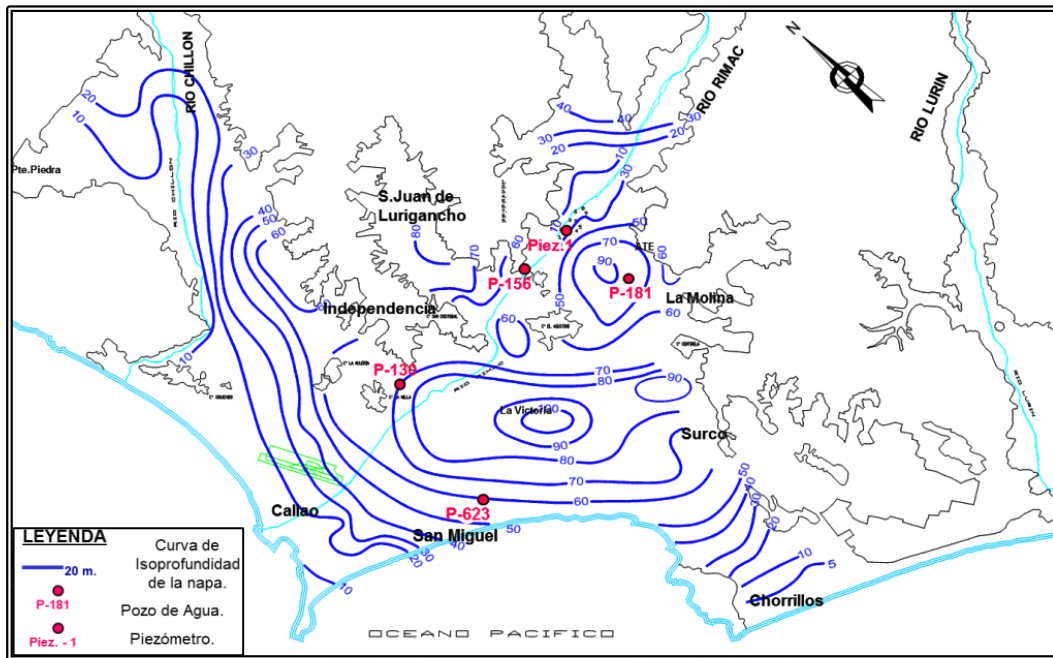


Figura 8.3: Descenso del nivel de la napa freática a acumulada a 1997: Fuente: Quintana y Tovar, 2002

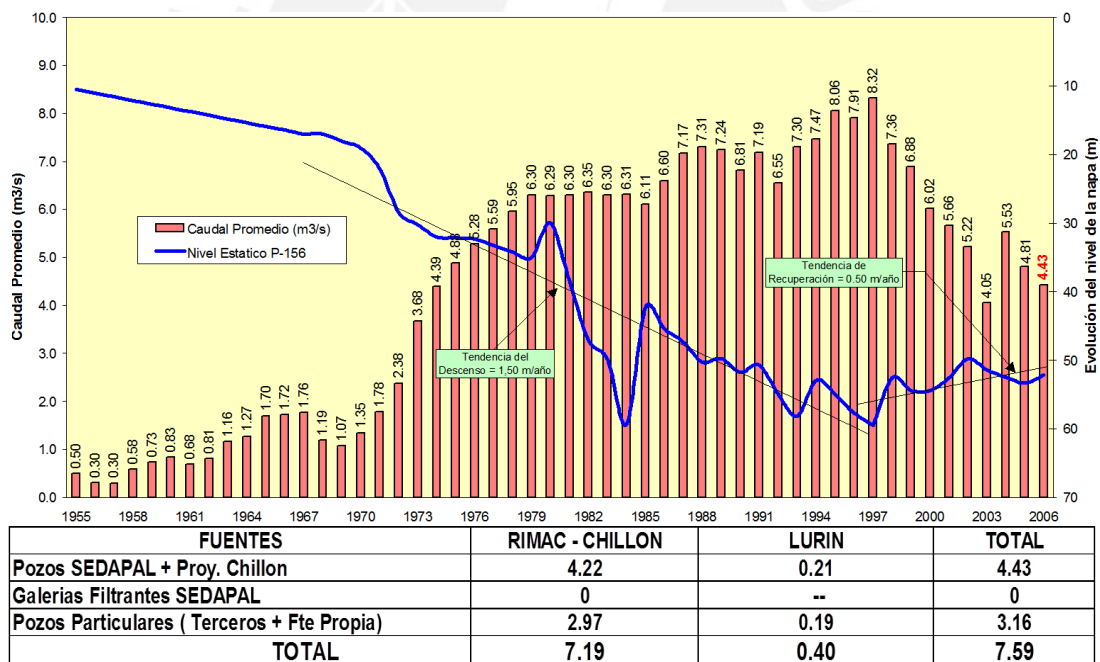


Figura 8.4: Explotación de las aguas subterráneas con pozos de SEDAPAL y variación de la Napa Freática en pozo representativo (p-156 Zarate 3). Fuente: Quintana y Tovar, 2002

8.2 Normas EPA

Tabla 8.1: Consideraciones de diseño EPA para sistemas de IPR (Indirect Potable Reuse), Fuente (EPA 2012).

