

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
ESCUELA DE POSGRADO



**SEDAPAL, propuesta de una unidad de negocio para la comercialización
de aguas residuales en Lima**

**TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE MAGÍSTER EN
ADMINISTRACIÓN ESTRATÉGICA DE EMPRESAS OTORGADO
POR LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**

PRESENTADA POR

Aldo Ivan Cardenas Panduro, DNI: 09863300

Juan Carlos Santos Chávez, DNI: 40534838

ASESOR

Beatrice Elcira Avolio Alecchi, DNI: 09297737

ORCID 0000-0002-1200-7651

JURADO

Presidente: Nicolás Andrés Núñez Morales

Jurado: Juan Pedro Rodolfo Narro Lavi

Asesor: Beatrice Elcira Avolio Alecchi

Surco, junio 2022

Agradecimientos

Nuestro especial agradecimiento al presidente del directorio de SEDAPAL, así como a la Gerencia de Desarrollo e Investigación y a la Gerencia de Gestión de Aguas Residuales de SEDAPAL por permitirnos realizar este trabajo y confiar en nosotros para brindarles un aporte en su gestión. Asimismo, nos gustaría reconocer el apoyo de nuestra asesora Beatrice Avolio por su orientación y supervisión durante todo el proceso de desarrollo de esta tesis y a cada uno de los profesores por orientarnos con su experiencia y profesionalismo a lo largo del desarrollo del programa.



Dedicatorias

A mi esposa e hijo por su apoyo constante a superarme profesionalmente y ser un ejemplo en la familia. A mis hermanas por su apoyo incondicional y a la memoria de mis padres.

Aldo Ivan Cardenas Panduro

A mi esposa, hijo y madre por ser mi inspiración, mi ejemplo y soporte constante. Así también, a mis hermanas y hermanos que me dieron su apoyo y creyeron en mí.

Juan Carlos Santos Chávez



Resumen Ejecutivo

SEDAPAL al ser la empresa de saneamiento más grande del país y abastecer de agua al 40% del PBI del país, presenta grandes desafíos no solo para abastecer de agua potable a los 11.5 millones de habitantes, sino sobre todo dar un tratamiento adecuado a las aguas residuales y promover su reúso. A pesar de que se tratan el 92% de las aguas crudas, solo el 3.6% se están reusando para riego de áreas verdes y cultivos. Con la promulgación de D.L. N° 1280, existe un marco legal propicio para comercializar el agua residual tratada y cruda, pero de acuerdo al Plan Nacional de Acción Ambiental 2011-2021 no se está cumpliendo con una de las metas prioritarias en agua que el 50% de las aguas residuales tratadas urbanas sean reusadas.

SEDAPAL tiene una misión complicada al querer cumplir con tratamiento y reúso de agua residuales con estándares de calidad, ya que el agua cruda que va a las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) tiene alta variabilidad en cantidad y calidad, por lo que será mejor ofrecer el agua cruda antes de llegar a las PTAR. Para ello se debe partir primero buscando potenciales clientes o industrias donde el agua fresca o de pozo sea escaso y que no necesiten agua fresca para sus operaciones y riego de jardines. Asimismo, se requiere contar con estándares de calidad de efluentes para la realidad del país, así como procedimientos internos de comercialización que le permitan vender el agua residual y establecer así un mercado para reúso en Lima.

Después de analizar las alternativas de solución, se propone que SEDAPAL comercialice el agua residual a clientes, tipo industrias, y que ellos realicen la inversión, operación y mantenimiento (O&M) de la PTAR. De esta manera se genera los costos evitados en la operación y disposición final. Además, se realiza un caso de negocio de una industria donde se demuestra que invertir en el tratamiento de agua residual es más costo efectivo frente al agua subterránea y una desaladora.

Finalmente, para lograr una mayor comercialización se propone replantear la Gerencia de Gestión de Agua Residuales agregando un área de interrelación con el sector privado, ya que ofrecer el agua residual cruda brinda mayores oportunidades que el agua residual tratada.



Abstract

SEDAPAL, being the largest sanitation company in the country and supplying water to 40% of the country's GDP, presents great challenges not only to supply drinking water to the 11.5 million inhabitants, but above all to give adequate wastewater treatment and promote its reuse. Although 92% of raw water is treated, only 3.6% is being reused for irrigation of green areas and crops. With the enactment of D.L. No. 1280, there is a favorable legal framework to market raw wastewater, but according to the National Environmental Action Plan 2011-2021, one of the priority water goals is not being met, that “50% of the treated urban wastewater is reused”.

SEDAPAL has a complicated mission in wanting to comply with quality standards for wastewater treatment and reuse, since the raw water that goes to the Wastewater Treatment Plant (WWTP) has high variability in quantity and quality, so it will be better to offer the raw water before it arrives to the WWTPs. For this, potential clients or industries where freshwater is scarce and that do not need freshwater for their operations and garden irrigation must be sought. Likewise, it is necessary to have effluent quality standards for the reality of the country, as well as internal marketing procedures that allow it to sell the wastewater and thus establish a market for reuse in Lima.

After analyzing the solution alternatives, it is proposed that SEDAPAL commercialize the wastewater to clients, such as industries, and that they carry out the investment and operation and maintenance (O&M) of the WWTP. In this way, avoided costs are generated in the operation and final disposal. For this, a business case of an industry is made where it is shown that investing in wastewater treatment is more cost-effective compared to groundwater and a desalination plant.

Finally, to achieve greater commercialization, it is proposed to rethink the Wastewater Management Department by adding an area of interrelation with the private sector, since offering raw wastewater promises greater opportunities than treated wastewater.



Tabla de Contenidos

Lista de Tablas	xiii
Lista de Figuras.....	xv
Capítulo I: Situación General.....	1
1.1 Presentación de la Compañía	1
1.2 Escasez del Agua en Lima	1
1.3 Modelo de Negocio.....	3
1.4 Misión, Visión y Valores de Sedapal.....	7
1.4.1 Misión	7
1.4.2 Visión	9
1.4.3 Valores y Cultura	10
1.4.4 Objetivos de Largo Plazo	10
1.5 Conclusiones	11
Capítulo II: Análisis del Contexto	12
2.1 Análisis Externo.....	12
2.1.1 Análisis PESTE.....	12
2.1.2 Oportunidades y Amenazas.....	22
2.2 Análisis Interno.....	24
2.2.1 Administración.....	24
2.2.2 Marketing	25
2.2.3 Operación	26
2.2.4 Finanzas.....	26
2.2.5 Recursos humanos.....	27
2.2.6 Sistemas de Información y Tecnología	28
2.2.7 Fortalezas y Debilidades	29

2.3 Conclusión	30
Capítulo III: Definición del Problema	32
3.1 Problema Central	32
3.2 Conclusión	40
Capítulo IV: Revisión de Literatura	42
4.1 Mapa de Literatura.....	42
4.2 Revisión de Literatura.....	43
4.2.1 Megatendencias.....	43
4.2.2 Gestión de Aguas Residuales	58
4.2.3 Innovación.....	67
4.2.4 Plan estratégico	72
4.2.5 Modelos de Negocios.....	79
4.3 Conclusiones	81
Capítulo V: Análisis de Causa Raíz	82
5.1 Inexistencia de un Mercado de Reúso de Agua Residual	83
5.1.1 Escaso Conocimiento sobre el Valor del Agua Residual Tratada.....	83
5.1.2 Mecanismo de Financiamiento Insuficientes y Poco Conocidos.....	84
5.1.3 Diversas Condiciones de Acceso a Otras Fuentes	85
5.1.4 Pocos Demandantes con Infraestructura Propia.....	86
5.2 Marco Normativo Limitado o Insuficiente	86
5.2.1 Tramites para Autorización de Reúso No Acorde a la Realidad	86
5.2.2 No Existe una Norma que Regule los Estándares de Calidad de Efluentes.....	87
5.3 Insuficiente Capacidad Técnica y Organizacional.....	88
5.3.1 No Existe Área Funcional Específico para Atención al Usuario de Agua Residual	88
5.3.2 Establecer Mejoras en la Fijación de Precios de Venta de AR y Costos de PTAR.	88

5.3.3 Instrumentos de Comercialización Nuevos en Proceso de Aprobación.....	89
5.4 Insuficiente Infraestructura para Brindar ART de Calidad.....	90
5.4.1 Mas de la Mitad de PTAR Sobrecargadas	90
5.4.2 La Disponibilidad de ART en un Punto es Limitada	91
5.4.3 Alta Variabilidad en la Calidad de las ARST de Parte de los Usuarios No Domésticos.....	91
5.5 Matriz Priorización Causa-Raíz.....	93
5.5.1 Factibilidad.....	93
5.5.2 Beneficio	93
5.5.3 Resultado.....	93
5.6 Conclusión	94
Capítulo VI: Alternativas de Solución	96
6.1 Alternativas de Soluciones Propuestas	96
6.1.1 Comercializar el Agua Residual a Industrias	96
6.1.2 Desarrollar APP y Oxi	98
6.1.3 Venta de Agua en Bloque	101
6.1.4 Brindar Asesoramiento Técnico para que Municipios Implementen PTAR de Bajo Costo	103
6.2 Selección de la Alternativa	105
6.3 Conclusiones.....	107
Capítulo VII: Plan de Implementación.....	108
7.1 Objetivos.....	108
7.2 Plan de Acción	109
7.2.1 Estrategias	110
7.2.2 Tecnología.....	114

7.3 Plan de Marketing	117
7.3.1 Estrategias	117
7.3.2 Marketing Mix	118
7.4 Riesgos.....	123
7.5 Conclusiones	124
Capítulo VIII: Análisis Económica y Financiero	125
8.1 Análisis de Costo-Efectividad	125
8.1.1 Primer Escenario: Comparación de Agua de Pozo con una PTAR y una Desaladora.....	125
8.1.2 Segundo Escenario: Aumento de la Demanda a 20 l/s por Incremento de Producción.....	128
8.1.3 Tercer Escenario: Crecimiento a 60 l/s	128
8.2 Análisis de Flujo de Caja	129
8.2.1 Costo Promedio Ponderado de Capital (WACC).....	130
8.2.2 Estimación y Proyección de Ingresos a Cinco Años.....	131
8.2.3 Flujo de Caja Libre con PTAR.....	132
8.2.4 Flujo de Caja Libre con Planta Desaladora.....	133
8.2.5 Evaluación Económica	134
8.3 Conclusiones	135
Capítulo IX: Conclusiones y Recomendaciones	136
9.1 Conclusiones	136
9.2 Recomendaciones	137
Referencias.....	139
Apéndice A: Entrevistas a Empleados de la Organización	144
Apéndice B: Entrevistas a Stakeholders	157

Apéndice C: Análisis de Costo Efectividad 165
Apéndice D: Flujo de Caja Libre Proyectado Sin PTAR..... 166
Apéndice E: Flujo de Caja Libre con PTAR..... 167
Apéndice F: Flujo de Caja Libre con la Planta Desaladora 168



Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Determinaciones para la Elaboración de la Misión de una Empresa</i>	8
Tabla 2 <i>Determinaciones para la Elaboración de la Visión de una Empresa</i>	9
Tabla 3 <i>ODS Vinculadas a Agua Residual Tratada</i>	21
Tabla 4 <i>Matriz de Factores Internos (MEFI) de SEDAPAL</i>	31
Tabla 5 <i>Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales y Caudal de Tratamiento a Noviembre del 2021</i>	34
Tabla 6 <i>Estado de las Aguas Residuales Tratadas que Están Reusando</i>	36
Tabla 7 <i>Estado Actual del Reúso de Aguas Residuales sin Tratamiento</i>	38
Tabla 8 <i>Estado de las PTAR en Cuanto a Calidad</i>	39
Tabla 9 <i>Mapa de Literatura</i>	44
Tabla 10 <i>Aplicación de los Modelos de Negocios Circulares hacia una Economía</i>	47
Tabla 11 <i>Evolución de los Modelos de Innovación</i>	70
Tabla 12 <i>Lista de Prioridades de Causa</i>	94
Tabla 13 <i>Relación de potenciales clientes y demanda de agua residual</i>	99
Tabla 15 <i>Acciones para la venta de agua residual cruda</i>	109
Tabla 16 <i>Costos de Implementación de la Unidad Operativa, Equipo de Interrelación Sector Privado</i>	113
Tabla 14 <i>Propuesta de tarifas de aguas residuales crudas</i>	114
Tabla 17 <i>Costo de Inversión de PTAR</i>	119
Tabla 18 <i>Costo de PTAR ODIS Soliquator</i>	120
Tabla 19 <i>Análisis de Costo-Efectividad del Primer Escenario</i>	127
Tabla 20 <i>Análisis de Costo-Efectividad del Segundo Escenario</i>	128
Tabla 21 <i>Análisis de Costo-Efectividad del Tercer Escenario</i>	129
Tabla 22 <i>Cálculo del WACC</i>	130

Tabla 23 *Análisis de regresión* 131

Tabla 24 *Proyección de Ingresos por Ventas* 131

Tabla 25 *Costo de Planta Desaladora* 134

Tabla 26 *Valor Actual de Flujos Bajos los Tres Escenarios* 134



Lista de Figuras

Figura 1 <i>Proceso de Servicio de Agua Potable y Alcantarillado</i>	4
Figura 2 <i>Esquema de Distribución de Agua Potable</i>	5
Figura 3 <i>Esquema Típico del Sistema de Alcantarillado</i>	6
Figura 4 <i>Perú: Producto Bruto Interno y Tasa Anual de Crecimiento 2000-2020</i>	15
Figura 5 <i>Vista de la PTAR José Gálvez y sus Alrededores en el 2002</i>	18
Figura 6 <i>Vista de la PTAR José Gálvez y sus Alrededores en el 2021.</i>	18
Figura 7 <i>Organigrama General de SEDAPAL</i>	25
Figura 8 <i>Estructura Organizacional de la GGAR</i>	28
Figura 9 <i>Macroprocesos de las Aguas Residuales</i>	33
Figura 10 <i>Las 7R de la Economía Circular</i>	46
Figura 11 <i>Consideraciones de una Ciudad Sostenible</i>	51
Figura 12 <i>Áreas Verdes en Plazas y Parques Públicos Municipales</i>	55
Figura 14 <i>Áreas Verdes en Jardines, Óvalos y Bermas Públicos Municipales</i>	56
Figura 15 <i>Distribución de Oficinas Ambientales en las Municipalidades del País</i>	57
Figura 16 <i>Modelo Secuencial del Proceso Estratégico</i>	73
Figura 17 <i>Gráfico de los Siete Criterios Prioritarios</i>	76
Figura 18 <i>Pasos para la Obtención de Autorización de Reúso de ART</i>	77
Figura 19 <i>Diagrama de Isikawa</i>	82
Figura 20 <i>Propuesta de Organigrama de la Gerencia de Gestión de Aguas Residuales</i>	112
Figura 21 <i>Modelo de Planta ODIS Soliquator de 30 l/s</i>	115
Figura 22 <i>Tarifa de Agua Subterránea Proyectada</i>	126
Figura 23 <i>Tarifa de Agua Residual Cruda Proyectada</i>	126
Figura 24 <i>Costo del Agua Proyectada</i>	132

Capítulo I: Situación General

En el presente capítulo se presenta el estado situacional de la empresa de agua de Lima y Callao, más conocido como SEDAPAL.

1.1 Presentación de la Compañía

La empresa de Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima - SEDAPAL es una compañía estatal peruana de derecho privado, que brinda servicios de agua potable y alcantarillado a las provincias de Lima y Constitucional del Callao. La empresa fue creada mediante Decreto Legislativo N° 150, el 12 de junio de 1981, inscrita en la Partida Electrónica N° 02005409 del Registro de Personas Jurídicas de la Oficina Registral de Lima. Es la empresa prestadora de servicios de saneamiento más grande del país, ya que atiende al 30% de la población total del Perú, cuya producción representa el 40% del PBI del Perú. SEDAPAL produce 757 millones de m³ al año y factura 556 millones de m³, cuenta con más de 1.6 millones de conexiones de agua potable, y cerca de 30,000 km de redes de agua y alcantarillado (casi 12 veces la distancia de Tumbes a Tacna). En el 2019, SEDAPAL generó ingresos por cerca de S/ 2,107 millones (US\$ 614.7 millones), gracias a ello se encuentra en el puesto 60 de las empresas más grandes del país (SEDAPAL, 2021a). Sin embargo, en el 2020 sus ingresos cayeron a S/1,930 millones (US\$ 563 millones) y una rentabilidad de -3.4%, lo que refleja una pérdida neta de S/ 64.8 millones producto de la pandemia por el COVID-19 (SEDAPAL, 2020c; SUNASS, 2021).

1.2 Escasez del Agua en Lima

SEDAPAL afronta serios desafíos para abastecer de agua a su población de 11.5 millones de habitantes. Dentro de las causas del desbalance hídrico de la ciudad está la pérdida de glaciares, el aumento continuo de la población, la expansión urbana desordenada, el uso ineficiente del agua y la explotación poco controlada de los acuíferos. A esto se suma, la contaminación producida por fuentes mineras, industriales y

domésticas aguas arriba de la ciudad, así como el arrojado de desmontes y residuos sólidos, que afectan la calidad del agua del río Rímac principalmente. A esta carga contaminante, se suman los huaycos e inundaciones que cada vez suelen ser más frecuentes, como lo ocurrido en el Niño Costero del 2017, donde SEDAPAL no pudo tratar el agua del río por la gran cantidad de sedimentos (la turbidez llegó a 200,000 NTU, siendo el máximo a tratar de 25,000 NTU) y sólidos que llegaron a la planta La Atarjea.

Asimismo, Lima sólo cuenta con 331 millones de m³ de reservas de agua (contando el reservorio de Huascacocha, aunque desde el 2019 está fuera de servicio), valor inferior a otras capitales como Bogotá, Santiago de Chile, Ciudad de México y Sao Paulo; que tiene por encima de los 800 millones de m³. El déficit del recurso hídrico para Lima se estima en 5 m³/s, cifra que ha incrementado como resultado del crecimiento poblacional (SEDAPAL, 2021a). Gran parte de este déficit se espera cubrir con el proyecto “Obras de Cabecera” (antes llamado Marca II); sin embargo, este megaproyecto, estimado en US\$480 millones (sin IGV), sigue en revisión por SEDAPAL y PROINVERSIÓN para su licitación mediante Asociación Pública Privada - APP.

Las fuentes principales de agua se originan en las cuencas de los ríos Rímac, Chillón, Lurín y parte de la cuenca alta del Mantaro. Al trasvasar parte de las aguas del Mantaro al Rímac, este río se convierte en el más importante, aportando en promedio el 70-75% de la oferta de agua. Además de las fuentes superficiales, se extrae agua subterránea a través de pozos operados por SEDAPAL y por empresas privadas. Aproximadamente, entre el 15% y 20% de la población de Lima Metropolitana es abastecida mediante pozos. Pero, en época de escasez de agua superficial, la explotación de agua subterránea se vuelve crítica, llegando a niveles de sobreuso, siendo esta una problemática latente. A raíz de ello SEDAPAL, desde el 2015, es la encargada de la

gestión y monitoreo del agua subterránea en Lima, una tarifa que le ha permitido contar con un ingreso adicional de 6%, equivalente a S/ 115 millones en el 2020.

Por otro lado, una de las razones de tener un Agua No Facturada – ANF del 29.4%, es que muchos municipios pican las tuberías de agua, extrayendo de forma ilegal, para regar sus parques y jardines. Por ello, algunos especialistas argumentan que en realidad no falta agua, sino que si se usa eficientemente y con mayor control sobraría el agua (TVPerú Noticias, 2021). Asimismo, el especialista comenta que los modelos de gestión en agua y saneamiento no están funcionando, en general, porque las empresas de agua responden a criterios políticos del alcalde de la ciudad o del gobernador de la región. Sin embargo, en el caso de SEDAPAL, muchas de sus operaciones ya están concesionadas, se mantiene la propiedad estatal, y se opera a través de una empresa privada con un contrato de concesión, de esta manera se cuenta con capacidad privada y ofrecer un servicio de agua de calidad (TVPerú Noticias, 2021).

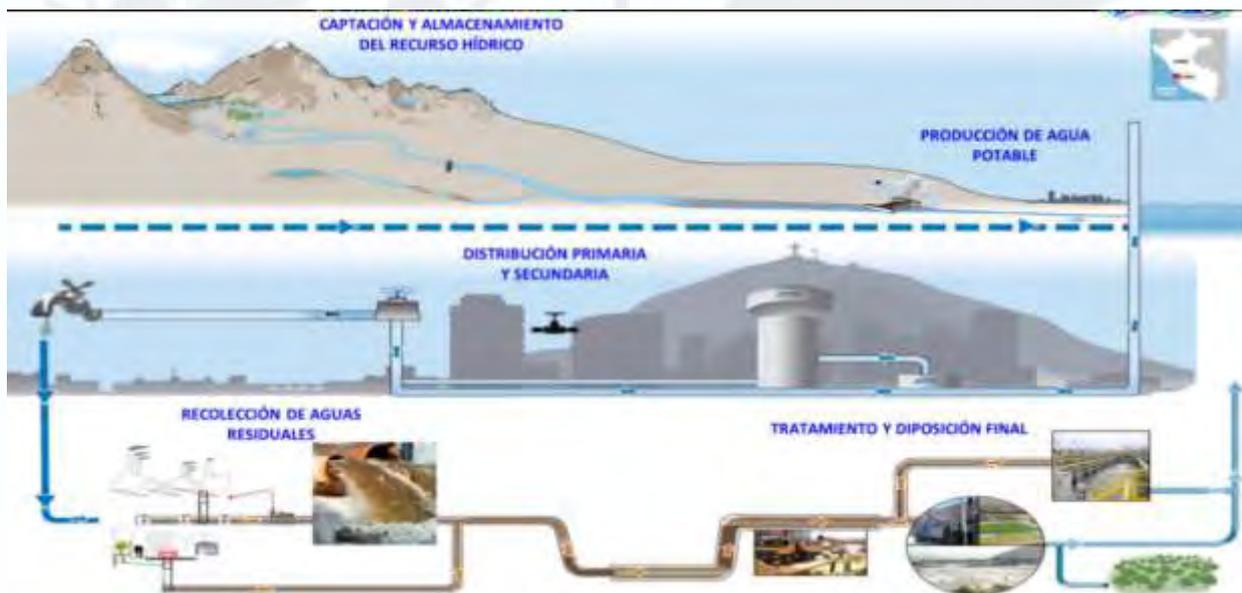
1.3 Modelo de Negocio

SEDAPAL desarrolla un conjunto de procesos para brindar el servicio de agua potable y alcantarillado a la población de Lima y Callao. El proceso se inicia con la captación y almacenamiento del recurso hídrico, continúa con la producción, bombeo y distribución de agua potable al usuario, culminando con la recolección de aguas residuales, su tratamiento y disposición final, tal como se muestra en la Figura 1. Para la captación y almacenamiento la empresa se abastece de 19 lagunas reguladas y tres represas (Antacoto, Huascacocha y Yuracmayo) que le permite almacenar un volumen de 331 millones de m³ y mantener un caudal del río Rímac en época de estiaje y asegurar así la continuidad del abastecimiento de agua. En la ciudad se capta agua superficial de los ríos Rímac y Chillón, y aguas subterráneas de los acuíferos de los ríos Rímac, Chillón y Lurín. La producción se realiza a través de tres plantas de tratamiento de agua potable: La

Atarjea, Huachipa y Chillón, con captación promedio de 17.5 m³/s (en total en sus dos bocatomas), 5 m³/s y 2 m³/s, respectivamente. Adicionalmente, se capta agua subterránea de 414 pozos (incluyendo 28 administrados por la concesión Consorcio Agua Azul). Cabe resaltar que en diciembre del 2020 entró a operar una planta desaladora de agua de mar con capacidad de 250 l/s en su fase inicial, ubicada en el distrito de Santa María del Mar. El sistema cuenta con un reservorio de 9,300 m³, una longitud de redes primarias de 9.4 km y está proyectado (en su etapa final) abastecer a la población de los distritos de San Bartolo, Santa María del Mar, Punta Negra y Punta Hermosa (SEDAPAL, 2020c).

Figura 1

Proceso de Servicio de Agua Potable y Alcantarillado



Nota. Tomado de “Memoria Anual 2020,” por SEDAPAL, 2020c

([https://www.sedapal.com.pe/storage/admin-forms/transparecy/proyecto-de-memoria-anual-](https://www.sedapal.com.pe/storage/admin-forms/transparecy/proyecto-de-memoria-anual-2020.pdf#:~:text=Es%20grato%20dirigirme%20a%20ustedes%20a%20fin%20de,conforme%20lo%20establece%20la%20Pol%C3%ADtica%20Nacional%20de%20Saneamiento)

[2020.pdf#:~:text=Es%20grato%20dirigirme%20a%20ustedes%20a%20fin%20de,conforme%20lo%20establece%20la%20Pol%C3%ADtica%20Nacional%20de%20Saneamiento](https://www.sedapal.com.pe/storage/admin-forms/transparecy/proyecto-de-memoria-anual-2020.pdf#:~:text=Es%20grato%20dirigirme%20a%20ustedes%20a%20fin%20de,conforme%20lo%20establece%20la%20Pol%C3%ADtica%20Nacional%20de%20Saneamiento)).

El sistema de distribución comprende las redes primarias y secundarias, estaciones reductoras de presión de agua, cámaras de bombeo y rebombeo, y los reservorios de

almacenamiento de agua para la regulación. A diciembre 2020, la empresa posee una longitud de 15,600 km de redes de agua potable habiéndose incrementado en 1,234 km en los últimos cinco años, tal como se muestra en la Figura 2.

Figura 2

Esquema de Distribución de Agua Potable



Nota. Tomado de “Memoria Anual 2020,” por SEDAPAL, 2020c

([https://www.sedapal.com.pe/storage/admin-forms/transparecy/proyecto-de-memoria-anual-](https://www.sedapal.com.pe/storage/admin-forms/transparecy/proyecto-de-memoria-anual-2020.pdf#:~:text=Es%20grato%20dirigirme%20a%20ustedes%20a%20fin%20de,conforme%20lo%20establece%20la%20Pol%C3%ADtica%20Nacional%20de%20Saneamiento)

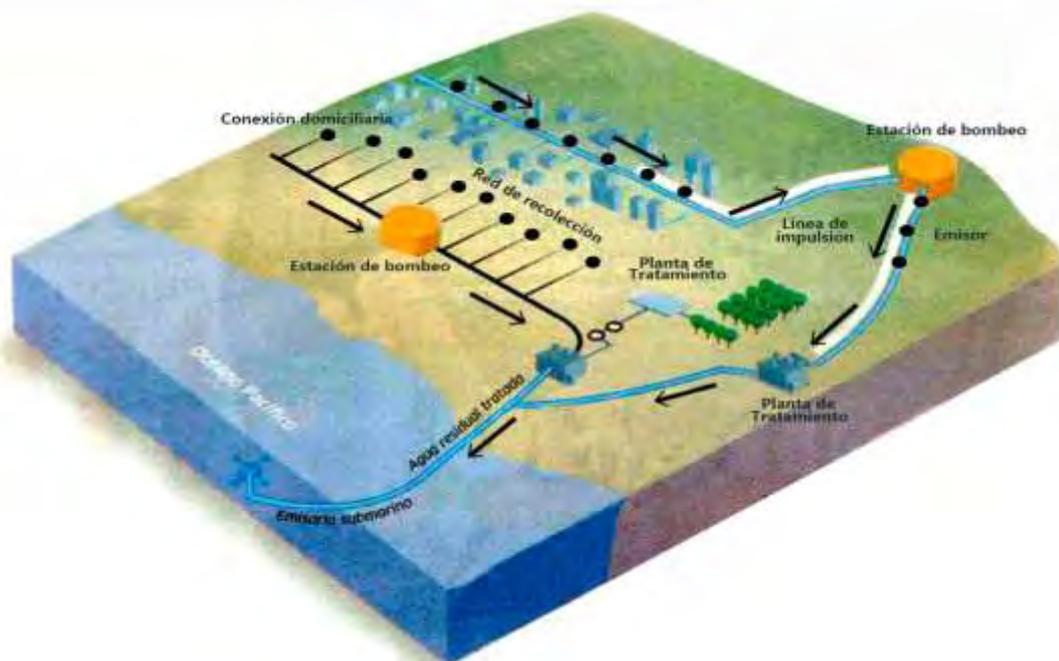
[2020.pdf#:~:text=Es%20grato%20dirigirme%20a%20ustedes%20a%20fin%20de,conforme%20lo%20establece%20la%20Pol%C3%ADtica%20Nacional%20de%20Saneamiento](https://www.sedapal.com.pe/storage/admin-forms/transparecy/proyecto-de-memoria-anual-2020.pdf#:~:text=Es%20grato%20dirigirme%20a%20ustedes%20a%20fin%20de,conforme%20lo%20establece%20la%20Pol%C3%ADtica%20Nacional%20de%20Saneamiento)).

SEDAPAL tiene bajo su administración los procesos de recolección, tratamiento y disposición final de las aguas residuales. El sistema de recolección involucra las conexiones de alcantarillado, la red de colectores primarios y secundarios que recolecta las descargas de agua, cámara de bombeo de desagües, líneas de impulsión y líneas de conducción que dirigen las descargas hacia las Plantas de Tratamiento de Agua Residuales

(PTAR). En total la empresa posee una longitud de 14,166 km de redes de alcantarillado bajo su administración, tal como se muestra en la Figura 3.

Figura 3

Esquema Típico del Sistema de Alcantarillado



Nota. Tomado de “Memoria Anual 2020,” por SEDAPAL, 2020c

([https://www.sedapal.com.pe/storage/admin-forms/transparecy/proyecto-de-memoria-anual-](https://www.sedapal.com.pe/storage/admin-forms/transparecy/proyecto-de-memoria-anual-2020.pdf#:~:text=Es%20grato%20dirigirme%20a%20ustedes%20a%20fin%20de,conforme%20lo%20establece%20la%20Pol%C3%ADtica%20Nacional%20de%20Saneamiento).)

2020.pdf#:~:text=Es%20grato%20dirigirme%20a%20ustedes%20a%20fin%20de,conforme%20lo%20establece%20la%20Pol%C3%ADtica%20Nacional%20de%20Saneamiento).

SEDAPAL cuenta con 20 PTAR, de las cuales 17 se encuentran bajo la administración directa de la empresa con tecnología de tratamiento de lodos activados, lagunas aireadas, lagunas de oxidación, filtro biológico y sistema combinado anaeróbico-aeróbico. Las otras tres plantas (Taboada, La Chira y Provisur) están concesionadas a empresas españolas que usan tecnologías de tratamiento preliminar avanzado cuyas aguas tratadas son vertidas al mar, sin ser aprovechadas hasta la fecha. En el 2020 se trataron un caudal de 20.9 m³/s, de los cuales el 81.9% corresponden al tratamiento de las PTAR

Taboada, La Chira y Provisur y el 18.1% (3.8 m³/s) restante a las otras plantas. Sin embargo, sólo el 3.6% (0.76 m³/s) viene siendo usada para el riego de parques y jardines, así como para cultivos; y 0.5 m³/s es reusada de forma indirecta por la Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) La Atarjea cuando se vierte al río Rímac. El Decreto Legislativo N° 1280, faculta a la empresa a comercializar las aguas residuales, habiéndose facturado un monto aproximado de S/ 163,700; lo que significa un ingreso adicional para la compañía (SEDAPAL, 2020c). De igual forma, también se comercializan las aguas residuales sin tratamiento, conforme indica la normativa vigente, habiéndose suscrito contratos, hasta la fecha, con las municipalidades de Miraflores y San Miguel, así como con la Asociación Civil Lima Golf Club. Además, se viene atendiendo el requerimiento de agua cruda por parte de otras organizaciones como la Universidad Nacional de Ingeniería, la Universidad Privada San Juan Bautista, entre otros (SEDAPAL, 2021a).

1.4 Misión, Visión y Valores de Sedapal

1.4.1 Misión

La misión de la compañía se presenta como “Brindar servicio de agua potable, alcantarillado, tratamiento y reúso de aguas residuales con altos estándares de calidad para satisfacer las necesidades de la población atendida por SEDAPAL” (SEDAPAL, 2020c, p. 10).

La misión es considerada el motivo o razón de ser de la empresa y tiene que responder a lo que pretende cumplir, hacer y para quién orienta sus esfuerzos. Influye en ella factores del entorno, recursos disponibles y sus capacidades distintivas. A continuación, se presenta un análisis desde la perspectiva y metodología aprendida con el profesor Rolando Arellano, dividida en dos partes con el objetivo de validar las siguientes preguntas:

- ¿Qué busca cumplir y hacer, y para quién? Brindar servicios de agua potable, alcantarillado, tratamiento y reúso; para la población atendida por SEDAPAL.
- ¿Cómo lo harán? Con altos estándares de calidad.

Se puede observar que la misión carece de una determinación clara en la primera pregunta, no responde de manera sólida qué busca cumplir y tampoco específica con claridad a quienes va dirigido. En línea con esto y buscando profundizar en este aspecto, se analizará en función de lo descrito por D'Alessio (2015), donde la misión debería responder preguntas orientadas a su elaboración, tal como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1

Determinaciones para la Elaboración de la Misión de una Empresa

Nº	Preguntas	Si se responde	No se responde
1	¿Quiénes son los clientes y/o consumidores de la organización?	X	
2	¿Cuáles son los principales productos que la organización produce?	X	
3	¿Dónde compite geográficamente la organización? ¿Cuáles son sus mercados?		X
4	¿Se encuentra la organización actualizada tecnológicamente?		X
5	¿Cuál es su solvencia financiera? ¿En qué situación se encuentra?		X
6	¿Cuáles son los valores, creencias, aspiraciones básicas y prioridades éticas?		X
7	¿Cuál es la mayor ventaja competitiva?	X	
8	¿La organización es sensible a problemas sociales, ambientales y con las comunidades?		X
9	¿Constituyen los empleados un activo valioso para la organización?	X	

Como recomendación, se considera importante que la empresa lleve a cabo un proceso estratégico interno que abarque la reformulación y reestructuración de la misión de la empresa. Se ha podido comprobar que dicha misión no responde cinco de las nueve

preguntas que debiera responder, lo que evidencia una inconsistencia y debilidad en este aspecto tan relevante para toda organización.

1.4.2 *Visión*

SEDAPAL define su visión de la siguiente manera: “En el año 2030, el ámbito jurisdiccional de SEDAPAL tiene una población superior a los 13 millones de habitantes, con una cobertura al 98% y continuidad de servicios las 24 horas de agua potable, alcantarillado y tratamiento de agua residuales” (SEDAPAL, 2021a, p. 34).

Esta parte del proceso estratégico de la organización es fundamental, dado que debe reflejar su propia definición deseada de su futuro respondiendo “¿qué quieren llegar a ser?”. No obstante, no basta sólo con fijar un horizonte futuro; adicional a ello, la organización debe ser capaz de comunicarlo de manera transversal y multinivel dentro de la compañía, buscando su interiorización y adopción de manera orgánica. En relación con esto, el enunciado de la compañía se analizó bajo la metodología propuesta por D’Alessio (2015), donde la visión debe cumplir con siete características esenciales (ver Tabla 2).

Tabla 2

Determinaciones para la Elaboración de la Visión de una Empresa

Nº	Preguntas	Sí	No
1	Simple, clara y comprensible	X	
2	Ambiciosa, convincente y realista	X	
3	Definida en un horizonte de tiempo que permita cambios	X	
4	Proyectada a un alcance geográfico	X	
5	Conocida por todos		X
6	Expresada de tal manera que permita crear un sentido de urgencia		X
7	Una idea clara desarrollada de a dónde desea ir la organización	X	

La compañía muestra una mejor estructuración de la visión, dado que cumple con cinco de los siete puntos propuestos.

1.4.3 Valores y Cultura

Los valores corporativos de acuerdo al informe de sostenibilidad el 2020 son:

- **Excelencia en el servicio:** busca los más alto estándares de calidad en la gestión de los procesos, ello con el fin de brindar servicios de calidad a sus clientes, enfocados en el logro de los resultados para superar las metas trazadas y mejorar continuamente su desempeño.
- **Compromiso:** ser un equipo comprometido con la satisfacción del cliente, así como en el desarrollo y crecimiento de sus colaboradores, siempre velando por la sostenibilidad de sus iniciativas y el servicio que brinda.
- **Integridad:** actúa basado en principios éticos para el cumplimiento de la visión, misión, valores y objetivos que les unen, siendo consecuentes, honestos, veraces y justos.
- **Innovación:** promueven el desarrollo de nuevas ideas y el cuestionamiento de nuestros procesos, buscan la mejora continua de ellos.

La empresa busca consolidar y fortalecer una cultura organizacional, con lo que logra afianzar pilares fundamentales sobre los cuales soportar los planes a futuro que tiene. No obstante, existen grandes desafíos en términos de comunicación interna y externa, fortalecimiento de una gobernanza interna y el intento por concretar un liderazgo que impulse la organización hacia el logro de los objetivos ambiciosos que se han trazado para los próximos años.

1.4.4 Objetivos de Largo Plazo

Los objetivos presentados en su memoria anual del 2020 son:

1. Alcanzar la cobertura universal de servicios de saneamiento en el ámbito de la empresa.
2. Garantizar la calidad y la continuidad en 24 horas de los servicios de saneamiento que administra SEDAPAL.
3. Lograr la sostenibilidad de los sistemas de saneamiento a la población que atiende SEDAPAL.
4. Asegurar la sostenibilidad financiera de la empresa.
5. Modernizar la gestión empresarial de SEDAPAL.

Estos objetivos se ven muy ambiciosos a cumplir, debido a que la población de Lima tiende a crecer significativamente y; además, la visión al 2020 fue que la empresa iba a abastecer de agua potable al 100% de la población y garantizar una continuidad de 24 horas. Sin embargo, se sabe que hoy en día la cobertura es del 93% con una continuidad de 21 horas.

1.5 Conclusiones

SEDAPAL al ser la empresa de saneamiento más grande del país y abastecer de agua al 40% del PBI del país, presenta grandes desafíos para lograr un abastecimiento de agua a una población en crecimiento, con pérdidas de agua por fugas, con mejoras en el modelo de gestión de la empresa, entre otros. Con respecto a este último, muchas de sus operaciones en SEDAPAL están concesionadas, sobre todo el tratamiento de agua residuales; sin embargo, muy poco se está reusando. En la capital solo el 3.8% de las aguas residuales tratadas se está usando para riego de parque y jardines y agricultura. Sin embargo, hay un potencial a corto plazo de usar al menos 3 m³/s para riego de parque y jardines de los municipios de Lima. Esto permitirá en contribuir con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y a la economía circular.

Capítulo II: Análisis del Contexto

En este capítulo se presenta el análisis del entorno tanto externo como interno de la empresa SEDAPAL.

2.1 Análisis Externo

2.1.1 Análisis *PESTE*

Este análisis permite evaluar el entorno de la industria lo que permitirá determinar las oportunidades y amenazas que aplican para este sector. Se evaluarán los siguientes aspectos: (a) político-legal, (b) económico, (c) social, (d) tecnológico, y finalmente (e) medioambiente.

Político-legal. En el Perú, la normatividad pública comienza con las leyes que emite el Congreso de la República y se desarrolla con los reglamentos emitidos por los ministerios. El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS) es la entidad del poder ejecutivo que diseña, norma, promueve, supervisa, evalúa y ejecuta la política sectorial, contribuyendo a la competitividad y al desarrollo territorial sostenible del país, en beneficio preferentemente de la población de menores recursos. El MVCS a través de su Dirección General de Asuntos Ambientales (DGAA) es el órgano responsable del monitoreo de efluentes de las PTAR y aprobación de los términos de referencia de los estudios de impacto ambiental para el tratamiento de las aguas residuales y su uso en el riego de áreas verdes urbanas.

El Ministerio del Ambiente (MINAM) fomenta la gestión eficiente de la calidad ambiental del aire, agua, suelo y del manejo de residuos sólidos y sustancias químicas. Asimismo, el MINAM es la autoridad ambiental responsable de establecer los Límites Máximos Permisibles para el tratamiento y uso de las aguas residuales. El Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI) a través de la Autoridad Nacional del Agua (ANA) es el organismo encargado de autorizar el vertimiento de aguas residuales

industriales, domésticas y municipales tratadas; y también de autorizar el reúso de aguas residuales industriales, municipales y doméstica tratadas.