Categoría de reúso	Recarga de agua subterránea por dispersión sobre el acuífero potable	Recarga de agua subterránea por inyección en el acuífero potable
Tratamiento	<ul style="list-style-type: none"> • Tratamiento Secundario (fangos activados, filtrado biológico, discos biológicos rotativos y sistemas de lagunas de estabilización. Calidad de efluentes: DBO <0 30 mg/l. SS> 30 mg/l. • Filtración: a través de suelos inalterados naturales o medios filtrantes tales como arena y / o antracita a través de micro filtros u otros procesos de membrana. • Desinfección: (destrucción, inactivación o eliminación de microorganismos patógenos por químicos, físicos, o medios biológicos. La desinfección puede llevarse a cabo mediante la cloración, ozonización, otros desinfectantes químicos, UV, procesos de membrana, u otros procesos. 	
	<ul style="list-style-type: none"> • Tratamiento Suelo Acuífero (Zona vadosa) 	<ul style="list-style-type: none"> • Tratamiento avanzado de agua residual: clarificación química, absorción por carbón, osmosis inversa y otros tipos de membranas, oxidación avanzada, extracción por aire, ultrafiltración e intercambio iónico.
Calidad de agua tratada	<p>Incluye, pero no limitado a, los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Coliformes totales No detectables / 100 ml. (1 y 2) • 1 mg / l Cl2 residual (min.) (11) • pH = 6.5 - 8.5 • ≤ 2 NTU (3) • ≤ 2 mg / l TOC de aguas residuales de origen. • Cumplir con estándares de agua potable luego de filtración a través de la zona no saturada. 	<p>Incluye, pero no limitado a, los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Coliformes totales No detectables / 100 ml. (1 y 2) • 1 mg / l Cl2 residual (min.) (11) • pH = 6.5 - 8.5 • ≤ 2 NTU (3) • ≤ 2 mg / l TOC de aguas residuales de origen. • Cumplir con estándares de agua potable.
Monitoreo de agua tratada	<p>Incluye, pero no limitado a, los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • pH – diario • coliforme total – diario • Cl2 residual – continua • estándares de agua potable – trimestral • El monitoreo debe incluir compuestos inorgánicos y orgánicos, o clases de compuestos, que se sabe o se sospecha que es tóxico, cancerígeno, teratogénico o mutagénico y no están incluidos en los estándares de agua potable. • TOC – semanal • Turbidez – continua <p>Seguimiento no es necesaria para los virus y parásitos: sus tasas de eliminación son prescritos por los requisitos de tratamiento</p>	
Retención hidráulica	<p>Distancia a pozo de extracción de agua potable más cercana que ofrece un mínimo de 2 meses el tiempo de retención bajo tierra.</p>	
Observaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Profundidad de las aguas subterráneas (espesor de la zona no saturada) debe ser de al menos 6 pies (2 m). • El tratamiento recomendado es específico de cada sitio y depende de factores tales como el tipo de suelo, la velocidad de percolación, el espesor de la zona vadosa, calidad del agua subterránea nativa, y la dilución. • El agua recuperada no debe contener niveles mensurables de patógenos después de su paso a través de la zona no saturada (zona vadosa. (Es aconsejable la caracterización completa de la calidad microbiológica del agua regenerada antes de la implementación de un programa de reutilización). 	<ul style="list-style-type: none"> • Se deben cumplir límites recomendados de calidad en el punto de inyección. • El agua recuperada no debe contener niveles medibles de patógenos en el punto de inyección. • Pueden ser necesarios niveles mayores de cloro residual y/o o un mayor tiempo de contacto para asegurar la inactivación de virus.
	<ul style="list-style-type: none"> • El agua infiltrada se debe mantener bajo tierra durante al menos 2 meses antes de la extracción. • Son necesarios pozos de monitoreo para detectar la influencia de la operación en la recarga de las aguas subterráneas. • Reducciones logarítmicas recomendados para virus, Giardia, Cryptosporidium y pueden basarse en pruebas de provocación o la suma de los créditos de inicio de sesión de eliminación permitido para los procesos de tratamiento individuales. La vigilancia de estos patógenos no es necesario. • La dilución de agua regenerada con aguas de origen no las aguas residuales se puede utilizar para ayudar a cumplir con el límite de la tabla de contenido sugerido. 	

Detalles referentes a tabla 8.1:

(1) *A menos que se indique lo contrario, los límites de coliformes recomendados son valores medios determinados a partir de los resultados bacteriológicos de los últimos 7 días en los que los análisis se ha completado. O bien el filtro de membrana o la técnica de tubo de fermentación pueden ser utilizados.*

(2) *El número de organismos coliformes totales o fecales (lo que se recomienda una para el seguimiento en la tabla) no debe exceder de 14/100 ml en ninguna muestra.*

(3) *La turbidez recomendada debe cumplirse antes de la desinfección. La turbidez media debe basarse en un período de tiempo de 24 horas y no debe exceder de 5 NTU en cualquier momento. Si SS se utiliza en lugar de la turbidez, la SS promedio no debe exceder de 5 mg / l. Si las membranas se utilizan como el proceso de filtración, la turbidez no debe exceder de 0,2 NTU y la SS promedio no debe exceder de 0,5 mg / l. (EPA 2012)*