El Ministerio de Salud (MINSA) a través de su Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) debe de dar una Opinión Técnica Favorable del sistema de tratamiento y disposición sanitaria de aguas residuales domésticas para vertimiento y reúso. La Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS) es un organismo público descentralizado que tiene la facultad exclusiva de aprobar la fórmula tarifaria, estructuras tarifarias y metas de gestión de las Empresas Prestadoras de Servicios de Agua y Saneamiento (EPS), incluyendo las relacionadas al tratamiento y uso de aguas residuales.

SEDAPAL se encuentra regido por la Ley General de Sociedades Ley 26887; además, se encuentra en el ámbito de la Ley 24984 – Ley de la Actividad Empresarial del Estado, modificada por Ley 27170 – Ley del Fondo Nacional de Financiamiento de la Actividad Empresarial del Estado - FONAFE. Al ser su único accionista, FONAFE define el régimen económico, financiero y laboral de la empresa, así como la relación con los diversos niveles de gobierno y sistemas administrativos (SEDAPAL, 2020c).

En diciembre 2016 se promulgó el Decreto Legislativo N° 1280 que aprueba la “Ley Marco de la Gestión y Prestación de los Servicios de Saneamiento”, que constituye el nuevo marco normativo orientado a la gestión eficiente de los prestadores y que determina los roles y competencias de las entidades públicas en materia de la prestación de servicios de saneamiento, lo cual permitirá lograr el incremento de la cobertura, el aseguramiento de la calidad y la prestación eficiente y sostenible de los servicios. Con respecto a saneamiento, en el artículo 2°, determina que el tratamiento de aguas residuales deja de ser un sistema más del servicio de alcantarillado, para convertirse en un servicio que comprende a los procesos de mejora de la calidad del agua residual proveniente del

servicio de alcantarillado para su disposición final o reúso. Asimismo, en el artículo 26° faculta a los prestadores de servicios de saneamiento para “comercializar” el agua residual tratada y sin tratamiento con fines de reúso a terceros a cambio de la correspondiente contraprestación.

Por otro lado, mediante el D.L. N° 1278 “Ley de Gestión Integral de los Residuos Sólidos”, en su quinta disposición complementaria final, indica que los lodos generados por las PTAP y PTAR, y otros servicios vinculados a la prestación de los servicios de saneamiento, son manejados como residuos sólidos no peligrosos, salvo que el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento diga lo contrario. Asimismo, mediante el D.S. N° 015-2017-VIVIENDA “Reglamento para el reaprovechamiento de los lodos generados de las PTAR”, señala en su artículo 6 que las EPS pueden comercializar biosólidos con fines de reúso. Igualmente, el Plan Nacional de Saneamiento 2017-2021, aprobado con el D.S. N° 018-2017-VIVIENDA, contribuye al logro de metas de diversos planes sectoriales, como la meta del MINAM en el Plan Nacional de Acción Ambiental 2011-2021, aprobada mediante D.S. N° 014-2011-MINAM, que es lograr el 100% de aguas residuales domésticas urbanas son tratadas y el 50% de éstas, son reusadas. Sin embargo, en Lima hasta ahora se viene tratando el 91.7% de las aguas residuales domésticas y se reusa solo el 3.8%, como veremos más adelante.

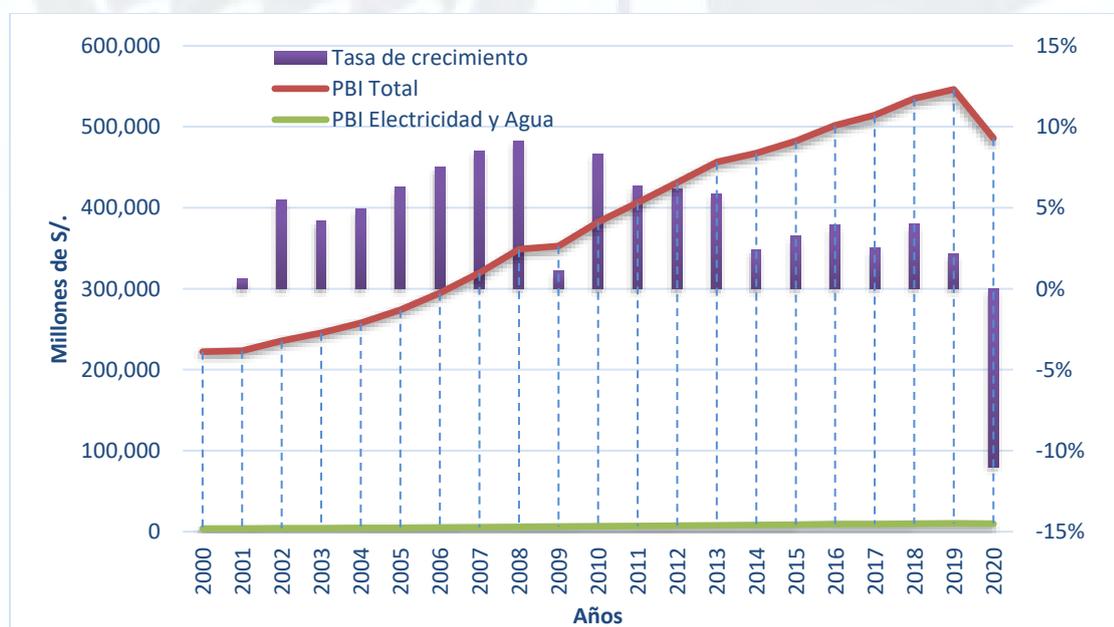
Cabe resaltar que SEDAPAL es un ejemplo de monopolio regulado por el Estado, ya que existen grandes barreras para la entrada de otros competidores por los elevados costos de inversión requeridos en infraestructura, por lo que se convierte en un monopolio natural. Es por ello, que las calificadoras de riesgo como Moodys and FitchRating dan condiciones de mercado para que SEDAPAL sea el único interlocutor en temas de agua potable y saneamiento en Lima, no hay forma de que pierda cuota de mercado porque es

un monopolio natural de mercado. La condición de monopolio puro da ciertas características de intervención en el mercado.

Económico. En el contexto económico, una de las principales variables macroeconómicas de análisis es el producto bruto interno (PBI), que representa el “valor total de la producción corriente de bienes y servicios finales dentro de un país durante un periodo de tiempo determinado” (BCRP, 2021). En el último siglo, la economía peruana ha tenido dos periodos que han marcado el desarrollo económico del país. En la Figura 4 se muestra la evolución del PBI desde el 2000 hasta el 2020; durante el periodo del 2002 al 2013, el PBI alcanzó un crecimiento promedio anual de 6.15%, debido al crecimiento de la economía china que impactó en los mercados mundiales, elevando el precio de las materias primas que exporta el Perú.

Figura 4

Perú: Producto Bruto Interno y Tasa Anual de Crecimiento 2000-2020



Nota. Adaptado de “BCRPData: Producto bruto interno y otros indicadores - PBI (millones S/) 2007,” por el BCRP

(<https://estadisticas.bcrp.gob.pe/estadisticas/series/anuales/resultados/PM04860AA/html>).

Los tratados de libre comercio (TLC) también favorecieron a las exportaciones; el crecimiento de la demanda interna producto de la mayor inversión pública y privada y el mayor consumo; y la implementación de importantes proyectos mineros (INEI, 2020). En el segundo periodo comprendido entre el 2014 y 2019, el crecimiento promedio anual del PBI fue de 3.04%, debido a la caída del precio internacional de las materias primas; esto provocó una reducción en la inversión privada y la desaceleración del consumo. Sin embargo, el país adoptó algunas políticas fiscales, monetarias y cambiarias que contribuyeron al crecimiento de la economía, aunque a un ritmo más lento (Barreda et al., 2021). En el 2020, el PBI decreció 11.1%, producto de la pandemia COVID-19.

El PBI del sector económico ‘electricidad y agua’ representa en promedio apenas el 1.76% del total en los últimos 20 años. Sin embargo, fue el sector con mayor crecimiento en la segunda década con 4%, seguido por agropecuario con 3.6% y servicios con 3.3% (BCRP, 2020). A pesar de que electricidad representa el mayor valor, en el 2019 el sector agua tuvo un crecimiento de 1.9%, el cual es explicado por la mayor producción de las empresas: SEDALORETO S.A. (5.7%), SEDAPAR S.A. (3.8%), SEDAPAL S.A. (2.6%); EPSEL S.A. y SEDALIB S.A. (2.2% cada una); mientras disminuyó de las empresas: SEDACHIMBOTE S.A (-1.9%) y EPS GRAU S.A. (-1.3%) (INEI, 2020).

En suma, el aspecto económico es una de las principales aristas que mueven el desarrollo del país y es importante entender los impactos que viene dejando la pandemia COVID-19. El Fondo Monetario Internacional (FMI, 2021), en su último informe *Perspectivas de la economía mundial*, estimó que la economía mundial crecerá 5.5% por la continuidad de los planes de reactivación económica en las principales economías. Por su parte, el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF) proyecta un crecimiento de 10% del PBI para el 2021, sustentado por la reactivación de actividades económicas que impactarán en la inversión, empleo y consumo (MEF, 2020).

Social. La tasa bruta de mortalidad en el Perú en el 2020 fue de 5.9 defunciones por cada 1000 habitantes, y se espera prevalezca debido al proceso de envejecimiento de la población (INEI, 2021). La esperanza de vida de la población peruana en las últimas tres décadas ha aumentado en cerca de 11 años, por lo que, de mantenerse constantes las condiciones de mortalidad del año 2020, los peruanos y peruanas vivirán, en promedio, 76.9 años (74.1 años los hombres y 79.5 las mujeres). La migración internacional al Perú tuvo un decrecimiento constante desde 1975 hasta el 2015, producto mayormente del ingreso de población venezolana al país, estimándose para el año 2020 una tasa de 2.7 por mil habitantes (INEI, 2021).

En cuanto a los servicios básicos en la vivienda, a nivel nacional se tiene que el 90.8% de la población cuenta con agua por red pública, y en Lima Metropolitana el 97.6% de los habitantes, quedando cerca de 800,000 personas sin acceso a una red pública. Mientras que en el caso del desagüe la cuarta parte (25.1%), de los hogares a nivel nacional carecen de un servicio adecuado de desagüe, de los cuales en Lima sólo el 3.4% de la población no cuenta con red de alcantarillado. Pero si se observa el área rural a nivel nacional, esta carencia sería casi generalizada ya que 78.6% de hogares no tiene un sistema de desagüe por red pública (INEI, 2021).

Un tema cultural que ocurre en la costa, en particular en Lima, es que normalmente las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) fueron ubicadas en zonas donde no existían viviendas; sin embargo, cuando se urbanizan, la gente termina queriendo desalojar a las plantas por el mal olor o el temor de traer epidemias. Por ejemplo, la PTAR José Gálvez en Villa María del Triunfo, en 20 años las viviendas han aumentado alrededor de la planta y su área agrícola se ha visto reducida por las viviendas, tal como se observan en la Figura 5 y Figura 6.

Figura 5

Vista de la PTAR José Gálvez y sus Alrededores en el 2002



Nota. Tomado de Google Earth

Figura 6

Vista de la PTAR José Gálvez y sus Alrededores en el 2021.



Nota. Tomado de Google Earth

Otro aspecto cultural importante es el reusó de las aguas residuales como input a la Plantas de Tratamiento de Agua Potable (PTAP), pero será necesario concientizar y educar a la población a que acepten estos nuevos retos de la gestión del recurso hídrico con la finalidad de aprovechar al máximo este escaso recurso (SEDAPAL, 2019a). En el caso de

la PTAP La Atarjea se está potabilizando cerca de 500 l/s de agua residuales tratadas de las PTAR Carapongo y San Antonio de Carapongo.

Tecnología. Las nuevas tecnologías cambiarán el tratamiento y la gestión del agua. Se trata de la biotecnología o la nanotecnología, o de ámbitos tecnológicos como el *internet de las cosas* (IoT en sus siglas en inglés), la robótica y la inteligencia artificial (IA), y cómo no, del tratamiento de los datos que precisamente algunas de estas nuevas tecnologías facilitarán cada día y cada hora de forma más masiva y a menor coste (Big Data). Se debe plantear cómo estas tecnologías pueden ayudar a la gestión de los recursos hídricos desde la perspectiva de los grandes desafíos que se deben superar, como el cambio climático, el crecimiento demográfico, el nexo agua-alimentación-energía, conflictos sociales, etc. Por ejemplo, la nanotecnología permitirá fabricar membranas y resinas para el tratamiento del agua, pero esto será fundamental si trabaja junto con la biotecnología, que crea nuevos sensores de muy bajo costo. Asimismo, el Big Data proporcionará los millones de sensores de bajo costo que se pueden incorporar a las infraestructuras del agua (Michel, 2019). Así pues, se vive un momento en el que tanto la transformación tecnológica como la preocupación por las condiciones ambientales, incluyendo la lucha contra la escasez de agua, favorece de forma clara la implementación de sistema de digitalización.

Ecológica o Medioambiente. Perú es uno de los países con mayor biodiversidad en el mundo, dotado de un extenso y variado territorio con una enorme cantidad de recursos naturales. Sin embargo, estos recursos no han sido usados para desarrollar una economía resiliente. En lugar de eso, a través de su historia, ha habido un patrón según el cual un determinado recurso desencadena un auge económico que es rápidamente seguido por la reducción de los recursos y el colapso (Castro, 2005). Algunos de los recursos que han experimentado estos ciclos de auge y colapso son: el guano de las islas (1850s -

1870s), salitre (1860s - 1870s), el caucho (1890s - 1910) y la anchoveta (1960s - 1970s).

El auge del sector agroindustrial duró más de siete décadas hasta que finalmente colapsó cuando se introdujo la Reforma Agraria de 1969 que redistribuyó los derechos sobre la propiedad de la tierra.

El calentamiento global está generando un cambio climático en el planeta, que tiene que ver más un entorno global, donde los países industrializados liberan más CO₂ a la atmósfera, perjudicando a países como el Perú. El mayor cambio se ve en la desaparición de los glaciares. Se estima que el Perú, los glaciares en promedio han retrocedido 40% desde 1969 al 2014, y en el caso de la región Lima se estimó en 60% la pérdida de la cordillera la Viuda (ANA, 2014). Asimismo, producto de este cambio climático, aparecieron por primera vez algas en los reservorios de SEDAPAL en el 2015. Esto trajo consigo que se genere un fondo de reserva en la tarifa de agua llamado “Reserva para la gestión de riesgos de desastres y adaptación al cambio climático”, que equivale al 3.8% de los ingresos totales de la empresa (SUNASS, 2015). En la nueva estructura tarifaria 2021-2026, se va a invertir S/ 100.9 millones en: la optimización de la gestión del riesgo de desastres, la PTAP Huachipa, sistema Marcapomacocha, un sistema de alerta temprana en el río Rímac, entre otros.

Así, Perú en su intento de ser considerado un país camino a ser desarrollado, se sometió a tratar de cumplir con las metas de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), que es una iniciativa impulsada por las Naciones Unidas para dar continuidad a la agenda de desarrollo tras los Objetivos de Desarrollo del Milenio. Estos ODS consta de 17 objetivos y 169 metas. El ODS 6 se refiere a “Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos”, y la meta 6.3 busca “De aquí a 2030, mejorar la calidad del agua reduciendo la contaminación, eliminando el vertimiento y minimizando la emisión de productos químicos y materiales peligrosos, reduciendo a la

mitad el porcentaje de aguas residuales sin tratar y aumentando considerablemente el reciclado y la reutilización sin riesgos a nivel mundial”. Esta meta hace denotar el reconocimiento del reúso de las aguas residuales. Si bien todos los ODS están vinculados al objetivo 6, se puede destacar una mayor relación en cuanto a agua residual tratada los siguientes ODS:

Tabla 3

ODS Vinculadas a Agua Residual Tratada

ODS 2: Hambre cero	El reúso de agua residual tratada y sus subproductos contribuyen a la producción de alimentos.
ODS 7: Energía asequible y no contaminante	Los subproductos del tratamiento de aguas residuales permiten generar energía para las propias plantas y la red. También puede constituir combustibles alternativos para la industria, cocina y alumbrado.
ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles	El tratamiento o reúso de las aguas residuales evita la contaminación de los cuerpos de agua. El saneamiento es básico para proporcionar un ambiente limpio y habitable

Nota. Tomado de “Plan Nacional de Saneamiento 2022-2026,” por MVCS, 2021

(<https://www.gob.pe/institucion/vivienda/informes-publicaciones/2586305-plan-nacional-de-saneamiento-2022-2026>).

Como se puede dar cuenta, reducir la brecha de agua y saneamiento es una meta muy ambiciosa para cumplir hasta el 2030, sabiendo que en el Perú sólo 75% de la

población urbana cuenta con servicio de desagüe y 7.5 millones de peruanos no cuenta con acceso a dicho recurso.

SEDAPAL viene desarrollando un proyecto de lucha contra el cambio climático a través del agua regenerada y la detección temprana contra el coronavirus. El proyecto consiste en la transferencia de conocimientos y capacidades por parte de la empresa de agua española Isabel II, en la detección temprana del virus Sars-CoV-2 en las aguas residuales y en la optimización del modelo de gestión de las aguas residuales para el aprovechamiento del agua regenerada y los residuos generados, todo ello respaldado por un programa de benchmarking europeo, que permitirá contrastar las capacidades y rendimiento del proyecto a través del diálogo en esta plataforma. Con ello la empresa espera mejorar la gestión técnica, operativa y comercial para el reúso de aguas residuales tratadas y sin tratamiento y lo que a economía circular se refiere, así como su monitoreo y control de calidad. Asimismo, desarrollar métodos y modelos estadísticos efectivos aplicados en el monitoreo y detección del Sars-CoV-2 en aguas residuales y conocer los sistemas de automatización aplicados en el proceso de monitoreo y detección temprana del virus Sars-CoV-2 en las aguas residuales y en el proceso de gestión de las PTAR (SEDAPAL, 2021b).

2.1.2 Oportunidades y Amenazas

Como resultado del análisis PESTE, se ha identificado un grupo de oportunidades y amenazas que podrían afectar el desempeño de SEDAPAL.

Oportunidades. El siguiente es el listado de las oportunidades detectadas:

- Marco legal vigente que permite a las EPS la comercialización de aguas residuales tratadas.

- Se prevé para los próximos cinco años la construcción de la PTAR La Atarjea, para el tratamiento de las aguas del canal Surco, para luego ser reusado para parques y jardines.
- Las nuevas tecnología como la biotecnología o la nanotecnología, o de ámbitos tecnológicos como el Big-Data, IoT, la robótica y la IA pueden ayudar a una mejor gestión del agua.
- Existe fondos de reserva para la gestión de riesgos de desastres y adaptación al cambio climático, que le permitirá a SEDAPAL invertir en proyectos de optimización para la gestión del riesgo de desastres en la PTAP Huachipa y sistema Marcapomacocha. Así como sistemas de alerta temprana en el río Rímac.
- La puesta en marcha de la primera planta desaladora en Santa Maria del Mar genera expectativas por la novedad en el país y la oportunidad de replica que podría tener la experiencia en otras ciudades costeras.
- La población está cada vez más consciente del cambio climático y su implicancia en la escasez de agua. Sin embargo, se debe continuar convocando a los medios de comunicación para impulsar campañas informativas sobre el cuidado y uso racional del agua potable.

Amenazas. El siguiente es el listado de las amenazas detectadas:

- Los ríos Rímac y Chillón son de los más contaminados del país y de Sudamérica.
- La inestabilidad política genera cambios constantes en el gabinete, lo cual repercute en cambios en el directorio y por tanto en la alta gerencia. Asimismo, genera una contracción de la economía y, por lo tanto, menores inversiones en el sector agua y saneamiento.
- Desaceleración económica debido a la pandemia de la COVID-19.

- Dirigentes vecinales y la organización denominada los sin agua, convocan periódicamente movilizaciones públicas para reclamar por obras para sus zonas, estén programadas o no por la empresa.
- La vulnerabilidad de las fuentes de agua para Lima, supeditado a los fenómenos naturales con el riesgo de que no se alcancen adecuados niveles de almacenamiento en las zonas altoandinas.
- Los pro privatizadores podrían reactivar el tema en el contexto político, con lo cual destacan las debilidades de la empresa para sustentar la supuesta necesidad de pasarla a manos del sector privado.
- El temor a un incremento tarifario siempre estará presente en la población.