•*Consultar la Sección 3.4.3 de las Directrices del 2004 para los requisitos de fiabilidad de tratamiento recomendados.*

“Para usos potables indirectos de agua regenerada, donde el agua regenerada (tratada) se introduce intencionalmente en el suministro de agua cruda a los efectos de aumentar el volumen total de agua disponible para uso potable, se recomienda que la desinfección debe producir agua regenerada sin organismos coliformes totales detectables por 100 ml. Se recomienda coliformes totales, en lugar de coliformes fecales, para ser coherente con el Reglamento SDWA Nacional Primaria Agua Potable (NPDWR) que regulan los estándares de agua potable para la producción de agua potable.” (EPA 2012. p.4-13).

Tabla 8.2: Parámetros de referencia para IPR (Indirect Potable Reuse) Fuente: (EPA 2012. p.4-35).

		California	Florida	Washington	
				Infiltración desde Superficie Clase A	Recarga Directa de acuífero Clase A
Requisitos de tratamiento (Diseño de Sistema)		Oxidación, coagulación, filtración, desinfección, barreras múltiples para patógenos y remoción orgánica	Tratamiento secundario, filtración, desinfección de alto nivel, barreras múltiples para patógenos y remoción orgánica	Oxidación con reducción de nitrógeno, filtración, desinfección.	Oxidación, coagulación, filtración, Osmosis inversa, desinfección.
		Normas de NWRI	Normas de NWRI forzosas. Se permiten variaciones.	Normas de NWRI	Normas de NWRI
		CrT>450 mg.min/L; 90 minutos de tiempo de contacto modal en el pico de flujos en climas secos.	TRC > 1 mg/L; 15 minutos de tiempo de contacto durante el caudal pico horario.	Cloro residual > 1 mg/L; 30 minutos contacto en el caudal pico horario	Cloro residual > 1 mg/L; 30 minutos contacto en el caudal pico horario
Monitoreo de los estándares de calidad de agua tratada			CBOD5: -20 mg/L (ann prom) -30 mg/L (mon prom) -45 mg/L (wk prom) -60 mg/L (max)	30 mg/L	5 mg/L
		NS	5 mg/L (max)	30 mg/L	5 mg/L
		-2 NTU (prom) para filtros medios -10 NTU (max para filtros medios -0.2 NTU (prom.) para filtros de membrana -0.5 NTU (max) para filtros de membrana	Caso x caso (generalmente 2 a 2.5 NTU) Florida requiere monitoreo on-line de la turbidez, TSS	-2 NTU (prom) -5 NTU (max)	-0.1 NTU (prom) -0.5 NTU (max)
		Total coliformes: - 2.2/100mL (med. 7 días) - 23/100mL (not more than one sample exceeds this value in 30 d) -240/100mL (max)	Total coliformes: - 4/100mL (max)	Total coliformes: -2.2/100 (7-d med) -23/100 (max)	Total coliformes: - 1/100mL (prom) - 5/100mL (max)
		10 mg/l (prom of 4 consecutive samples)	10 mg/L (ann prom)	NA	10 mg/L
		0.5 mg/L	-3 mg/L (mon prom) -5 mg/L (max); TOX6: < 0.2 (mon prom) or 0.3 mg/L (max); alternate limits allowed	NA	1 mg/L
		Cumplimiento con la mayoría de estándares primarios y secundarios	Cumplimiento con la mayoría de estándares primarios y secundarios	Cumplimiento con SDWA MCLs	Cumplimiento con la mayoría de estándares primarios y secundarios
		TR	Giardia, Cryptosporidium muestreada en cuartos	NS	NS

NS = Sin especificar por las regulaciones estatales de; NR = No regulado por las normas de reúso estatales; ND = Aún no se han desarrollado regulaciones para este tipo de reúso; TR = El monitoreo no es exigido pero los ratios de remoción de virus son exigidos por los requisitos de tratamiento.

8.3 Fichas Técnica localización potencial de PTARS

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA RECARGA DE ACUIFERO DE LIMA		PTAR 1: LA ATARJEA
Ubicación:	Coordenadas: UTM WGS84	Altitud:
Distrito El Agustino, Planta de SEDAPAL	Franja: 18L 286009 Este, 8669124 Sur	265 m.s.n.m.
Dirección: Planta de Tratamiento de agua potable La Atarjea, El Agustino		
CAPTACION DE AGUAS RESIDUALES		
Distritos de Captación:	Volúmen de tratamiento:	Caudal Promedio de Tratamiento:
Ate y Santa Anita	14 MMC anual	0.44 m3/s
Plano 5.2: Ubicación y Captación PTAR 1		
Fuente: Composición Plan Maestro SEDAPAL 2014 y Gogle Earth		
INYECCION DE AGUAS TRATADAS		
Zona de inyección:	Pozos de inyección Requeridos / (35 lps c/u)	Zonas de Infiltración
In Situ	13 Unidades	Sólo son aparentes, areas verdes dentro de las instalaciones de SEDAPAL
OBSERVACIONES		
<ul style="list-style-type: none"> • Requiere desvio de Colector de Desague Circunvalación que baja por Avenidas Camino Real y el Sembrador (aproximadamente 1250 mts). • La colindancia con planta de tratamiento de agua potable de SEDAPAL obliga a un análisis adicional a efectos de prevenir cualquier riesgo de contaminación de aguas potables. • La Capacidad de infiltración o inyección de aguas potables puede ser limitada por saturación del subsuelo subyacente por la existencia de embalses de agua. • Actualmente existe en operación una PTAR en la Atarjea. 		