2.2 Análisis Interno

El análisis interno de la organización representa un elemento fundamental en el desarrollo del presente trabajo, debido a que permite identificar con mayor claridad aquellas fortalezas y debilidades propias con objetivo de estructurar una estrategia integral que brinde las herramientas necesarias a la empresa de cara a los objetivos establecidos. Por tal motivo, se procede a analizar las principales áreas como la Administración, Marketing, Operaciones, Finanzas, Recursos Humanos, Sistemas de Información y Tecnología.

2.2.1 Administración

SEDAPAL gira en torno a la prestación del servicio de agua potable y alcantarillado a las provincias de Lima y Constitucional del Callao. En esta línea, la empresa tiene un núcleo administrativo y operacional que garantiza el funcionamiento de sus operaciones. SEDAPAL cuenta con una Junta General de Accionistas conformada por representantes del Estado, designado por el FONAFE. Un directorio encabezado por un presidente del directorio, y cinco miembros designados por FONAFE. Debajo del directorio se encuentra

la gerencia general. El gerente general es el funcionario ejecutivo de mayor jerarquía y ejerce la representación legal para la administración y gestión de la empresa. El gerente general es designado por el directorio para ejercer las facultades que indica la Ley General de Sociedades y el Estatuto Social. Debajo de la gerencia general se ubican doce gerencias: recursos humanos, finanzas, logística y servicios, asuntos legales, desarrollo e investigación, proyectos y obras, producción primaria, gestión de aguas residuales, comercial, servicios norte, servicios centro y servicios sur. A continuación, se reseñarán las principales funciones de la empresa según su organigrama (ver Figura 7).

Figura 7

Organigrama General de SEDAPAL



Nota. Tomado de “Organización Sedapal,” por SEDAPAL, 2021

(<https://www.sedapal.com.pe/paginas/organizacion>).

2.2.2 Marketing

SEDAPAL cuenta con un modelo de gestión que se basa en la estandarización de los procesos para controlar la cadena de valor. Para ello, la empresa cuenta con

certificación ISO 9901, 14001, 17025 y OHSAS 18001. SEDAPAL cuenta con diferentes canales de comunicación para atender a sus *stakeholders*. Para los clientes los mecanismos son: la línea telefónica Aquafono, centro de atención presencial, página web, Facebook, Twitter; aplicación para celulares, entre otros. Para la comunidad se tiene audiencias públicas, talleres, páginas web. Para los colaboradores se tiene correos electrónicos, intranet, boletín virtual, reuniones de avances, etc. Para el Estado y gobiernos locales, correos electrónicos, eventos interinstitucionales, etc. Para los medios de comunicación, los mecanismos son: correos electrónicos, notas de prensa y comunicados, redes sociales. Finalmente, para los proveedores y contratistas los mecanismos son: correos electrónicos, comunicaciones escritas formales (SEDAPAL, 2020b).

2.2.3 Operación

En cuanto a investigación y desarrollo, en SEDAPAL desarrollaron actividades de investigación, innovación y normalización con el objetivo de responder a las necesidades y oportunidades tecnológicas, así como ampliar el know-how del personal técnico en las diferentes áreas de especialización de la empresa. Las acciones de investigación e innovación se realizaron con los colaboradores de la empresa y participación del sector privado, universidades y agencias de cooperación técnica internacional. Como producto final se publica una norma, ficha o especificación técnica con el nuevo producto o proceso mejorado, con el fin de ser implementado en la organización (SEDAPAL, 2020b).

2.2.4 Finanzas

La gestión financiera de SEDAPAL en el 2020 fue conservadora. A finales del primer trimestre, el Estado peruano declaró emergencia sanitaria e inmovilización social obligatoria producto de la pandemia ocasionada por el COVID-19. En ese sentido, y con el fin de reducir el impacto económico a nivel nacional y, sobre todo de los hogares más vulnerables, se emitió un decreto de urgencia que estableció garantizar la continuidad de

los servicios de saneamiento y flexibilizar el cobro de las facturas del servicio de agua potable. Esta flexibilización implicó la posibilidad de pagar las facturas en 24 meses sin aplicar intereses moratorios ni compensatorios, así como cargos fijos a recibos fraccionados (SEDAPAL, 2020b).

Con el fin de contrarrestar esta caída en la facturación, se dispuso, desde el mes de abril de 2020, la liberación de los Fondos de Inversiones y de Reserva por Mecanismos de Retribución de Servicios Ecosistémicos, Gestión de Riesgos de Desastres y Adaptación al cambio climático dispuesto por la SUNASS, para poder asumir los gastos de operación y mantenimiento durante la emergencia sanitaria. De este modo, en SEDAPAL utilizaron entre abril y noviembre S/ 735.2 millones de soles de los recursos del Fondo de Reserva, equilibrando así la liquidez sin tener la necesidad de recurrir a líneas de crédito para caja operativa.

El margen de ganancias antes de intereses, impuestos, depreciación y amortización (EBITDA por sus siglas en inglés) de 2020 fue más bajo que los años anteriores, debido a los menores ingresos registrados por la facturación, ocasionados por la suspensión de pago durante marzo y junio, cuyo decrecimiento fue mayor a los costos de servicios, gastos de administración y ventas, que reduce el nivel de endeudamiento de SEDAPAL frente a nuevos préstamos por concertar. Se espera que en 2021 vuelva a los márgenes de ganancias positivas.

2.2.5 Recursos humanos

La empresa cuenta con un equipo de 2,636 personas, conformado por 75% hombres y 25% mujeres, de los cuales el 94% se ubica en Lima y el 49% tiene de 51 años a más. Asimismo, SEDAPAL tiene un plan anual de fortalecimiento de capacidades, y los temas de los cursos tiene que ver con gestión, técnicos, seguridad y salud en el trabajo, desarrollo humano y actualización profesional/técnica. Cuentan con programas de formación con el

Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción (SENCICO) y el Servicio Nacional de Adiestramiento en Trabajo Industrial (SENATI), así como viajes de capacitación al extranjero con apoyo de la cooperación internacional. En el 2020, a pesar de la pandemia se logró una cobertura del 61.22% de colaboradores con 41.83 horas hombre promedio y con un grado de aprendizaje del 85.73% (SEDAPAL, 2020b).

La organización actual para la gestión de aguas residuales tratadas es limitada, a pesar de ello se está gestionando tanto en la parte administrativa (gestión de factibilidades técnicas, gestión de convenios o contratos para el reúso, gestión de instrumentos de gestión ambiental y gestión del cumplimiento de contratos) como la parte técnica (evaluación y adaptación de la calidad de las aguas residuales aptos para el reúso). En la Figura 8 se muestra la estructura organizacional de la Gerencia de Gestión de Agua Residuales (SEDAPAL, 2019a).

Figura 8

Estructura Organizacional de la GGAR



Nota. Tomado de “Informe N° 019-2019-GGAR/GDI,” por SEDAPAL, 2019.

2.2.6 Sistemas de Información y Tecnología

El sistema de tratamiento de agua potable es automatizado y cuentan con un sistema de control de supervisión y adquisición de datos (SCADA por sus siglas en inglés) para hacer seguimiento y monitoreo a sus unidades operativas desde la captación de agua hasta la salida a la red de distribución.

Las redes sociales y las aplicaciones móviles son cada vez más usadas por empresas que brindan servicios al cliente. Más aun con la llegada del COVID-19, instituciones y/o empresa referidos al agua han implementaron sus plataformas virtuales para atención al cliente. En el caso de SEDAPAL esta plataforma le permite realizar actividades comerciales: reclamos virtuales, solicitudes de nuevas conexiones de agua y alcantarillado, pagos y consultas de recibos, financiamiento de las deudas, Aquafono y Whatsapp, redes sociales y chat virtual.

Asimismo, la empresa viene implementado una plataforma para una gestión eficiente del agua de Lima y Callao, a través del software HydroBID. Esta herramienta hace uso de algoritmos de inteligencia artificial para el análisis de Big Data proveniente de los modelos hidrológicos de agua superficial, subterránea y de la red de estaciones hidrometeorológicas, permitiendo la actualización de balances hídricos en las cuencas de interés, y contar con nuevas simulaciones para analizar diferentes escenarios de cambio de oferta y demanda de agua. Con ello pretenden lograr un sistema de soporte operativo para la toma de decisiones para el abastecimiento de agua de Lima y Callao (SEDAPAL, 2021b).

Finalmente, SEDAPAL está en conversaciones para usar sistema basados en satélites que puedan detectar agua y desagüe en el suelo y depresiones en el asfalto que puede ser una señal para fugas. Estos sistemas son Rheticus Network Alert y Utilis, los cuales permite un mantenimiento reactivo proactivo en redes de agua y alcantarillado.

2.2.7 Fortalezas y Debilidades

La matriz de factores internos muestra las principales fortalezas y debilidades identificadas dentro de la compañía (ver Tabla 4). Se puede observar un total de 11 factores, de los cuales seis son fortalezas y cinco debilidades.

SEDAPAL tiene un promedio total de 2.54 que indica que la empresa está justo en el promedio del uso de sus fortalezas internas totales. Si bien SEDAPAL ha mejorado su sistema de contratación para agilizar su plan de inversiones, así como contar con herramientas tecnológicas para la gestión de la cuentas y servicio de atención al público; sin embargo, todavía es concebida como una empresa lenta en sus inversiones y con deficiencias en la comunicación interna, ya que se ha observado que las áreas no conversan entre ellos; al ser una empresa tan grande, no han llegado a consolidar un grupo humano unido. Asimismo, se observa faltas en atención a emergencias, como corte de agua, roturas de tuberías de desagüe, etc. Finalmente, se requiere una mejor comunicación interna para resaltar los logros de la empresa hacia sus stakeholders, principalmente los trabajadores y proveedores de servicios.

2.3 Conclusión

Existe un marco legal propicio para el reúso de aguas en el país por parte de las empresas de agua. Si bien existen muchas instituciones involucradas en el tema de saneamiento, se requiere una mayor coordinación entre ellas para poder desarrollar este tipo de proyectos. Por otro lado, se tiene un 25% de la población que no cuentan con una red de alcantarillado y se requiere hacer mayores inversiones en PTAR para reducir la contaminación del agua y cerrar esta brecha. Asimismo, la empresa al ser la más grande del país, recibe constantemente apoyo de la cooperación para desarrollar tecnologías y mejoras en modelo de gestión, logrando así ser una empresa modelo para el país y la región. Sin embargo, queda todavía unas mejoras en cuanto a atención oportuna a emergencias y contar con un buen sistema de comunicación interna como externa.

Tabla 4*Matriz de Factores Internos (MEFI) de SEDAPAL*

Factores determinantes de éxito	Peso	Valor	Ponderación
Fortalezas			
1 Sedapal es la EPS más grande del país y cuenta con tecnología, capacidad operativa y técnicos calificados.	0.10	4	0.40
2 Modelo de gestión con estándares ISO y OHSAS	0.10	3	0.30
3 Sistema de atención a través de plataformas virtuales	0.08	3	0.24
4 Herramientas tecnológicas de IA y Big Data para actualizar balances hídricos de interés	0.05	4	0.20
5 Solidez financiera que le permite acceder a créditos internacionales	0.08	3	0.24
6 Gestión empresarial moderna y uso de mecanismos innovadoras para la consecución de su plan de inversiones, como APP, convenio con la Oficina de las Naciones Unidas de Servicios de Proyectos (UNOPS), acuerdos de Gobierno a Gobierno, entre otros.	0.14	4	0.56
Subtotal	0.55		1.94
Debilidades			
1 Procesos de contratación lentos y cuestionados por diversos agentes, logrando un tiempo de espera por proyecto de 10.4 años en promedio	0.10	1	0.10
2 Prejuicio instalado en el imaginario colectivo de que toda empresa pública es sinónimo de deficiencia y burocracia	0.07	1	0.07
3 Falta de capacidad para atender adecuada y oportunamente las emergencias operativas que se presentan	0.07	2	0.14
4 Falta de compromiso y de involucramiento con la naturaleza del servicio que brinda Sedapal departe de empresas contratista	0.08	2	0.16
5 Comunicación interna deficiente no permite involucrar al personal con los logros y avances de la empresa, desaprovechando además una oportunidad para obtener con ellos un efecto multiplicador de los mismos	0.13	1	0.13
Subtotal	0.45		0.60
Total	1.00		2.54

Nota. 4 = Fortaleza mayor; 3 = Fortaleza menor; 2 = Debilidad menor; y 1 = Debilidad mayor.

Capítulo III: Definición del Problema

En este capítulo se presenta el problema central que se quiere abordar, así como la oportunidad que tiene la empresa.

3.1 Problema Central

El principal problema por destacar es que desde la publicación del Plan Nacional de Acción Ambiental – PLANAA 2011-2021, a la cual SEDAPAL se ha adscrito, no se está cumpliendo con una de las metas prioritarias en agua es: “que el 50% de las aguas residuales tratadas urbanas sean reusadas”. Además de tener un reúso muy bajo, no se está logrando llegar a los estándares de calidad, ni comercializar adecuadamente los 3.8 m³/s de agua residual tratada.

Antes del 2016, la tecnología, personal y el *know how* con que contaba SEDAPAL hacía imposible que se llegue a hacer un tratamiento de aguas residuales. Además, era difícil bancarse con procesos de licitación en PTAR. Haciendo que una de las alternativas únicas sea invertir en mega plantas como la PTAR Taboada y La Chira; sin embargo, ambas PTAR han llegado a su máxima capacidad, y se está avanzando en ampliar sus capacidades.

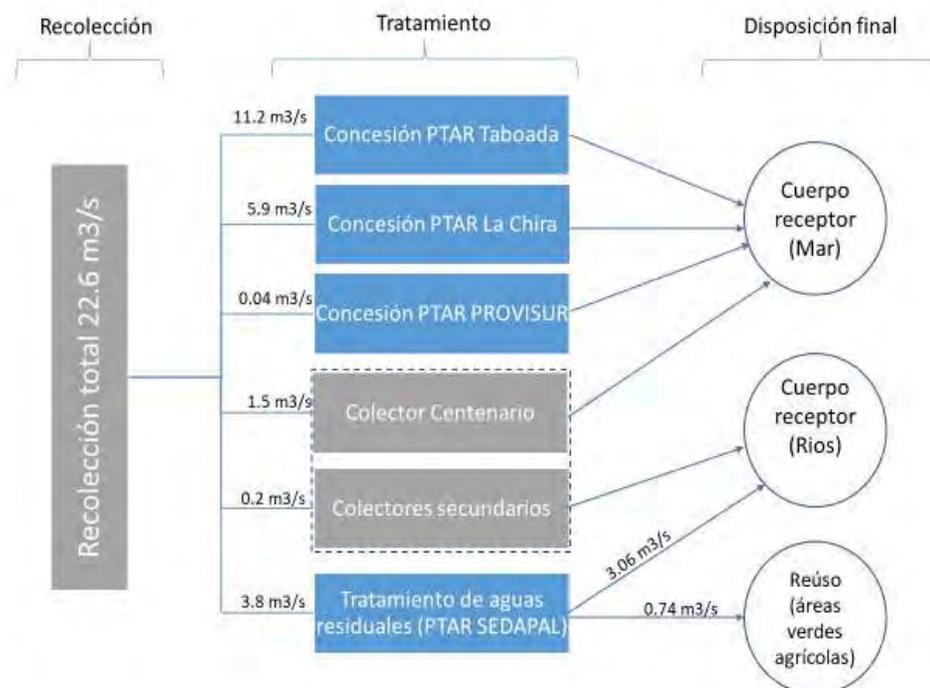
La recolección de aguas residuales en Lima es de aproximadamente 22.6 m³/s de los cuales 92% (20.9 m³/s) reciben tratamiento, mientras que el 8% (1.7 m³/s) son vertidos al cuerpo receptor sin tratamiento alguno. Se espera que en los próximos cinco años se llegue al 100% de tratamiento (SEDAPAL, 2019a). De los 20.9 m³/s que trata SEDAPAL, 17.14 m³/s se tratan en plantas concesionadas y 3.8 m³/s en las plantas administradas por la empresa, tal como se observa en la Figura 9.

Las plantas concesionadas descargan sus aguas semitratadas al mar, a través de emisor submarino de 3 km aproximadamente, aunque dado el crecimiento continuo de población en Lima, esta no sería una solución sostenible a largo plazo. Por lo que existe

una enorme oportunidad de usar al menos una parte de estas aguas para su reúso previo, de tratamiento secundario y terciario, pero el problema es que estas mega plantas están ubicadas al borde del mar, sin posibilidad de reúso por gravedad. Se debe evaluar la posibilidad de transportar esta agua a una PTAR a través de camiones cisterna o instalar una bomba para impulsar el agua hacia una PTAR y luego reusar en los parques y jardines de los municipios del Callao y Chorrillos o venderlas a industrias.

Figura 9

Macroprocesos de las Aguas Residuales



Nota. Adoptado de "Informe N° 019-2019-GGAR/GD", por SEDAPAL, 2019

Con respecto a las aguas residuales tratadas (ART), SEDAPAL actualmente viene administrando 17 plantas con diversos sistemas de tratamiento como lodos activados y lagunas anaeróbicas; asimismo, la mayoría tiene un sistema terciario de desinfección, aunque en la práctica muchas están sobrecargadas, como se verá más adelante. En total se viene tratando 3,882 l/s, siendo los de mayor tratamiento San Bartolo, Puente Piedra,

Ventanilla y San Juan. En la San Pedro de Lurín, San Bartolo, Pucusana, Santa María 2, San Juan, Huáscar y José Gálvez.

Tabla 5 se observa las 17 plantas, de las cuales sólo 10 están usando parte de sus aguas para reúso, las cuales son: Santa Rosa, Santa Clara, Manchay, San Pedro de Lurín, San Bartolo, Pucusana, Santa María 2, San Juan, Huáscar y José Gálvez.

Tabla 5

Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales y Caudal de Tratamiento a Noviembre del 2021

N°	PTAR	Sistema de tratamiento	Tratamiento terciario	Q tratamiento promedio 2021 (l/s)
1	Puente Piedra	Lodos activados	Desinfección	818
2	Ventanilla	Lagunas anaeróbicas, lagunas aireadas, sedimentación y pulimento	Desinfección	374
3	Ancón	Lagunas de oxidación	Desinfección	64
4	Santa Rosa	Filtros percoladores	Desinfección	8
5	Santa Clara	Lodos activados	Desinfección/Filtración	247
6	Carapongo	Lagunas anaeróbicas, lagunas aireadas y sedimentación	Desinfección	323
7	San Antonio	Lodos activados	Desinfección	146
8	Cieneguilla	Lodos activados-convencional	Desinfección	64
9	Manchay	Lodos activados-secuencial	Desinfección/Filtración	78
10	J.C. Tello	Lagunas anaeróbicas, lagunas aireadas y sedimentación	Desinfección	32
11	San Pedro de Lurín	Lagunas anaeróbicas y lagunas aireadas	No tiene	41
12	San Bartolo	Lagunas aireadas, sedimentación y lagunas de pulimento	Desinfección/Lagunas pulimento	1,115
13	Pucusana	Lagunas de oxidación	No tiene	2
14	Santa María 2	Lodos activados	Desinfección/Filtración	5
15	San Juan	Lagunas aireadas, sedimentación y lagunas de pulimento	Desinfección/Lagunas pulimento	355
16	Huáscar	Lagunas anaeróbicas, lagunas aireadas y sedimentación	Desinfección/Lagunas pulimento	88
17	José Gálvez	Reactores anaeróbicos, lagunas aireadas y sedimentación	Desinfección	123
	Total caudal tratado en plantas administradas por SEDAPAL			3,882
18	Taboada	Preliminar avanzado		11,130
19	La Chira	Preliminar avanzado		5,900
20	Provisur	Lodos activados	Desinfección/Filtración	42
	Total caudal tratado en plantas incluidas concesionadas (promedio 2021)			20,954

Nota. Basado en entrevista con especialista del equipo de agua residuales de SEDAPAL.

En la Tabla 6 se muestra el estado actual de las ART y el caudal de reúso que SEDAPAL viene otorgando a los usuarios o terceros. De los 3,882 l/s que se tratan, sólo se están reusando 761.2 l/s, el cual representa el 20%, pero si se considera el total de agua tratadas, incluyendo las concesionadas, sólo se estarían reusando 3.6%, con lo cual se demuestra que no se ha cumplido con el Plan Nacional de Acción Ambiental 2011-2021, que es lograr el 50% de reúso de aguas residuales domesticas tratadas. Cabe señalar que las PTAR Carapongo y San Antonio de Carapongo no suministran a ningún usuario y sus aguas tratadas se vierten al río Rímac para luego ser potabilizado en la PTAP La Atarjea.