Figura 8.5: Ficha Técnica PTAR 1

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA RECARGA DE ACUIFERO DE LIMA		PTAR 2, 3, 4
Ubicación: Distrito El Agustino, Planta de SEDAPAL	Coordenadas: UTM WGS84 PTAR 2:18L 284012 E, 8663296 S PTAR 3:18L 287405 E, 8663657 S PTAR 4:18L 285027 E, 8661972 S	Altitud: PTAR 2: 194 m.s.n.m. PTAR 3: 232 m.s.n.m. PTAR 4: 183 m.s.n.m.
Dirección: PTAR 2: Trebol de Javier Prado y Circunvalación, Santiago de Surco PTAR 3: Universidad Agraria : La Molina PTAR 4: Predios de Jockey club del Perú		
CAPTACION DE AGUAS RESIDUALES		
Distritos de Captación: Santa Anita y La Molina, en menor medida Surco y Ate	Volúmen de tratamiento: 30 MMC anual	Caudal Promedio de Tratamiento: 0.95 m ³ /s
Plano 5.3: Ubicación y Captación PTARS 2,3,4		
Fuente: Composición Plan Maestro SEDAPAL 2014 y Gogle Earth		
INYECCION DE AGUAS TRATADAS		
Zona de inyección: - A lo largo del río Surco; - Avenidas San Borja Norte y Sur - Universidad Agraria -Ministerio de Defensa	Pozos de inyección Requeridos (35 lps c/u) 28 Unidades	Zonas de Infiltración: Areas verdes de entorno: Campos de cultivo de la Universidad Agrária, Areas verdes urbanas (Medianeras de avenidas, parques y jardines)
OBSERVACIONES		
<ul style="list-style-type: none"> • Requiere desvío de Colectores • Se requiere muchos puntos de inyección, lo ideal sería complementar las áreas de inyección con áreas de infiltración y riego de áreas verde de los distritos del entorno. 		

Figura 8.6: Ficha Técnica PTARS 2,3,4

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA RECARGA DE ACUIFERO DE LIMA		PTAR 5
Ubicación: Distrito San Isidro	Coordenadas: UTM WGS84 PTAR 2:18L 279878 E, 8662546 S	Altitud: PTAR 2: 129 m.s.n.m.
Dirección: PTAR 5: Trebol de Javier Prado y Via Expresa, San Isidro.		
CAPTACION DE AGUAS RESIDUALES		
Distritos de Captación: Santa Anita y La Molina, en menor medida Surco y Ate	Volúmen de tratamiento: 25 MMC anual	Caudal Promedio de Tratamiento: 0.79 m3/s
Plano 5.4: Ubicación y Captación PTARS 5		
Fuente: Composición Plan Maestro SEDAPAL 2014 y Gogle Earth		
INYECCION DE AGUAS TRATADAS		
Zona de inyección: - Avenidas San Borja Norte - Parques y áreas verdes del distrito	Pozos de inyección Requeridos (35 lps c/u) 23 Unidades	Zonas de Infiltración: Áreas verdes de entorno: Áreas verdes urbanas (Medianeras de avenidas, parques y jardines)
OBSERVACIONES		
<ul style="list-style-type: none"> • Requiere desvío de Colectores • Se requiere muchos puntos de inyección, lo ideal sería complementar las áreas de inyección con áreas de infiltración y riego de áreas verde de los distritos del entorno. 		