Igualmente, al observar el estado actual de los convenios o contratos, sólo cinco usuarios de 21 tienen un convenio vigente, los demás esta por regularizar, ya que cada usuario tiene una historia aparte, sobre todo en llegar un acuerdo para el pago de la tarifa de agua residual. Por ejemplo, en el caso de la PTAR Huáscar no se cobra porque el Servicio de Parques de Lima (SERPAR) le cedió una parte del terreno para construir la planta y a cambio de darles agua tratada gratuita, es decir, hubo un tema de canje. Asimismo, en el caso de la PTAR Santa Clara, SEDAPAL, antes del D.L. N° 1280, ofreció al comité de regantes del canal Ate, agua residual tratada de la planta de forma gratuita a cambio de que no usen el agua del río Rímac. Sin embargo, con el D.L. N° 1280, SEDAPAL quiere llegar a un acuerdo de contraprestación, pero el comité no tiene intención de pagar.

Iago Masias es uno de los principales usuarios individuales que tiene SEDAPAL, pero siempre se queja de que el agua entregada de la PTAR San Bartolo está más cerca de ser cruda, por lo que tiene que hacer un tratamiento adicional para la producción de sus cultivos de tallo alto. En realidad, casi todas las plantas no cumplen con estándares mínimos de calidad, como se detallará más adelante.

Tabla 6*Estado de las Aguas Residuales Tratadas que Están Reusando*

N°	PTAR	Usuario	Documento legal	Q reusado 2021 l/s
1	Huáscar	SERPAR Parque Huáscar	Convenio no incluye contraprestación (se está trabajando un proyecto con los juegos panamericanos para suministrar agua residual tratada)	40.0
		Municipalidad Villa El Salvador	Se emitió viabilidad, municipio tiene un proyecto de surtidor de aguas residuales tratadas	-
		lago Masías	Contrato suscrito en agosto del 2020	80.0
2	San Bartolo	PRINSUR	Contrato suscrito en el 2019 no reúsan a la fecha	-
		Regantes zona de conducción de agua tratada	Sin trámite formal	6.0
3	San Juan	Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento	Convenio para adecuar	20.0
		SERPAR Parque Huayna Cápac	En proceso de suscribir contrato	71.2
		Municipalidad San Juan de Miraflores	Convenio vencido. Tercero no cumple con la contraprestación, en proceso de suscribir contrato	20.0
		Regantes CP-02	En proceso de suscribir contrato; sin embargo, no están de acuerdo con la tarifa por lo que podría dilatarse las gestiones	124.0
4	Santa María 2	Regantes Los Sauces		-
		Regantes Canal CP-03		10.0
5	Santa Clara	Asociación de Propietarios Santa María	Contrato vigente suscrito el 2017	4.4
		Comité de Regantes	Convenio vencido, en proceso de formalización, limitante: tarifa elevada para el comité	250.0
6	Santa Rosa	Municipalidad de Santa Anita	Se emitió factibilidad	-
		Club La Unión	Evaluación del ESPS por contraprestación con terreno	7.7
7	San Pedro de Lurín	Regantes Lechuceros	Sin trámite formal, calidad no es adecuada para reúso	40.6
8	Pucusana	Canal de Regadío	Calidad no es apta para reúso	1.8
9	José Gálvez	Municipalidad Villa María del Triunfo	Se emitió factibilidad	-
		Regantes	Reúso no formal, estamos en proceso de formalización	45.6
		Municipalidad de Pachacámac	Se emitió factibilidad	-
10	Manchay	Regantes junta de usuarios Lurín	Se ha entablado mesa de dialogo (diciembre) con reusantes y estamos en la búsqueda del convenio que indican los reusantes	40.0
Total Reúso				761.2

Nota. Basado en entrevista con especialista del equipo de agua residuales de SEDAPAL.

La PTAR San Bartolo fue construido con el proyecto Mesías, con financiamiento japones y se expropiaron 400 hectáreas para desarrollar el gran sistema de agua residuales de Lima; sin embargo, los terrenos no están a nombre de SEDAPAL, nunca se traspasaron; y actualmente tiene serias contingencias legales porque la Inmobiliaria Almonte S.A.C, que figura como propietaria del terreno, está haciendo un juicio a SEDAPAL para desalojarlos de la zona. En términos estratégicos se puede perder la PTAR más grande, y en términos de riesgo sería primero sanear el terreno y luego ver cómo tratar el agua. En realidad, varios terrenos donde se encuentra la PTAR tienen serias contingencias de saneamiento físico legal, por lo que la administración de SEDAPAL ha priorizado el saneamiento.

En la Tabla 7 se muestra el estado actual de las Aguas Residuales Sin Tratamiento (ARST) o agua cruda que SEDAPAL suministra de los colectores a entidades o terceros como la empresa Capital Water que, mediante una alianza pública-privada (APP) con los municipios de Miraflores, San Miguel y el Callao, se encargan de la inversión y O&M de la PTAR para el riego de sus áreas verdes. A pesar de que poseen convenios vigentes, tienen problemas con el pago de la tarifa. De igual manera con SERPAR se tiene tres convenios por regularizar, ya que ellos no quieren pagar la tarifa, por ser una entidad pública. En total se viene reusando 92.9 l/s, de los cuales un 63% usa Capital Water.

Con respecto a la calidad de tratamiento, 9 de las 17 PTAR que están a cargo de SEDAPAL se encuentran con sobrecarga orgánica, lo que incide en la disminución de la eficiencia de tratamiento (Puente Piedra, Ventanilla, Ancón, Santa Clara, Carapongo, San Antonio de Carapongo, J.C. Tello, San Pedro de Lurín, y José Gálvez). Varias plantas fueron diseñadas con un volumen de tratamiento; sin embargo, los colectores traen mayor agua de lo permitido, posiblemente porque hay industria que vierten su agua al alcantarillado o viviendas que extraen agua de pozo y descargan su agua cruda al

alcantarillado; por lo que el tratamiento se hace más costoso. Se habla, en suma, de cargas orgánicas que sobrepasan su capacidad de diseño; por ejemplo, la PTAR San Pedro de Lurín que excede en 33 veces, así como el de Ancón y Ventanilla que excede en cuatro y tres veces respectivamente, tal como se muestra en la Tabla 7.

Por otro lado, con respecto al riego de áreas verdes en Lima se sabe que el 45% de las áreas verde son regados con agua potable, lo cual representa un total 1,131 ha. Si se toma un rendimiento de riego mínimo de 3.03 l/m²/d, se puede obtener un consumo aproximado de 34,261 m³/d de agua potable, lo cual representa el consumo de 285,510 habitantes (considerando una dotación de 120 l/hab/d). Por lo tanto, el uso del agua potable para riego genera desabastecimiento que afecta a la población directamente (Bieberach, 2019).

Tabla 8Tabla 7

Estado Actual del Reúso de Aguas Residuales sin Tratamiento

Nº	Colector	Entidad	Documento legal 2019	Q 2021 (l/s)
1	Colector primario	Capital Water (Aguas de Miraflores S.A.C)	Convenio suscrito,	9.0
2	Colector Primario	Capital Water S.A (Aguas de San Miguel S.A.C.)	complicaciones para el pago	12.6
3	Colector Condevilla	Capital Water (Aguas del Callao) PTAR Playa Rímac	Por regularizar	27.5
4	Colector Secundario Secundario	Capital Water (Aguas del Callao) PTAR Oquendo		9.6
5	Miroquesada	Lima Golf Club	Convenio suscrito	12.4
6	Colector secundario	UNI	Convenio suscrito	10.3
7	Colector secundario Santa Rosa	SERPAR Parque Zonal Santa Rosa Municipalidad	Por regularizar	2.1
8	Colector Universitaria	Metropolitana de Lima		1.9
9	Colector Universitaria	EMAPE Universitaria		2.1
10	Colector Secundario Ate-Vitarte	SERPAR-Parque Zonal Cahuide	Se emitió factibilidad	4.1

11	Secundario La Victoria	SERPAR-Parque Zonal El Migrante.	Cuenta con factibilidad	1.3
Total Reúso				92.9

Nota. Basado en entrevista con especialista del equipo de agua residuales de SEDAPAL.

Por otro lado, con respecto al riego de áreas verdes en Lima se sabe que el 45% de las áreas verde son regados con agua potable, lo cual representa un total 1,131 ha. Si se toma un rendimiento de riego mínimo de 3.03 l/m²/d, se puede obtener un consumo aproximado de 34,261 m³/d de agua potable, lo cual representa el consumo de 285,510 habitantes (considerando una dotación de 120 l/hab/d). Por lo tanto, el uso del agua potable para riego genera desabastecimiento que afecta a la población directamente (Bieberach, 2019).

Tabla 8

Estado de las PTAR en Cuanto a Calidad

N°	PTAR	DBO diseño mg/l	DBO promedio (ingreso) mg/l 2021	Carga orgánica de diseño (kgDBO/d)	Carga orgánica actual (kgDBO/d) 2021	Observaciones
1	Puente Piedra	250	406	9,115	28,692	PTAR sobrecargada
2	Ventanilla	360	475	8,709	15,355	PTAR sobrecargada
3	Ancón	200	270	346	1,492	PTAR sobrecargada
4	Santa Rosa	250	310	216	205	
5	Santa Clara	250	520	9,439	11,118	PTAR sobrecargada
6	Carapongo	250	211	3,024	5,887	PTAR sobrecargada
7	San Antonio	250	545	2,894	6,885	PTAR sobrecargada
8	Cieneguilla	250	196	2,549	1,084	
9	Manchay	700	452	3,629	3,038	
10	J.C. Tello	584	418	883	1,144	PTAR sobrecargada
11	San Pedro de Lurín	250	2463	259	8,633	PTAR sobrecargada

12	San Bartolo	250	335	36,720	32,271	
13	Pucusana	250	500	216	78	
14	Santa María 2	500	20	389	8	
15	San Juan	250	489	17,280	14,997	
16	Huáscar	250	470	3,672	3,558	
17	José Gálvez	250	421	2,160	4,475	PTAR sobrecargada

Nota. Basado en entrevista con especialista del equipo de agua residuales de SEDAPAL.

Finalmente, la empresa está en proceso de mejorar su procedimiento técnico, normativo, administrativo y de marketing para el reúso de aguas residuales y criterios para una estimación de costos de venta. Ante ello, el Programa PROAGUA - GIZ, en el marco del convenio de la Cooperación Peruana-Alemana-Suiza, viene trabajando junto al MVCS ejes temáticos referido al reúso, con el objetivo de brindar apoyo a las Empresas Prestadoras de Servicios de Saneamiento (EPS) en cuanto a la normativa, procedimientos técnico-administrativos para el reúso de aguas residuales y criterios de estimación de costos de venta, herramientas que permitirán a las EPS fomentar el adecuado aprovechamiento del recurso hídrico en el ámbito urbano (SEDAPAL, 2020a).

3.2 Conclusión

Existe todavía una brecha para logra el PLANAA, ya que sólo el 20% de las aguas residuales tratadas se vienen reusando. Aun así, se espera que pronto se logren mayores contratos para comercializar el agua residual, ya que solo se cuenta con cinco convenios vigentes para aguas residuales tratadas y tres convenios para aguas crudas. Igualmente, se espera lograr mayores acuerdos para el reúso de aguas crudas a través de mecanismos públicas-privadas (APP) para incrementar las áreas verdes de Lima. Para ello, se requiere establecer un plan de implementación con lineamientos y metas alcanzables, así como una campaña de marketing para fomentar su reúso. Esta estrategia permitirá el cumplimiento

de la misión de SEDAPAL, así como realzar el compromiso de la empresa con la economía circular.



Capítulo IV: Revisión de Literatura

En el presente capítulo se describe los conceptos y tendencias que se usaran para la investigación.

4.1 Mapa de Literatura

El mapa de la literatura permite tener el panorama completo de los conceptos más relevantes y sus respectivas fuentes, que darán sustento a la presente investigación. En la



Tabla 9 se presenta el esquema propuesto, el cual se centrará en los siguientes temas: (a) megatendencias, (b) gestión de aguas residuales (c) innovación, y (d) plan estratégico y modelos de negocio. En primer lugar, las megatendencias proporcionan una visión global de lo que está ocurriendo en el mundo, y su entendimiento permitirá plantear nuevas perspectivas de cara a los planteamientos futuros. En segundo lugar, en la gestión de aguas residuales se definirán algunos conceptos claves junto con el marco legal. En tercer lugar, acerca de la innovación, se abordarán algunas definiciones claves y los modelos de innovación para identificar el modelo que impacte positivamente en el manejo de aguas residuales de SEDAPAL, además del proceso de innovación, que servirán de referencia para el planteamiento de la propuesta. En cuarto lugar, en el plan estratégico se describe cada una de las etapas para su implementación. Finalmente, en modelos de negocio se presenta la estructura Canvas y sus componentes.

4.2 Revisión de Literatura

4.2.1 *Megatendencias*

En esta sección se aborda los temas relacionados con la economía circular, ciudades sostenibles e importancias de las áreas verdes en el bienestar de la población, los cuales permitirán entender cómo estas nuevas tendencias pueden impulsar el desarrollo de un país y del sector donde se implementen.

Tabla 9*Mapa de Literatura*

Mega tendencias	Economía circular	Ellen MacArthur Foundation, 2013; Murray et al., 2017; Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), 2019; Pauliuk, 2018; Prieto-Sandoval et al., 2017; Stagno, 2020
Gestión de aguas residuales	Ciudades sostenibles Áreas verdes urbanas: importancia y beneficios	Ministerio del Ambiente - MINAM - Gobierno del Perú (www.gob.pe)
	Políticas públicas, leyes y normativas nacionales enfocadas al reúso de las aguas residuales. Criterios de calidad para el reúso Responsabilidad legal de la EPS que vende el agua residual Aspectos técnicos del tratamiento de aguas residuales: Tratamiento adaptado a diversas modalidades de reúso Aspectos económico-financieros y mecanismos de Asociación Público-Privada (APP)	D.L. N° 1280 MIVIENDA Ley MINAM, MIVIENDA, ANA, DIGESA, SUNASS Plan Nacional de Saneamiento 2015-2021 Guía Técnica Para Reúso Municipal de Aguas Residuales Tratadas en el riego de Áreas Verdes de Lima Metropolitana GIZ, 2018. Guía Técnica Para Reúso Municipal de Aguas Residuales Tratadas en el riego de Áreas Verdes de Lima Metropolitana GIZ, 2018.
Innovación	Conceptos claves Clasificación de la innovación Modelos de innovación Procesos de innovación La innovación en la Aguas residuales	García y Palacios, 2017; Seclen y Barrutia, 2019
Plan Estratégico	Conceptos claves Plan de implementación de un proyecto de plantas de tratamiento de aguas residuales	D'Alessio, 2015 Guía Técnica Para Reúso Municipal de Aguas Residuales Tratadas en el riego de Áreas Verdes de Lima Metropolitana GIZ, 2018.
Modelos de Negocio	Innovación en modelos de negocio	Fernández y Paredes, 2018; Osterwalder y Pigneur, 2011

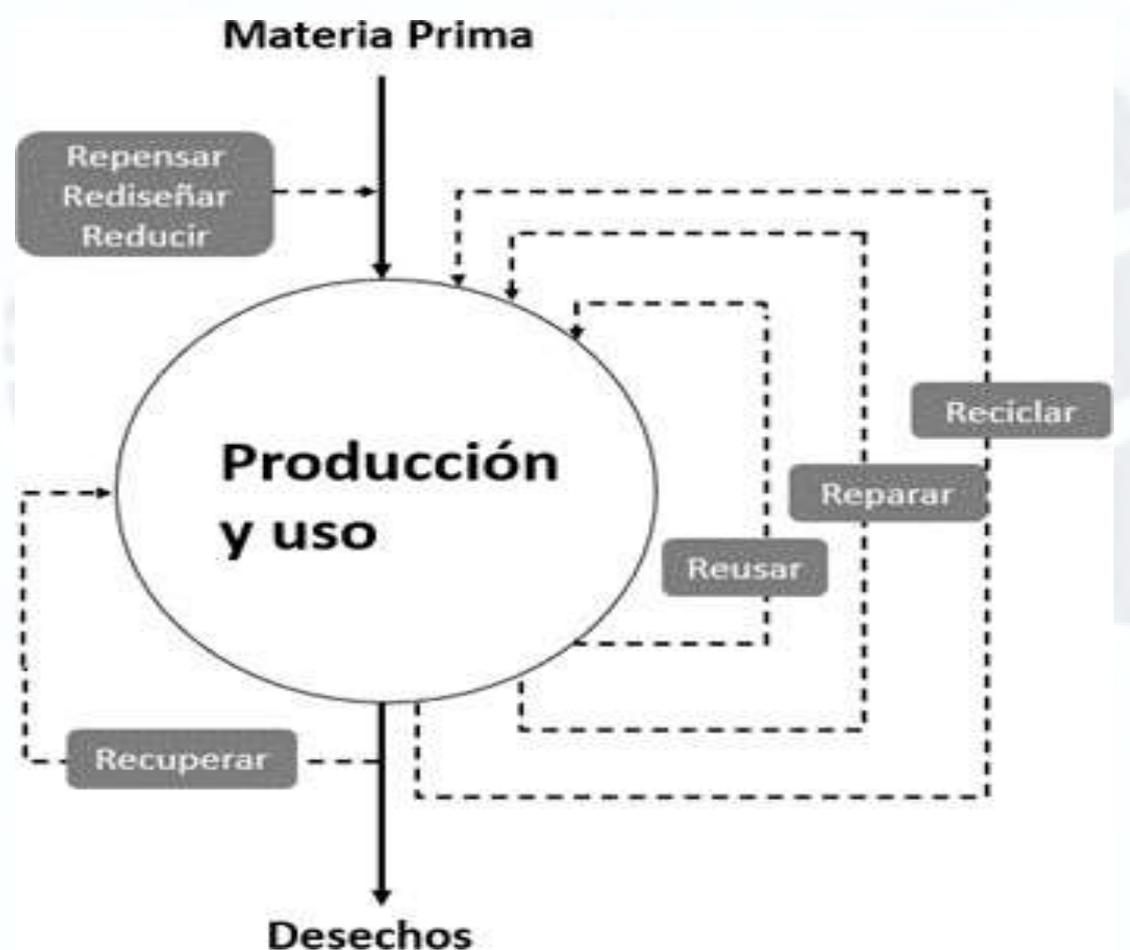
Economía circular. Uno de los objetivos de desarrollo sostenible de la ONU es “Producción y consumo responsables”, que evidencia la situación actual del consumo, la producción mundial y el uso de recursos que están destruyendo el planeta, producto de una economía lineal que, bajo el modelo de diseñar, extraer, producir, consumir y desechar, deja de ser sostenible para el desarrollo mundial; es así que a lo largo del siglo XX se dio a conocer el término economía circular con el propósito de buscar una integración entre el crecimiento económico, social y el cuidado del medio ambiente (Prieto-Sandoval et al., 2017). Por otra parte, la economía circular es un sistema industrial que reemplaza el concepto de *end-of-life*, promueve el uso de energías renovables y elimina el uso de productos químicos tóxicos que impiden la reutilización. Este cambio sistémico implica una adecuada gestión para la eliminación de residuos, a través del diseño superior de materiales, productos, sistemas operativos e incluso modelos de negocio (Hellen McArthur Foundation, 2013). Muchos autores coinciden con esta definición, pero también sostienen que la economía circular está relacionada con la sostenibilidad, porque va más allá del rediseño o la reutilización y se centra en generar valor a partir de dicho rediseño en lugar de sólo optimizar la reutilización de recursos (Murray et al., 2017). En contraste con el modelo de la economía lineal, para Stagno (2020), la economía circular se basa en el modelo de las 7R: repensar, rediseñar, reducir, reusar, reparar, reciclar y recuperar. Este modelo se grafica en la Figura 10.

Con el propósito de acercar el modelo de las 7R a las organizaciones, en el 2017, la British Standards Institution (BSI) publicó una guía para implementar los seis principios de la economía circular: el pensamiento sistémico permite tener un entendimiento holístico de cómo las decisiones de la organización interactúan dentro de los sistemas que la conforman, la administración para la gestión total de la organización, la transparencia, colaboración,

innovación y optimización de valor, referidos al valor financiero y no financiero (Pauliuk, 2018). Entonces, la economía circular se presenta como un modelo de negocio que requiere modificar los patrones actuales de cómo una empresa crea, captura y entrega valor (OECD, 2019). En la Tabla 10 se presentan cinco tipos de modelos de negocios circulares que muestran la aplicación de la economía circular.

Figura 10

Las 7R de la Economía Circular



Nota. Tomado de “Economía circular, ciudades circulares: Una alternativa sostenible para América Latina y el Caribe,” por D. Stagno, 2020

(<https://blogs.iadb.org/ciudadessostenibles/es/ciudades-circulares-economia-circularsostenibilidad-urbelac-europa-america-latina-caribe/>).

Tabla 10*Aplicación de los Modelos de Negocios Circulares hacia una Economía*

	Modelos circulares de suministro	Modelos de recuperación de recursos	Modelos de extensión de la vida útil de los productos	Modelos de intercambio	Modelos de sistemas de productos y servicios
Característica principal	Reemplazar los insumos de materiales tradicionales con materiales renovables, de base biológica y recuperados	Producir materias primas secundarias a partir de residuos	Extender la vida de los productos	Incrementar la utilización de productos y activos existentes	Prestación de servicios en lugar de productos. La propiedad del producto sigue siendo del proveedor
Impulsor de la eficiencia de los recursos	Cerrar ciclo de materiales	Cerrar ciclo de materiales	Lento ciclo de materiales	Flujos de recursos estrechos	Flujos de recursos estrechos
Subtipo de modelos de negocios	<i>Cradle to cradle</i>	Simbiosis industrial	Larga duración	Copropiedad	Orientado al producto
		Reciclaje	Reutilización directa	Coacceso	Orientado al usuario
		Suprarreciclaje	Reparación		Orientado a los resultados
		Infrarreciclaje	Reacondicionamiento Remanufactura		
Sectores principales donde se aplica	Diversos sectores de productos de consumo	Minería, Papel Plástico	Automotor Maquinaria pesada Electrónica	Transporte Maquinaria Consumo de productos	Transporte Productos químicos Energía

Nota. Adaptado de *Business Models for the Circular Economy* (pp.26-35), por Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), 2019.

Una de las principales ventajas de adoptar los principios de economía circular en la gestión de aguas residuales es que la recuperación y el nuevo uso del recurso podrían transformar el saneamiento de ser un servicio costoso a uno que es autosostenible y añade

valor a la economía (Rodríguez et al., 2020). Para lograr esto se han identificado cuatro acciones importantes:

- Desarrollar iniciativas de aguas residuales en el marco de la planificación de cuencas. Al incluir las aguas residuales en el sistema hidrológico como posible fuente de agua, es posible contabilizar y planificar el recurso a escala.
- Cambiar el concepto de PTAR por instalación de recuperación de recurso valiosos del agua residual: agua (para agricultura, el medio ambiente, la industria e incluso consumo humano), nutrientes (nitrógeno y fósforo), y energía. Esto implica incorporar los principios de economía circular en su estrategia y en la planificación de inversiones. Por ello, es importante tener en cuenta la recuperación del recurso cuando se planifica las inversiones en aguas residuales.
- Desarrollar modelos financieros y de negocio innovadores que aprovechen esos posibles flujos adicionales de ingresos.
- Poner en práctica los marcos de política, institucional y reglamentario (PIR) necesarios para promover un cambio de paradigma en el sector.

El agua residual puede tratarse hasta lograr diversas calidades para satisfacer la demanda de diferentes sectores, incluida la industria y la agricultura. Puede emplearse para mantener el flujo ambiental o incluso para reutilizarse como agua potable. El tratamiento del agua residual es una solución al problema de escasez de agua, y también para el problema de seguridad hídrica, puesto que se liberan recursos hídricos para otros usos o para su conservación.

El primer requisito para pasar a una economía circular y ejecutar la reutilización y recuperación de recursos en instalaciones de tratamiento es asegurar que las plantas se gestionan de manera efectiva y eficiente. La gestión efectiva y eficiente empieza con una

planificación y un diseño inteligente. Cuando las instalaciones de tratamiento se planifican con la recuperación de recursos y la sostenibilidad en mente, el camino hacia una economía circular queda allanado (Rodríguez et al., 2020).

Aparte de los desafíos externos, las iniciativas de reúso de aguas residuales también se enfrentan a desafíos en las mismas instituciones. Para que despeguen, es necesario cambiar la conducta de la organización, desarrollar el liderazgo necesario y crear un equipo dedicado que cree conciencia sobre la importancia de la recuperación de recursos a todos los niveles de la organización. Por ejemplo, Aguas Andinas en Chile cuenta con un equipo dedicado a promover los principios de una economía circular y de conversión de los residuos en recursos. También, la creación de unidades especializadas ya sea en las empresas de agua o en los ministerios, pueden ayudar a crear la capacidad necesaria para diseñar, desarrollar y manejar las APP (Rodríguez et al., 2020).

Ciudades sostenibles. El Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI), a través de su Programa de Ciudades Sostenible (PCS) da énfasis a seguridad física de las ciudades, por lo que una ciudad sostenible debe ser eficiente en su funcionamiento y desarrollo; debe ser físicamente segura, ordenada y saludable; debe proteger el medioambiente, debe proteger el patrimonio natural y cultural de sus habitantes; debe ser atractiva tanto en el ámbito físico como cultural; y debe ser gobernable y competitiva. Para cumplir con los puntos mencionados se requiere no sólo de la participación de las autoridades sino de todos los involucrados, como los pobladores organizados (a nivel distrital, provincia y regional) así como la colaboración de profesionales e instituciones que se vinculen al tema (INDECI, 2006).

Para el MINAM (2014) una ciudad sostenible es cuando la dimensión ambiental logra entrelazar con el desarrollo económico y social, conservando la base de los recursos naturales en los que se sostiene y garantizando las futuras generaciones.

Considerando el contexto nacional, en el tema de las ciudades sostenibles y el cambio climático, cuando uno busca una imagen de alguna ciudad sostenible del Perú por internet, puede aparecer, por ejemplo, la vía expresa de Javier Prado. Sin embargo, lo que no se encuentra ni se ve con claridad son imágenes del crecimiento desordenado que se está produciendo en diversas zonas urbanas y rurales, y que, en el contexto actual, es necesario mirar y atender.

En los últimos 50 años se ha duplicado el número de habitantes en las ciudades del Perú, lo que genera a su vez una mayor demanda de recursos, bienes y servicios, y una mayor complejidad de gestión local en aspectos sociales, económicos y ambientales. Las ciudades son en parte responsables de la generación de emisiones de los gases de efecto invernadero (GEI) del país, pero, al mismo tiempo, serán las más afectadas por los eventos climáticos extremos. Actualmente, las ciudades consumen las dos terceras partes de la energía mundial y son responsables del 70% de las emisiones globales de GEI, las cuales ocasionan el incremento de la temperatura del planeta y llevan al cambio climático (MINAM, 2015). Al 2050 se prevé que más del 70% de la población viva en las ciudades, por lo tanto, habrá una complejidad logística para alimentar, proveer de bienes y servicios para la cantidad de personas que estarán viviendo en las ciudades.

En el Perú la iniciativa de ciudades sostenibles tuvo su mayor consideración en el 2014 durante el evento de la COP20 (reunión global de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático), el cual promovió una propuesta de agenda básica sobre el tema, a ser definida y liderada por los municipios. Actualmente, ya se desarrollan algunos aspectos de esta agenda, desde diferentes Ministerios, Direcciones Generales y Organismos adscritos en coordinación con los gobiernos locales. La agenda de gestión local se aplica en áreas urbanas y su área de influencia está basada en sus dinámicas sociales, económicas y ambientales, lo que contribuye a atender necesidades y

resolver los problemas en las ciudades y los causados por estas. Esta agenda de gestión local se divide en 10 componentes, tal como se muestra en la Figura 11.

Figura 11

Consideraciones de una Ciudad Sostenible



Nota. Tomado de “Evento Internacional Ciudades Sostenibles y Cambio Climático” por Ministerio del Ambiente, 2015 (<https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/07/Libro-Evento-Internacional-Ciudades-Sostenibles.pdf>).

La mayor concentración de la población peruana está en las ciudades de la Costa. El principal problema de estas ciudades, respecto a recursos, es la escasez de agua, así como la posibilidad de un adecuado tratamiento de sus efluentes. En la actualidad, estos problemas han limitado el desarrollo inmobiliario de las ciudades (MINAM, 2014).

Entre los objetivos del Programa de Ciudades Sostenible (PCS) del INDECI se tiene los siguientes:

- Identificar las zonas más seguras dentro de las ciudades y centros poblados con el objetivo propiciar su crecimiento y densificación.
- Identificar proyectos, y medidas de mitigación ante desastres en salvaguarda de la vida y el patrimonio de las poblaciones.
- Convocar la participación y apoyo de las autoridades locales y regionales, la comunidad, las instituciones públicas y privadas, y a los actores involucrados en el desarrollo local.
- Promover la gestión del riesgo entre las autoridades, instituciones y comunidades.

El PCS, con el fin de conseguir los objetivos trazados, ha desarrollado una estrategia de trabajo muy bien definida y organizada: en un primer momento, se generan compromisos institucionales con las autoridades locales; luego, se desarrollan los estudios técnico-científicos; finalmente, se difunde la aprobación, transferencia y seguimiento a la implementación de las propuestas.

Respecto de los estudios técnico-científicos (segundo componente de la estrategia), se realiza, en primer lugar, un diagnóstico situacional, para lo cual se desarrollan mapas de peligros de origen natural y de origen antrópico o tecnológico; mapas de vulnerabilidad; y mapa de riesgos y de sectores críticos de riesgo.

Dentro de la propuesta de intervención, los planes de usos de suelo ante desastres es un importante documento, donde se identifican las áreas más seguras para el crecimiento y desarrollo de la ciudad, como ubicación de viviendas, escuelas, hospitales, etcétera. Además, se ubican los suelos que no se deben utilizar por seguridad y para proteger la vida, el patrimonio y los ecosistemas de la ciudad. Este es el principal instrumento para el ordenamiento territorial con enfoque de gestión de riesgos de

desastres. Posteriormente, se desarrollan las estrategias de implementación y difusión de los planes.

En relación con el financiamiento, son los alcaldes y los gobiernos los encargados de buscar los fondos, pues muchos de estos proyectos escapan a los recursos de las municipalidades. Se puede contar con entes cooperantes, municipalidades mayores o gobiernos regionales, entre otros.

Áreas verdes urbanas: importancia y beneficios. Las áreas verdes son todos aquellos espacios ocupados por árboles, arbustos o plantas, que pueden tener diferentes usos: esparcimiento, recreación, ecología, rehabilitación entorno, entre otros. Se puede entender el “manejo de áreas verdes” como cualquier esfuerzo por establecer, recuperar o conservar espacios de vegetación con el fin de mejorar la calidad ambiental, la oportunidad económica o el valor estético asociado con el paisaje.

El manejo de áreas verdes es una estrategia para convertir nuestra localidad en un lugar más placentero, sostenible y habitable; y como parte de esta estrategia no sólo se considera el disfrute de las personas, sino la participación de todas ellas en el cuidado a fin de asegurar que estas áreas perduren. Las áreas verdes mejoran el aire, el agua y los recursos del suelo al absorber contaminantes del aire, incrementar las áreas de captación y almacenamiento de agua y estabilizar los suelos. Los bosques actúan como amortiguadores de la temperatura, al dar sombra en el verano y detener el viento en el invierno, además de reducir la contaminación por ruido, los niveles de CO₂ y proporcionar un hábitat para la fauna silvestre. Asimismo, las plantas absorben gases tóxicos, como los originados por los escapes de los vehículos o por procesos industriales como la minería.

Uno de los principales beneficios de la vegetación es su impacto en el clima, por ejemplo, los árboles influyen sobre el grado de radiación solar, el movimiento del viento,

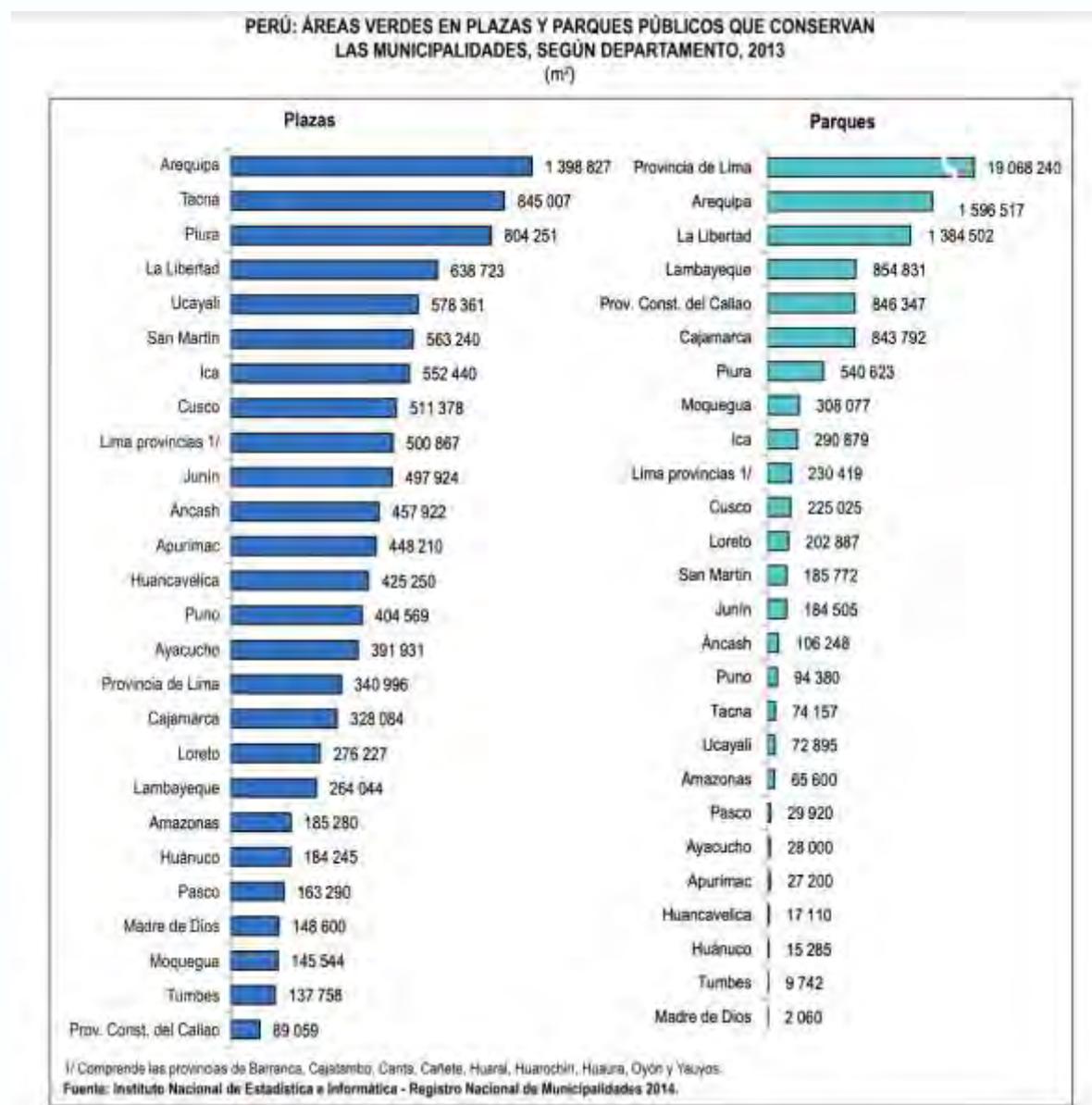
la humedad del aire y suelo, la temperatura del aire, etc. La presencia de vegetación controla la erosión del suelo y protege las cuencas hidrográficas, que son fuente suministro de agua para los centros poblados. Asimismo, ayuda a captar más agua de lluvia y neblina, permitiendo la infiltración de agua para el subsuelo y retardando la escorrentía superficial. Las hojas, ramas, pastos y otras plantas absorben el ruido al crear barreras que desvían el sonido lejos de los oyentes y, de encontrarse en los ángulos adecuados con respecto al origen, reflejan el ruido hacia su fuente de origen. Si el ruido pasa a través o alrededor de la vegetación, será disipado.

Los municipios del país realizan la conservación de más de 38'587,000 m² en plazas y parques. Respecto a plazas, el área conservada es de 11'282,027 m², distribuida principalmente en los departamentos de Arequipa (1'398,827 m²), Tacna (845,007 m²), Piura (804,251 m²), La Libertad (638,723 m²), entre otros. La provincia de Lima, por su parte tiene 340,996 m² de áreas conservadas. En cuanto a los parques, existen 27'305,013 m² de áreas verdes conservadas. La provincia de Lima tiene la mayor extensión de áreas verdes conservadas (19'068,240 m²), seguida de los departamentos de Arequipa (1'596,517 m²), La Libertad (1'384,502 m²), Lambayeque (854,831 m²) y la Provincia Constitucional del Callao (846,347 m²), entre otros (INEI, 2013) (ver Figura 12).

Los gobiernos locales del país realizan la conservación de 8'127,104 m² de áreas verdes en jardines, óvalos y bermas centrales. La provincia de Lima realizó en el 2013 la mayor conservación de áreas verdes (2'979,133 m²) seguida por los departamentos de Arequipa (669,431 m²) y el departamento de Cusco (558,593 m²) entre otros. En cuanto a las bermas centrales, existen 14'009,767 m² de áreas verdes conservadas por los gobiernos locales. La provincia de Lima ostenta la mayor extensión de áreas verdes en bermas centrales (9'022,636 m²), seguida por la Provincia Constitucional del Callao (1'054,837 m²) y el departamento de Áncash (749,296 m²) entre otros (INEI, 2013) (ver Figura 13).

Figura 12

Áreas Verdes en Plazas y Parques Públicos Municipales

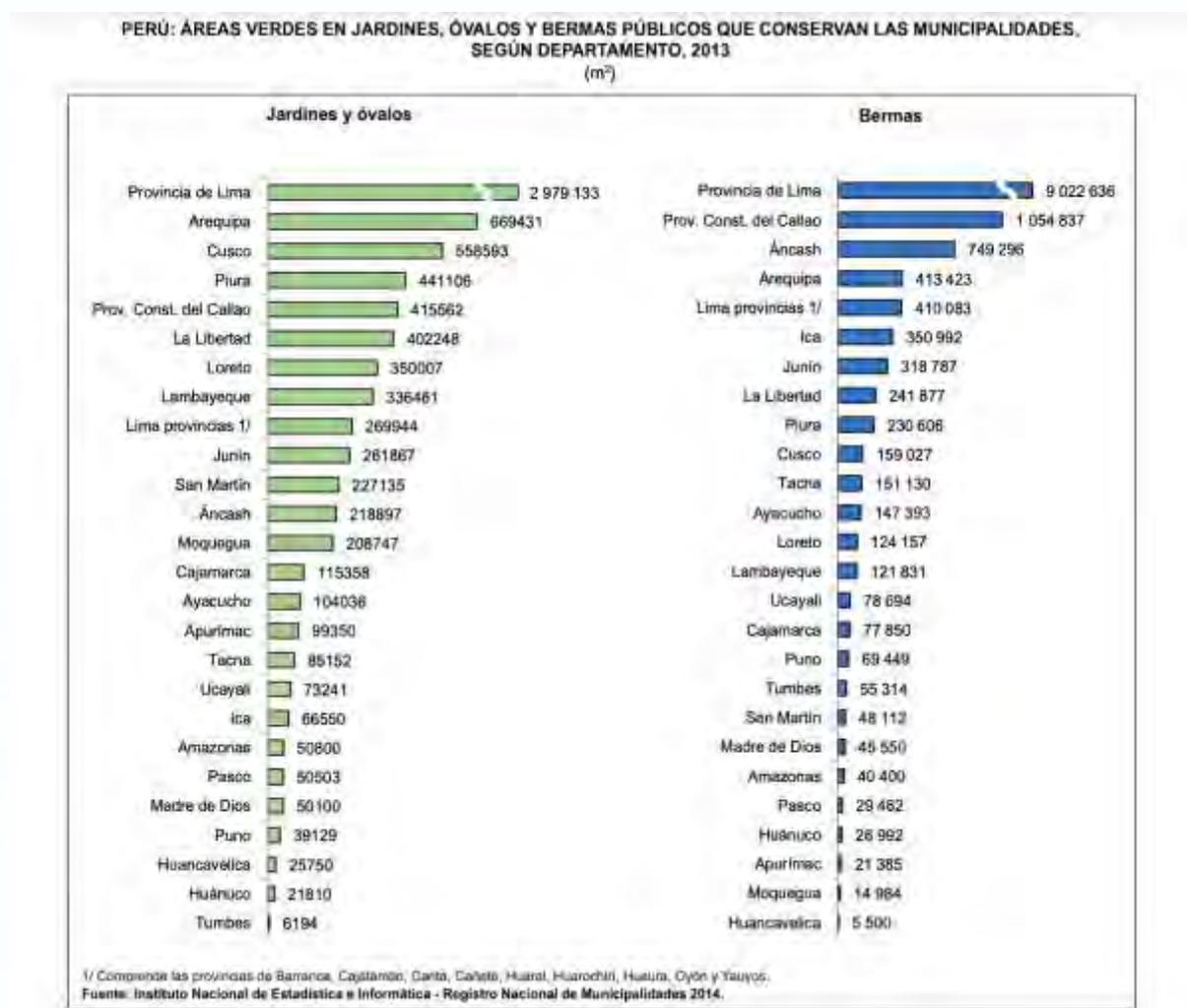


Nota. Tomado de “Protección y conservación del ambiente,” por INEI, 2014

(https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1246/14.pdf).