Figura 8.7: Ficha Técnica PTAR 5

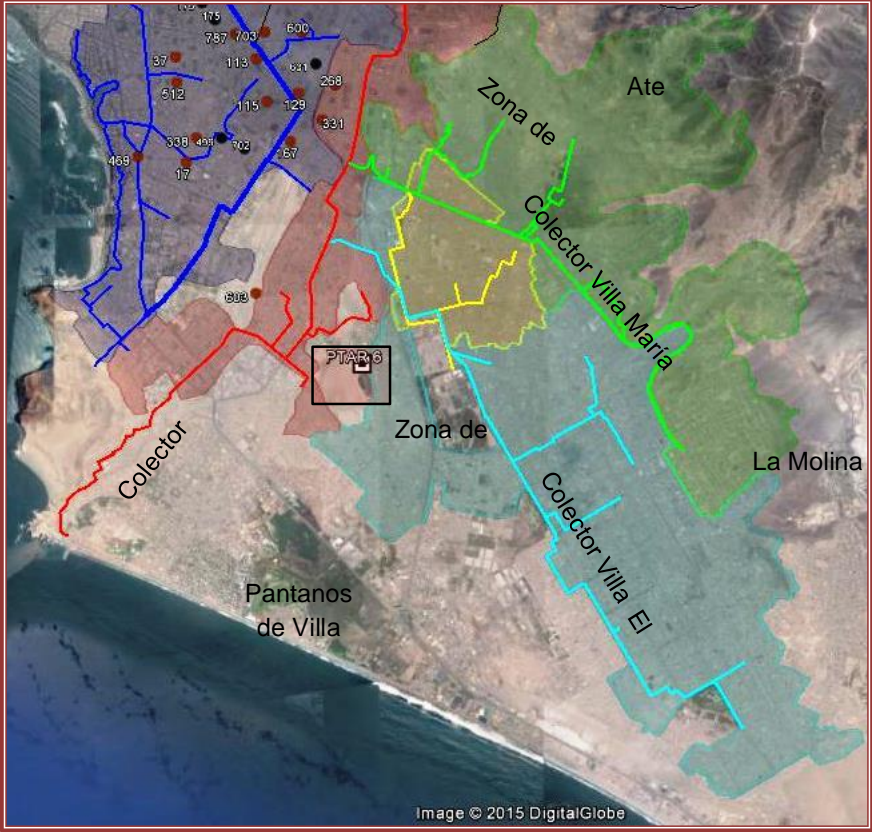
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA RECARGA DE ACUIFERO DE LIMA		PTAR 6
Ubicación: Distrito San Juan de Miraflores	Coordenadas: UTM WGS84 PTAR 2: 18L 284146 E, 8652882 S	Altitud: PTAR 2: 51 m.s.n.m.
Dirección: PTAR 5: Av. Los Eucaliptos, San Juan de Miraflores.		
CAPTACION DE AGUAS RESIDUALES		
Distritos de Captación: Villa El Salvador, Villa Maria del Triunfo y en menor medida Santiago de Surco	Volúmen de tratamiento: 45 MMC anual	Caudal Promedio de Tratamiento: 1.4 m3/s
Plano 5.5: Ubicación y Captación PTARS 5		
		
Fuente: Composición Plan Maestro SEDAPAL 2014 y Gogle Earth		
INYECCION DE AGUAS TRATADAS		
Zona de inyección: IN Situ	Pozos de inyección Requeridos (35 lps c/u) 23 Unidades	Zonas de Infiltración: Areas verdes de entorno.
OBSERVACIONES		
<ul style="list-style-type: none"> • Zona de extracción: Aguas arriba de los pantanos de Villa • Permitira barrera contra intrusión salina. 		

Figura 8.8: Ficha Técnica PTAR 6

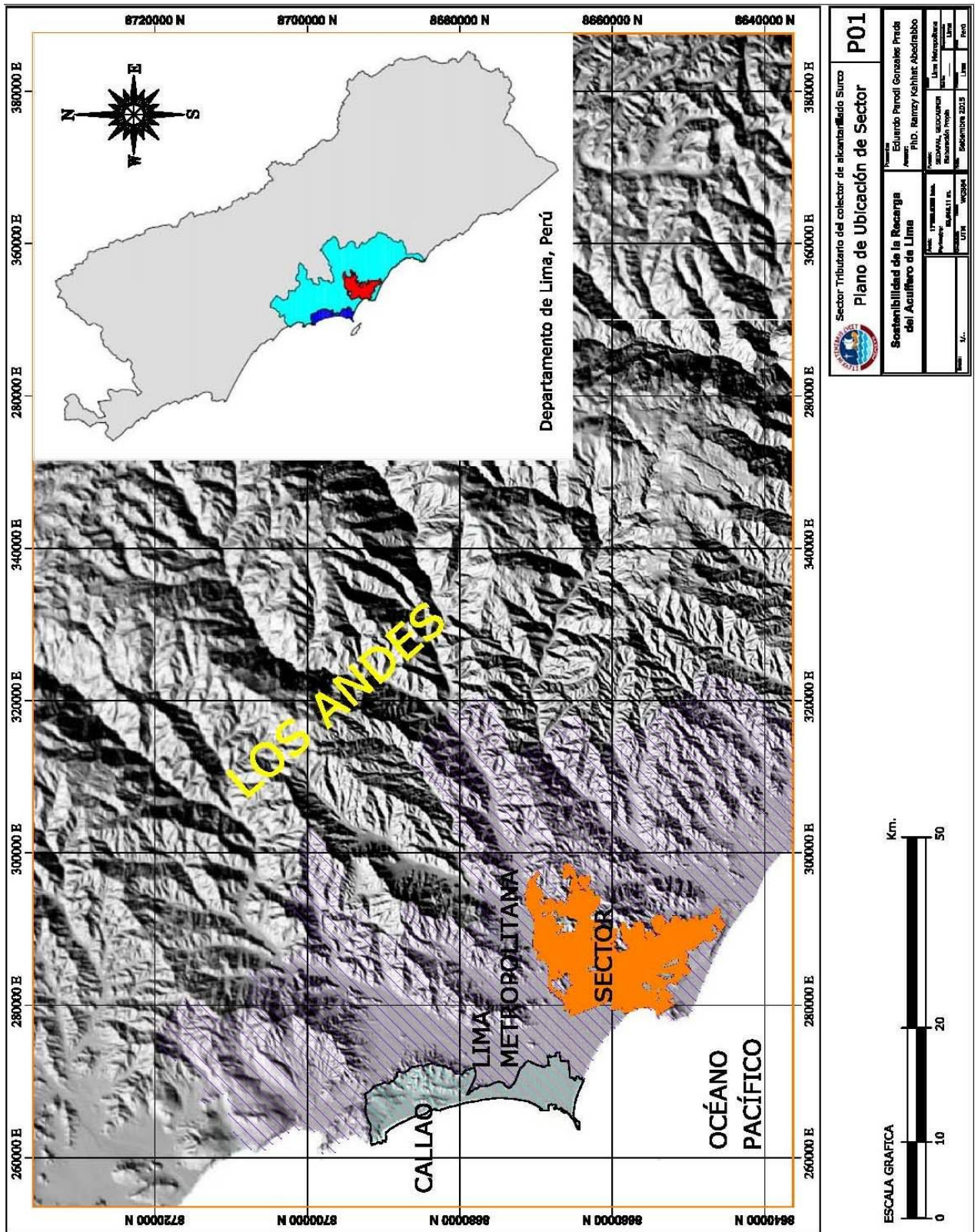
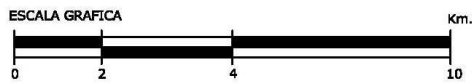
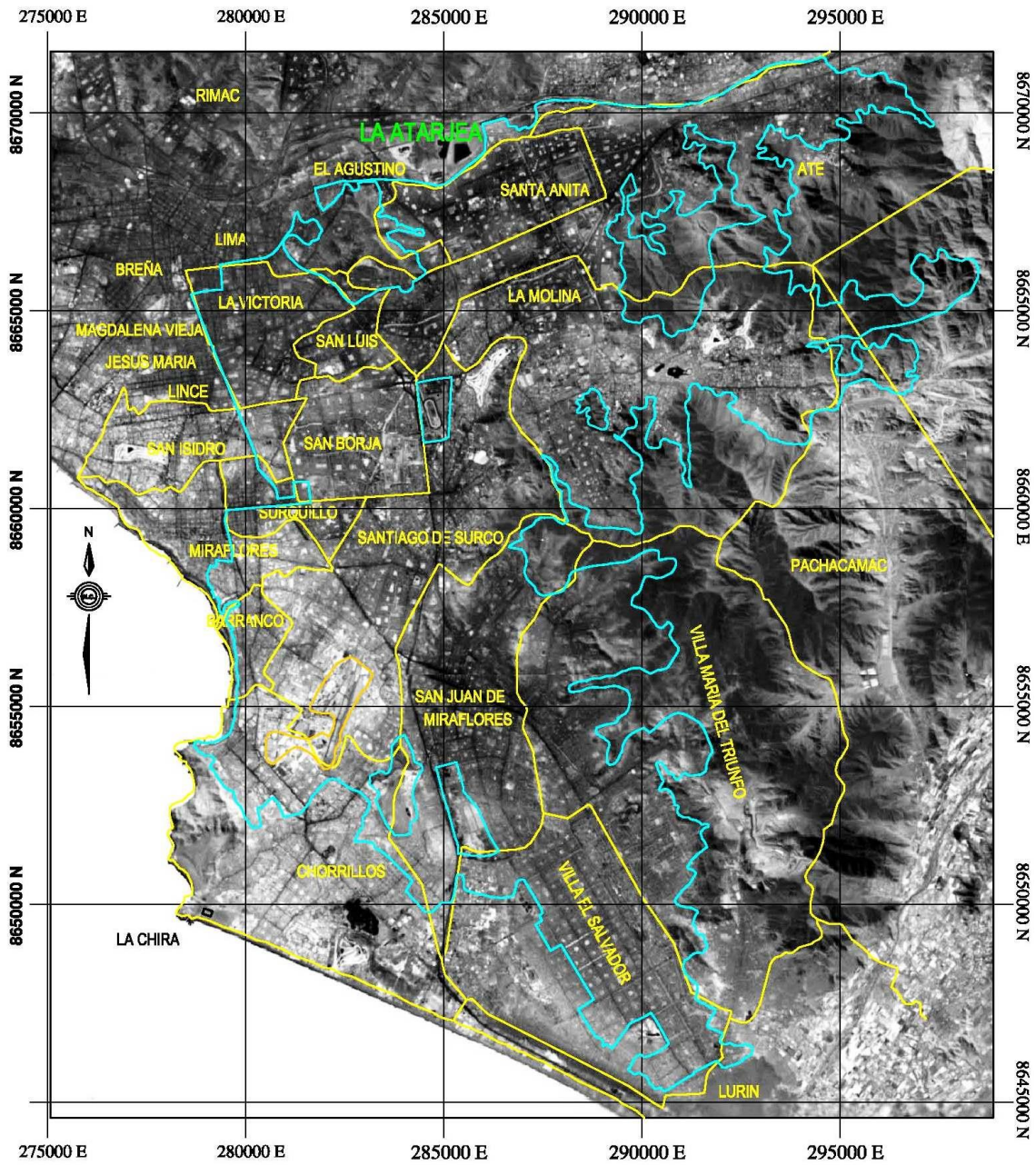