Figura 13

Áreas Verdes en Jardines, Óvalos y Bermas Públicos Municipales



Nota. Tomado de “Protección y conservación del ambiente,” por INEI, 2014

(https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1246/14.pdf).

pdf).

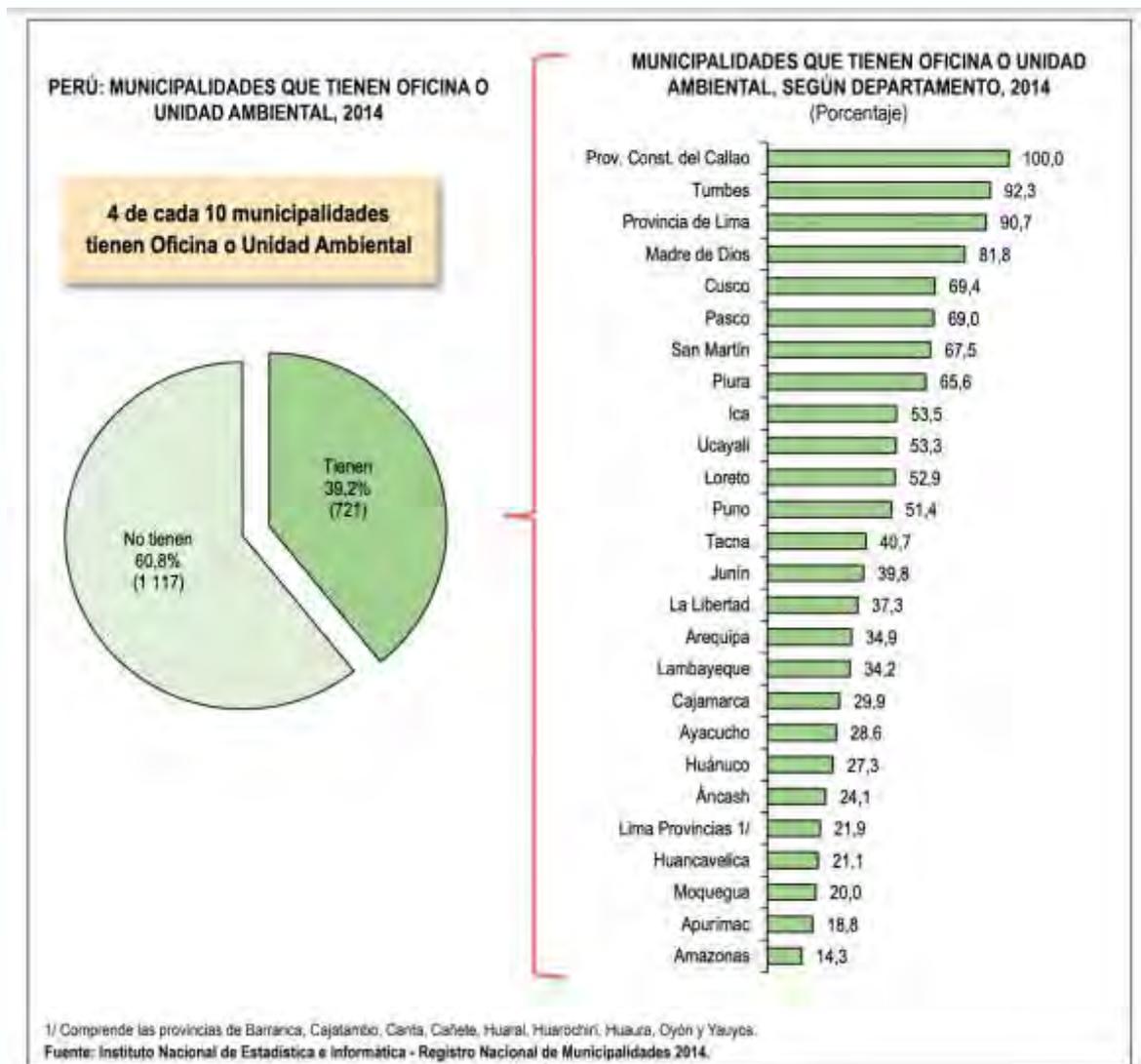
La oficina o unidad ambiental es el órgano de apoyo de la municipalidad responsable de proponer, coordinar, programar y evaluar las acciones orientadas a velar por el buen estado del medio ambiente en la localidad a nivel nacional, cuatro de cada diez municipalidades (39.2%) cuentan con oficina o unidad ambiental. En la Provincia Constitucional del Callao, la totalidad de las municipalidades disponen de esta oficina. Por el contrario, en los departamentos de Áncash, Lima Provincias, Huancavelica, Moquegua,

Apurímac y Amazonas menos del 25.0% de las municipalidades dispone de esta oficina.

Tal como se muestra en la Figura 14.

Figura 14

Distribución de Oficinas Ambientales en las Municipalidades del País



Nota. Tomado de “Protección y conservación del ambiente,” por INEI, 2014

(https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1246/14.pdf).

Desde enero del año 2013, con la finalidad de desincentivar el uso de agua potable para el riego de las áreas verdes municipales, la SUNASS autorizó a SEDAPAL que se cobre como tarifa comercial el pago del uso del agua potable con fines riego de las áreas

verdes municipales. Esto tuvo un efecto positivo en que empresas especialistas pueden ver una oportunidad de negocio para tratar aguas residuales domesticas para riego de parques. Por ejemplo, la empresa Capital Water presentó a la Municipalidad de Miraflores una iniciativa de Alianza Pública-Privada (APP) para el riego de 15 parques del distrito. De esta manera, la municipalidad dejó de usar agua potable para el riego. Sin embargo, para Bieberach (2019) esta estrategia no tuvo el éxito esperado, sino más bien fomento el incremento de instalaciones clandestinas, ya sea por los trabajadores de los mismos municipios o por los habitantes aledaños al parque, por lo que se pierde el control del uso. El otro efecto negativo fue el incremento de la morosidad de las municipalidades de menos recursos, ya que los altos costos que genera el riego con agua potable son difíciles de pagar por muchos municipios. Un tercer efecto fue la desatención de algunos parques por los altos costo de riego. Esto aunado a la alta rotación de los trabajadores ediles que no sabían qué parques quedaron desatendidos. Por lo tanto, las personas con menos recursos se ven obligas a prescindir de áreas verdes, disminuyendo así su calidad de vida (Bieberach, 2019).

4.2.2 Gestión de Aguas Residuales

Las aguas residuales son cualquier tipo de agua cuya calidad está afectada negativamente por la influencia antropogénica. Se trata de agua que no tiene valor inmediato para el fin para el que se utilizó ni para el propósito para el que se produjo debido a su calidad, cantidad o al momento en que se dispone de ella. Según la UNESCO (2017), el 80% de las aguas residuales retornan al ecosistema sin ser tratadas o reutilizadas, siendo uno de los grandes desafíos del agua.

Políticas públicas, leyes y normativas nacionales enfocadas al reúso de las aguas residuales. En Perú, la normatividad general y específica está orientada a permitir y promover el reúso de aguas residuales y el aprovechamiento de los lodos generados en

las PTAR, específicamente a través de la producción de biosólidos. Actualmente, la normatividad, la formalización del reúso de aguas residuales a través de autorizaciones emitidas por la ANA. Asimismo, la Ley Marco y su reglamento, precisaron la normatividad previa y facultaron explícitamente a los prestadores para: Comercializar el agua residual tratada, residuos sólidos aprovechables y subproductos generados en el proceso de tratamiento de agua para consumo humano y tratamiento de aguas residuales, con fines de reúso; brindar el servicio de tratamiento de aguas residuales, para fines de reúso; y, comercializar el agua residual sin tratamiento, para fines de reúso, a condición que los terceros realicen las inversiones y asuman los costos de operación y mantenimiento para su tratamiento y reúso (MVCS, 2021). El MVCS aprobó el 11 de marzo de 2019 el Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA, “Reglamento de Valores Máximos Admisibles (VMA) para las Descargas de Aguas Residuales No Domésticas en el Sistema de Alcantarillado Sanitario”, con la finalidad de preservar la infraestructura y el equipamiento sanitario, involucrando los servicios de alcantarillado sanitario y tratamiento de las aguas residuales, para incentivar el tratamiento de las aguas residuales con un fin de reúso, garantizar la sostenibilidad de los sistemas y disminuir el riesgo para la salud de los trabajadores que tenga contacto con las aguas residuales no domésticas.

Se tiene las siguientes normas que establecen el reúso de aguas residuales tratadas:

- Ley 28661. Ley General del Ambiente (2005): indica que el Estado promueve el tratamiento de las aguas residuales con fines de reutilización, considerando como premisa la obtención de la calidad necesaria para no afectar la salud humana, el ambiente o las actividades en las que se reúsan.
- Ley 29338. Ley de Recursos Hídricos (2009): regula el reúso de aguas residuales tratadas.

- Decreto Supremo N° 001-2010-AG. Reglamento de la Ley 29338 Recursos Hídricos: establece las condiciones y procedimientos que debe realizar la ANA para otorgar las autorizaciones de reúso de aguas residuales.
- Resolución Jefatural N° 0224-2013-ANA. Reglamento para el otorgamiento de autorizaciones de vertimiento y reúso de aguas residuales tratadas: establece el procedimiento para el otorgamiento de autorizaciones de vertimiento y reúso de aguas residuales tratadas.
- Decreto Supremo N° 014-2011-MINAM. Plan Nacional de Acción Ambiental (PLANAA-PERÚ 2011- 2021): que establece alcanzar el 100% de tratamiento de aguas residuales domesticas urbanas, y adicionalmente que el 50% de las aguas tratadas serán reusadas.
- R.C.D. N° 008-2012-SUNASS-CD: establece que desde el 1 de enero de 2013 los municipios que riegan sus parques y jardines con agua potable pagan la tarifa comercial y no la estatal. Según la SUNASS el objetivo es incentivar a los municipios al reúso de las aguas residuales tratadas para el riego de parques y jardines a nivel nacional y priorizar el uso de agua potable para el consumo humano.

Criterios de calidad para el reúso. La calidad de las aguas residuales en algunas plantas de tratamiento no cumple con la calidad exigida en el D.S. N° 003-2010-MINAM (Límites Máximos Permisibles-LMP para los efluentes de PTAR), debido a que muchas plantas superan la capacidad de diseño. Cabe señalar que las EPS reportan sus volúmenes con tratamiento a la SUNASS. Asimismo, la DGAA del MVCS hace monitoreo de efluentes de PTAR a nivel nacional, evaluando seis parámetros: temperatura, pH, coliformes termotolerantes (NMP/100ml), demanda biológica de oxígeno (DBO), aceites, grasas y solidos totales en suspensión. En un análisis a 170 PTAR en el 2020 solo el 37.1%

cumplía con los LMP, siendo estas SEDAPAR en Arequipa y SEDACUSCO en Cusco, mientras que SEDAPAL sólo cumple al 50% (MVCS, 2021).

Los estándares de calidad ambiental de agua, aprobados mediante Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, menciona en la Categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales, en agua para riego no restringido (irrestringido), corresponde al riego para parques públicos; el valor máximo de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) debe ser de 15 mg/l, el valor máximo del parámetro de coliformes termotolerantes es de 1000 NMP/100 ml y que el valor máximo para huevos de helmintos es de 1 Huevo/l (Bieberach, 2019). Sin embargo, hay el riego restringido que se puede usar para cultivos de tallo alto, como pecanas, donde el valor del parámetro de Coliformes Termotolerantes es mayor a 1000 NMP/100 ml y que el valor máximo para huevos de helmintos es de 1 Huevo/l. Valores mayores a ello es el agua residual cruda.

La Dirección de Saneamiento con el apoyo de la Cooperación Alemana para el Desarrollo y la Cooperación Suiza - SECO, implementada por la GIZ, a través del proyecto PROAGUA II, se ha propuesto impulsar y redoblar esfuerzos para contribuir en alcanzar los LMP de aguas residuales actualizando la norma técnica OS.090 “Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales del Reglamento Nacional de Edificaciones”, y elaborando Lineamientos y Guías de obligatorio cumplimiento a nivel nacional; Guías que podrán emplear los formuladores de proyectos para la Selección de Tecnologías de acuerdo a su especialidad y experiencia, así como por los prestadores de servicios de saneamiento a nivel nacional, para la operación y mantenimiento (MVCS, 2021).

Con el planteamiento de riego de áreas verdes con un sistema integrado de reúso de aguas residuales, los municipios gastarían menos del 5% de sus ingresos promedios anuales en el riego de áreas verdes (Bieberach, 2019).

Aspectos técnicos del tratamiento de aguas residuales: tratamientos adaptados a diversas modalidades de reúso de agua. Analizando la posibilidad de implementar pequeñas plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) en todo Lima de acuerdo a la experiencia del Equipo de Gestión de PTAR durante estos últimos años, administrar plantas menores a 50 l/s no es económica ni técnicamente viable, debido al alto costo de producción por m³, permiso y compromisos ambientales que se deben cumplir en estas plantas. En el 2018, las pequeñas PTAR han reportado costos de O&M elevados en comparación con las plantas de mayor volumen de tratamiento. Por ejemplo, la PTAR Puente Piedra que trata 671 l/s, el costo fue de S/ 0.31/m³; en comparación con PTAR Balneario San Bartolo Norte que trata 1.9 l/s, el costo fue de S/ 9.77/m³. Por el criterio de escalabilidad se recomienda hacer grandes plantas que permitan tratar grandes cantidades de agua cruda, y así se reduce los gastos operativos (OPEX por sus siglas en inglés).

Es necesario considerar el aspecto cultural para impulsar el reúso de las aguas residuales tratadas, inclusive como fuente de agua para consumo humano (SEDAPAL, 2019b). Actualmente, el servicio de mantenimiento del ornato de los distritos está a cargo de las municipalidades distritales y provinciales, e involucra estrechamente a la participación de los vecinos. Pero los altos costos de mantenimiento de las áreas verdes, debido en parte importante a los costos generados de acceso a una fuente hídrica y su distribución, ha generado que muchos municipios no cuenten con la capacidad de encargarse del mantenimiento de la totalidad de sus áreas verdes, generando de esta manera el mal estado de parques, bermas y jardines (Bieberach, 2019).

A pesar de que para SEDAPAL no es recomendable construir pequeñas PTAR menores a 50 l/s, un tercero puede construir su planta si cuenta con la disponibilidad técnica y económica. Así, la empresa de agua puede celebrar contratos, generando los siguientes beneficios:

- Se reducirá el uso de agua potable para el riego de áreas verdes, con ello se incrementaría el agua potable para consumo humano.
- Disminuirá el agua residual que ingresa a las PTAR, ello generaría menor costo del O&M.
- Se generaría un ingreso por la comercialización de las aguas residual.
- Se generarían nuevos puestos de trabajo.

De acuerdo a la normatividad vigente, un tercero interesado puede solicitar agua residual cruda para que implementen su PTAR y así reusar el agua tratada como el caso de Capital Water. Asimismo, SERPAR solicitó agua residual cruda, pero no se llegó a tener un contrato o convenio; sin embargo, tienen construidos siete PTAR en sus parques, cuyos caudales no superan los 6 l/s.

Respecto a las municipalidades, la Municipalidad Provincial del Callao cuenta con dos PTAR que producen 1'131,500 m³/año en total; la Municipalidad Distrital de San Miguel cuenta con dos PTAR que produce 383,250 m³/año en total y la Municipalidad Distrital de San Juan de Miraflores cuenta con una PTAR que produce 631,100 m³/año. Todas estas PTAR cuentan con autorizaciones de reúso de agua residual, mediante convenio interinstitucional entre los municipios y SEDAPAL para el acceso a las aguas residuales, comprometiéndose a cumplir con la adecuada operación de las PTAR y de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA). Para ello, la Municipalidad Distrital de San Miguel y la Provincial del Callao, celebraron contrato de Asociación Público-Privada (APP) con las empresas Aguas de San Miguel S.A.C y Aguas del Callao S.A.C. respectivamente, en las cuales las inversiones iniciales de diseño, instalación, ejecución, operación y mantenimiento las realiza el sector privado. Estas empresas aseguran que su efluente cumpla con los ECA, renovando la autorización de reúso del agua residual con la Autoridades Administrativas de Agua (AAA) Cañete-Fortaleza,

realizando los análisis de agua con laboratorios certificados por el Instituto Nacional de Calidad (INACAL), haciendo envío de forma semestral del monitoreo de la calidad de los efluentes de agua a la Dirección General de Asuntos Ambientales (DGAA) del MVCS y de forma trimestral a las Municipalidades del Callao y San Miguel. A cambio de este servicio de tratamiento de aguas residuales con fines de reúso, las municipalidades se comprometen a comprar el volumen total del efluente de las PTAR, mediante el pago de una tarifa por m³ de agua (Bieberach, 2019). Pero para el costo real se debe adicionar el transporte de camión cisterna que paga el municipio o la instalación de un sistema de riego tecnificado para riego de parques.

En caso de la PTAR del Parque María Reiche de Miraflores, a octubre del 2018, esta no cuenta con autorización por parte de la Autoridad Administrativa de Agua (AAA) Cañete Fortaleza. La tarifa al 2018 es de S/ 2.80 por m³ y se produce un caudal de 750 m³/d (273,750 m³/año). Para el caso de Miraflores, como costo operativo adicional a esta tarifa se le debe considerar el costo de los rebombes desde las cisternas instaladas en los 15 parques a los cuales riega. Se debe tener en cuenta que un sistema presurizado mediante electrobombas funciona de forma intermitente, es decir, que el primer bombeo impulsa el efluente de agua desde la PTAR hacia los 15 parques y posterior a ello, se realiza un rebombeo para realizar el riego de las áreas verdes. Este tipo de sistemas incrementan significativamente los costos de operación de los sistemas de riego tecnificado (Bieberach, 2019).

Según la municipalidad de Miraflores “al año se podrá ahorrar monetariamente un 52.88% aproximadamente en consumo de agua. Esto equivale a tener un gasto anual de S/ 729 mil en promedio, frente a lo que se pagaría en caso de no usar agua tratada, es decir S/ 1’547,106. Este proyecto se ejecutó con un autofinanciamiento de S/ 4’501,395.15, dentro de la modalidad de iniciativa privada” (Capital Water, 2016, p. 1).

Esta inversión significa el 1.63% del ingreso promedio anual de la Municipalidad de Miraflores, por lo que obtiene mayores beneficios encargar a una empresa especializada que se dedique exclusivamente a la operación y mantenimiento de la PTAR, ya que de esta manera se asegura cumplir con los estándares de calidad del efluente.