Figura 8.9: Plano de ubicación Sector




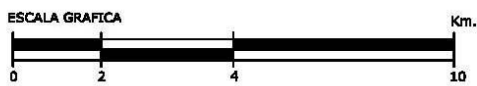
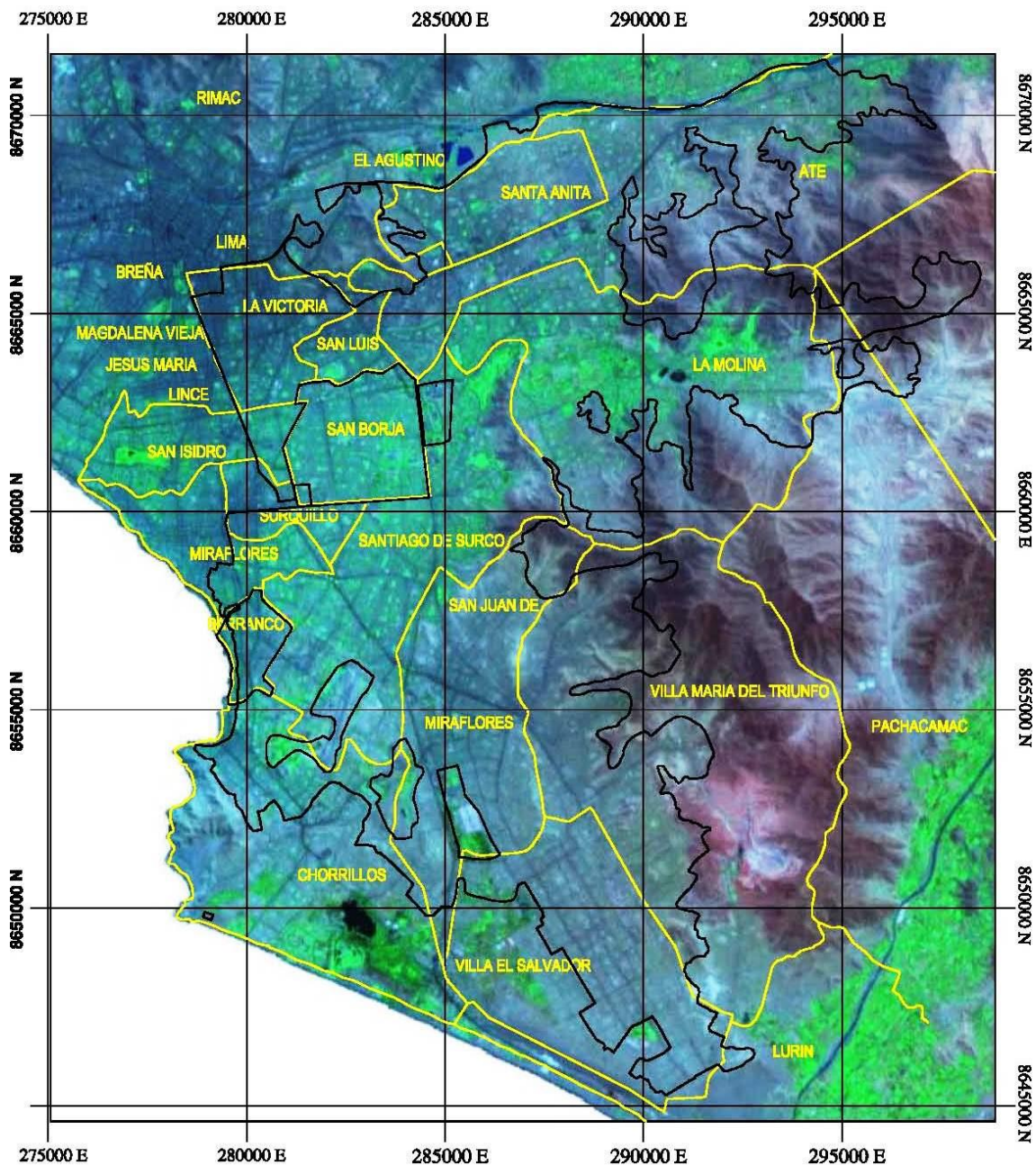
 Sector Tributario del colector de alcantarillado Surco Entorno Distrital		P03
Sostenibilidad de la recarga del Acuífero de Lima		Fuente: Eduardo Parodi Gonzales Prada Asesor: Ph.D. Ramzy Kahhat Abedrabbo
Área: 17'398.5392 Hec. Perímetro: 85,846.11 m.	Fuente: SEDAPAL, GEOCADMIN Elaboración Propia	Lima Metropolitana Lima
UTM WGS84	Fecha: Setiembre 2015	Lima Perú

Figura 8.11: Plano de ubicación de El Sector con distritos;




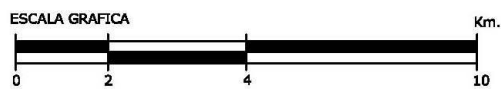
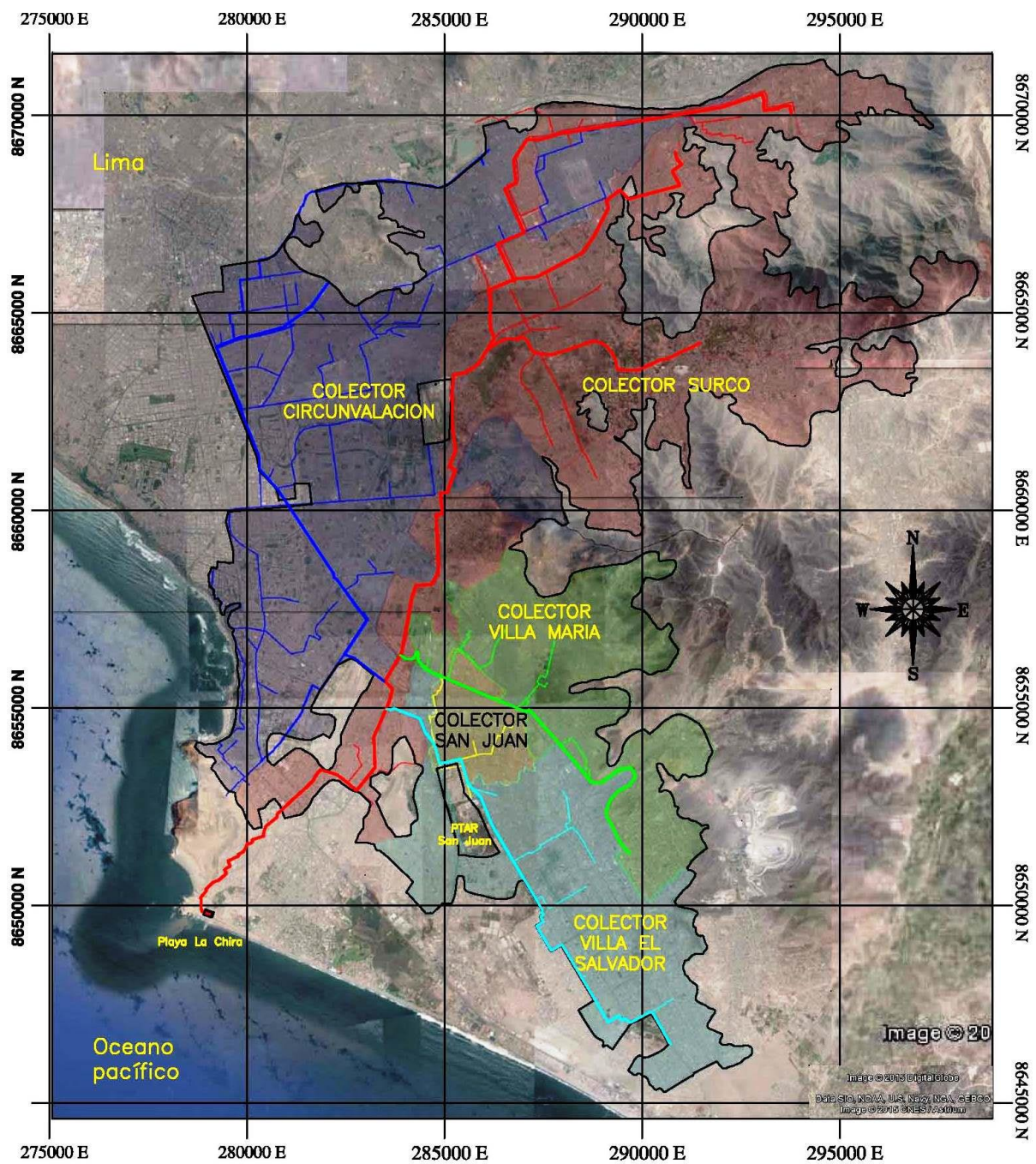
 Sector Tributario del colector de alcantarillado Surco Áreas Verdes		P04
Sostenibilidad de la recarga del Acuífero de Lima		Autor: Eduardo Parodi Gonzales Prada Asesor: Ph.D. Ramzy Kahhat Albedrabbo
Área: 17'988.0000 has. Perímetro: 88,640.11 m.	Fuente: SEDAPAL, LANDSAT Elaboración Propia	Escala: Lima Metropolitana Lugar: Lima País: Perú
Proyección: UTM Datum: WGS84	Fecha: Setiembre 2015	

Figura 8.12: Áreas verdes del Sector;




 Sector Tributario del colector de alcantarillado Surco		P05
Plano Perimétrico		
Tesis: Sostenibilidad de la recarga del Acuífero de Lima		Ponente: Eduardo Parodi Gonzales Prada
		Autor: Ph.D. Ramzy Kahhat Abedrabbo
Área: 17 906.8369 ha. Perímetro: 89,640.11 m.	Fuente: SEDAPAL, GEOADMIN Elaboración Propia	Escala: Lima Metropolitana Lima
Fecha: 1/..	Coordenada: UTM WGS84	Fecha: Setiembre 2015 Lima Perú

Figura 8.13: Principales colectores de aguas residuales en la ciudad de Lima;