Para el riego de parques se necesita poca agua, pero mucha infraestructura, especies de bajo consumo y riego tecnificado. La gente cree que el agua residual sale como entra, pero se invierte mucho en insumos. Se debe conocer que tantas normas nos piden tratar el agua. Piden cosas absurdas que es imposible cumplirlas. La exigencia es como un país desarrollado. En San Juan de Lurigancho, Comas e Independencia se puede hacer un piloto por tener mejores suelos (W. Aldave, comunicacional personal 16 diciembre)

En el año 2019, la Empresa Municipal de Agua y Saneamiento de Ica - Emapica efectuó una subasta para comercializar un gran volumen de las aguas residuales de la PTAR de Cachiche con la obligación del tratamiento y una retribución adicional. La subasta fue adjudicada y la planta se encuentra actualmente en ejecución por Agrokasa (MVCS, 2021). Emapica cuenta con la PTAR Cachiche que, en el 2017, tenía una capacidad de tratamiento 160 l/s, mientras que la demanda de tratamiento era de 474 l/s. Por lo tanto, tenía la necesidad de incrementar la inversión en tratamiento de aguas residuales. En junio del año 2018, tras el interés de la empresa Agrokasa en las aguas residuales, lanzó a subasta 9 millones de metros cúbicos al año (un caudal máximo diario de hasta 285,39 l/s), durante 20 años a un precio base de S/ 0.14 por m³, que se actualizará anualmente por el Índice de Precios al Consumidor (IPM). En contraprestación, Agrokasa debe realizar la inversión necesaria (diseño de una PTAR) y correr con los gastos de operación y mantenimiento. La primera subasta fue declarada desierta y aquel comité encargado desestimó la propuesta técnica y ambiental de

Agrokasa. En la segunda, celebrada a final del año, se determinó que el único postor, Agrokasa, era el ganador, con una oferta de S/ 0.165 por m³ por 9'000,000 m³/año lo que arroja un ingreso para Emapica de S/ 1'485,000 anuales.

En cuanto a los efectos de la irrigación en suelo, acuíferos y plantas el río Surco es una infraestructura hidráulica particular, pues atraviesa en su totalidad el casco urbano de la metrópolis más poblada del país: Lima Metropolitana. El uso de las aguas del canal es agrícola, específicamente, un uso de riego de las áreas verdes de 16 distritos de la capital. Si bien desde el inicio de la República hasta la actualidad se han tomado acciones para mejorar la salubridad pública, especialmente en el manejo del alcantarillado y del recojo de basura, hasta el día de hoy el vertimiento de desagües clandestinos, tanto domésticos como industriales, el desecho de residuos sólidos al cauce del canal y la invasión de fajas marginales siguen configurando graves problemas para el canal de riego Surco. Las deficiencias en el sistema de saneamiento, el sistema de desecho de basura y el sistema de planificación urbana han estado históricamente relacionadas a los problemas de las acequias y canales que atraviesan la ciudad (Ortiz, 2018).

La actual situación de escasez hídrica de la ciudad de Lima y la grave situación pronosticada para el 2040 exigen que los recursos hídricos de la ciudad sean gestionados de forma integrada, es decir considerar las aguas residuales actualmente vertidas al mar como un recurso a ser reusado al máximo posible. La inyección por recargar estará determinada finalmente por mayores volúmenes de extracción futuros, es decir se podría recargar hasta volúmenes no menores a los volúmenes medios de extracción anual de 8.56 m³/s para toda la ciudad de Lima (Parodi, 2016).

Aspectos económico-financieros y mecanismos de Asociación Público-Privada (APP). La promoción de Alianzas Público-Privadas en el tratamiento de aguas residuales es

clave, ya que puede contribuir a cerrar la brecha en cobertura de tratamiento y calidad de los efluentes, principalmente en el ámbito urbano.

El mecanismo de APP, bajo la modalidad de concesión, es una alternativa de financiamiento que incorpora la participación del sector privado especializado, un actor clave que se encargará del diseño, financiamiento, construcción, operación y mantenimiento de la infraestructura de la PTAR por un tiempo determinado.

Un proyecto de PTAR municipal puede implementarse por iniciativa de origen estatal cofinanciada (IEC) o iniciativa de origen privado cofinanciado (IPC), siempre que cumpla con los requisitos (consultar el D.L. N° 1362 y su reglamento). Los arbitrios son los recursos municipales que, a través de un fideicomiso, servirán para retribuir al concesionario, lo que le otorga a la APP la condición cofinanciada.

Las APP independientemente de su clasificación y origen cumplen las siguientes fases: (a) Planeamiento y Programación, (b) Formulación, (c) Estructuración, (d) Transacción, y (e) Ejecución Contractual. El proyecto, ya sea que se trate de un proyecto IEC o IPC deberá ser declarado viable en la fase de formulación, en el marco del Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones (GIZ, 2018).

4.2.3 Innovación

La innovación es hoy en día, una necesidad absoluta en las empresas para sobrevivir. Las compañías que no invierten en innovación ponen en riesgo su futuro. “Si no buscan soluciones innovadoras a los problemas que emergen en la sociedad o en sus clientes continuamente, su negocio no prosperará, tendrán poca probabilidad de competir y eventualmente será reemplazada por otras” (Oficina Australiana de Innovación).

Conceptos claves. Para Seclen y Barrutia (2019), Schumpeter fue uno de los autores que colaboró a la comprensión del concepto de innovación; la definió como la fuerza más importante del crecimiento económico y que involucra un proceso de

transformación en el que aparecen nuevos productos y tecnología. Entre las definiciones que presentan, también destaca innovación como un cambio novedoso para la empresa y para el entorno; asimismo, implica un proceso de aprendizaje donde las empresas buscan crear nuevo conocimiento tecnológico. Para García y Palacios (2017), la innovación consiste en “convertir las ideas y el conocimiento en productos, procesos o servicios nuevos, significativamente mejores que los existentes y, sobre todo, así sean valorados o reconocidos por el mercado” (p. 49).

Clasificación de la innovación. Seclen y Barrutia (2019) consideraron que la clasificación de innovación más conocida está relacionada con el grado de novedad y la naturaleza de la innovación. En la innovación, de acuerdo con su grado de novedad, se consideran tres casos: la innovación radical, proviene de grandes invenciones que provoca un nuevo avance científico para la creación de productos o procesos; la innovación incremental, son pequeños cambios en los productos ya existentes para incrementar su funcionalidad, y es producto de la mejora continua y el aprovechamiento del conocimiento existente en la organización; y la innovación disruptiva, orientada a revolucionar la industria utilizando procesos más sencillos, menos costosos y eficientes. Por lo general, este tipo de innovación se presenta en los modelos de negocio y en la estructura de costos de la empresa (Seclen & Barrutia, 2019).

En la innovación de acuerdo con su naturaleza se encuentran las siguientes modalidades: la innovación de producto, que consiste en la introducción de un nuevo bien o servicio o la mejora a los ya existentes, para generar una diferenciación y/o posicionamiento en el mercado; la innovación de procesos, que implica la incorporación de una nueva metodología en los procesos ya existentes de la empresa, como también la implantación de nuevas maquinarias o tecnologías; la innovación organizacional, consiste

en la introducción de nuevas formas de gestión de la empresa, estructural, en el modelo de negocio o cambio de cultura para incrementar los resultados de la organización; y la innovación en la comercialización, que implica cambios significativos en el diseño de productos, promoción, canales de venta y precios para responder a las necesidades de los consumidores en el mercado actual o en uno nuevo (Seclen & Barrutia, 2019).

Modelos de innovación. Como se ha mencionado, la innovación ha estado presente a lo largo de la historia y ha seguido modelos que han permitido su aplicación. En la Tabla 11 se presenta la evolución de los modelos de innovación referidos por Seclen (2014), los cuales han dado paso a nuevos modelos en el último siglo (Seclen & Barrutia, 2019). De acuerdo con la revisión de la literatura, se puede decir que los modelos están orientados a la creación de un producto o transformación de uno ya existente y que puede significar un cambio en el modelo de negocio de la organización.

Proceso de innovación. Muchos autores coinciden en que el proceso de innovación es un proceso de transformación que inicia con la generación de ideas y termina cuando el usuario final interactúa con el producto creado, a través de las actividades de marketing y comercialización (Seclen & López, 2020). Uno de los modelos por seguir en este proceso es el modelo de gestión integral de la innovación de productos, el cual comprende las siguientes actividades (Seclen & Barrutia, 2019):

1. Estrategia de innovación: Contempla el análisis, formulación e implementación de la estrategia.
2. Idea de producto: Consiste en la generación de ideas y la evaluación de estas para dar solución a un problema existente o como respuesta a una oportunidad.
3. Conceptualización del producto: En esta etapa se define el producto de acuerdo con características técnicas y económicas y se analiza el planteamiento del

negocio en función de la estrategia. En esta etapa es clave hacer una investigación de mercado para validar el concepto.

4. Desarrollo del producto: En esta etapa se han realizado varias versiones de producto antes de tener un prototipo con especificaciones para la etapa de testeo.
5. Testeo y validación: Tiene como objetivo eliminar o minimizar la probabilidad del fracaso; para ello se realizan pruebas técnicas y de campo para eliminar el riesgo.
6. Lanzamiento al mercado: Incluye estrategias y actividades de marketing que implica conocer el mercado y al segmento de clientes.

Una vez que el producto haya sido lanzado, debe ser monitoreado en todo su ciclo de vida y realizar los ajustes necesarios (Seclen & Barrutia, 2019).

Tabla 11

Evolución de los Modelos de Innovación

Periodo	Modelo de innovación	Descripción
1950	Empuje de la ciencia y la tecnología	Proceso lineal que inicia con la investigación básica, diseño e ingeniería, fabricación, marketing y ventas.
1960	Tirón de la demanda	Proceso lineal donde I+D reactiva la necesidad del cliente. Etapas: necesidad del mercado, desarrollo, fabricación y ventas.
1970	Acoplamiento	Proceso lineal donde ocurren diferentes interacciones que pueden venir de los avances de la ciencia y de las necesidades del mercado.
1980	Integrador	Proceso simultáneo con retroalimentación, que implica una gestión de procesos simultáneos en vez de secuenciales como los tres primeros.
1990	En red	Sistema integrado, flexible y de respuesta personalizada.
2000	Innovación abierta	Colaboración para la innovación, bajo un proceso interactivo e interdisciplinario.

Nota. Tomado de *Gestión de la innovación empresarial: Conceptos, modelos y sistemas* (p. 36), por J. P. Seclen y J. Barrutia, 2019, Fondo Editorial PUCP.

Innovación en Aguas Residuales Tratadas – ART. Las potenciales ideas de innovación en ART.

- **Generación de bioenergía:** las PTAR con procesos anaeróbicos generan biogás. El biogás puede venderse a terceros como combustible para vehículos o como combustible para una central eléctrica; o puede usarse para cogenerar electricidad y calor para la PTAR, mejorando así la eficiencia energética de la planta. Sin embargo, en Perú, todavía la tarifa de energía es baja para que sean muy rentables este tipo de proyectos.
- **Uso beneficioso de biosólidos:** tradicionalmente, los lodos de las PTAR han sido considerados como residuos que deben descartarse al menor costo posible. Sin embargo, los biosólidos pueden emplearse para múltiples propósitos dado su valor intrínseco y contenido de nutrientes. Los biosólidos se pueden emplear para recuperar suelos degradados, como compostaje o fertilizante en la agricultura, en jardines y campos de golf, por ejemplo. Nutrientes como el fósforo también se pueden extraer de los lodos y vender. Otras aplicaciones que se están explorando incluyen su uso como material de construcción y como combustible. También es posible extraer otros materiales como minerales y celulosa (Rodríguez et al., 2020). Si los biosólidos se dan de forma gratuita, la empresa se puede ahorrar los costos de transporte y cargos en los rellenos sanitarios, como lo viene haciendo la empresa SEDACUSCO que ahorra al año US\$230,000 en cuotas de transporte y relleno sanitario, gracias a un acuerdo con un productor local de compost, que a su vez ayuda a preservar la laguna de Piuray (Rodríguez et al., 2020).
- **Tratamiento terciario, recuperación micropolición por carbón activado.**

- En SEDAPAL falta mucho la automatización, es decir, tener control de los procesos en línea. La información de las 20 PTAR se deben centralizar en una sola para saber cuánto caudal entra y sale en cada PTAR, así como la calidad del efluente. Esto es clave para poder ofrecer el agua residual tratada.
- Un caso de innovación que viene realizando SEDAPAL con la empresa de agua de Madrid - Canal Isabel II, es el monitoreo epidemiológico de aguas residuales del material genético del SARS-CoV-2 en zonas priorizadas de Lima Metropolitana. Este proyecto emplea la información biológica que contienen las aguas residuales, de modo que puede ser utilizada como un sistema de vigilancia al nivel del contagio, determinada días antes de registrarse casos de la COVID-19 en una población. Las personas infectadas con el SARS-CoV-2, descargan sus excretas y secreciones a la red de alcantarillado, y contribuyen en la presencia de material genético del virus en las aguas residuales, lo que puede identificarse, incluso, con anterioridad a la sintomatología característica del COVID-19 (MVCS, 2021).

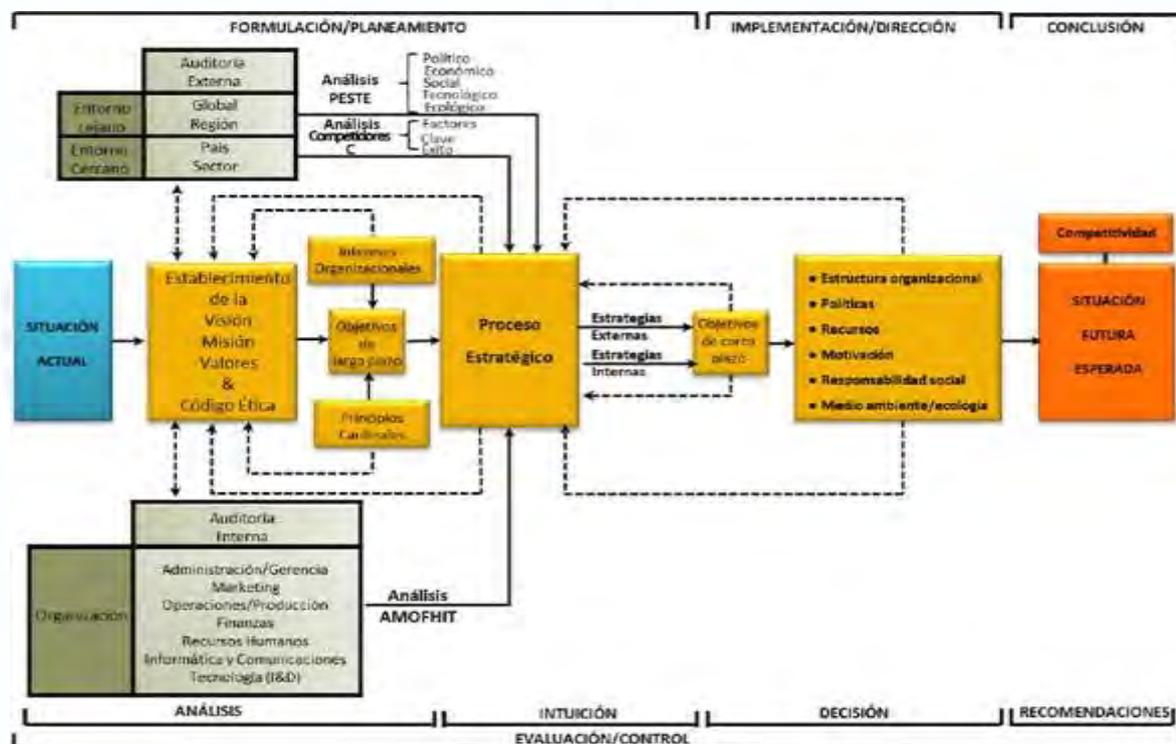
4.2.4 Plan estratégico

Conceptos claves. El proceso estratégico se compone de un conjunto de actividades que se desarrollan de manera secuencial con la finalidad de que una organización pueda proyectarse al futuro y alcance la visión establecida. Este consta de tres etapas: (a) formulación, que es la etapa de planeamiento propiamente dicha y en la que se procurará encontrar las estrategias que llevarán a la organización de la situación actual a la situación futura deseada; (b) implementación, en la cual se ejecutarán las estrategias retenidas en la primera etapa, siendo esta la etapa más complicada por lo rigurosa; y (c) evaluación y control, cuyas actividades se efectuarán de manera permanente durante todo el proceso para monitorear las etapas secuenciales y, finalmente,

los Objetivos de Largo Plazo (OLP) y los Objetivos de Corto Plazo (OCP). Aparte de estas tres etapas, existe una etapa final, que presenta las conclusiones y recomendaciones finales, tal como se muestra en la Figura 15. Cabe resaltar que el proceso estratégico se caracteriza por ser interactivo, pues participan muchas personas en él, e iterativo, en tanto genera una retroalimentación repetitiva (D'Alessio, 2015).

Figura 15

Modelo Secuencial del Proceso Estratégico



Nota. Tomado de *El proceso estratégico: Un enfoque de gerencia* (3a ed. rev., p. 11), por F. A.D'Alessio, 2015, Pearson.

Un proceso estratégico recibe tres grandes insumos: (a) el análisis del entorno (mundo-región-país), donde se determinarán las oportunidades y amenazas que influyen al sector, la organización y los competidores; (b) el análisis del sector y la competencia, a partir del cual se podrá determinar el perfil competitivo de los competidores en referencia a los factores claves de éxito en el sector industrial; (c) el

análisis interno de la organización, a través del cual se identificarán las fortalezas y debilidades (D'Alessio, 2015).

El proceso estratégico no es un esquema rígido ni aplicable de forma igualitaria a cualquier organización. Existen dos factores que hacen posible que un proceso estratégico sea puesto en marcha y se desarrolle con alta probabilidad de éxito: contar con un liderazgo altamente comprometido, que conozca bien a su organización; y contar con una cultura organizacional permeable, adaptable al cambio y, sobre todo, proactiva. Si no se poseen estos componentes, claramente positivos, no es recomendable iniciar este proceso (D'Alessio, 2015).

Plan de implementación de un proyecto de plantas de tratamiento de aguas residuales. Los municipios pueden celebrar contratos o convenios con la empresa prestadora de servicios de saneamiento (EPS) de la ciudad para usar las aguas residuales tratadas de las PTAR. Donde no existan estos sistemas, el municipio puede acceder a las aguas residuales crudas de los sistemas de alcantarillado, asumiendo la responsabilidad de su tratamiento.

En los últimos años se ha incrementado la oferta de PTAR compactas de propiedad municipal, en algunos casos bajo la modalidad de concesión. En los últimos nueve años, se adjudicaron hasta 12 nuevas PTAR. Actualmente existen un total de 17 PTAR municipales en Lima Metropolitana, cuyos efluentes son destinados al riego de áreas verdes. Para llevar a cabo un proyecto PTAR para riego una vez identificada la iniciativa municipal de reúso, que considera la implementación de una PTAR, se sugiere realizar el análisis inicial de viabilidad según la siguiente secuencia:

- Analizar la necesidad del proyecto.
- Determinar la demanda del riego.

- Seleccionar la posible opción tecnológica y la ubicación de las áreas de terreno disponibles para la infraestructura de la PTAR.
- Estimar el área necesaria para la infraestructura de la PTAR.
- Determinar los posibles mecanismos de inversión para el proyecto.
- Estimar la retribución al concesionario privado si el proyecto aplica para una APP.

Para la selección de tecnología adecuada se consideran opciones tecnológicas de tratamiento que producen efluentes aptos para el riego de áreas verdes sin poner en peligro la salud pública. Cada opción tecnológica es una serie consecutiva de procesos unitarios con objetivos específicos de remoción de elementos no deseados y que acondicionan el agua residual para el siguiente proceso. En la selección de la tecnología de la PTAR se deben considerar varios aspectos, siendo los factores de sostenibilidad los más importantes. La Figura 16 detalla los siete criterios prioritarios para la priorización de la tecnología.

Las aguas residuales crudas deben ser tratadas hasta alcanzar la aptitud microbiológica y fisicoquímica requerida para el riego de áreas verdes.

Los sistemas de tratamiento de aguas residuales municipales con fines de riego de áreas verdes generalmente están compuestos de un tratamiento preliminar, primario, secundario (o biológico) y terciario o avanzado.

El agua residual que ingresa como afluente al sistema es sometido a un tratamiento preliminar para remover sólidos gruesos, flotantes, arenas y aceites; allí también se realiza la homogenización de la cantidad y calidad del agua residual que seguirá el proceso. Continúa el tratamiento primario que implica la sedimentación de sólidos más finos. En el tratamiento secundario o biológico se favorece el desarrollo de microorganismos que metabolizan/digieren la materia orgánica. En el tratamiento terciario, al agua

biológicamente tratada es sometida principalmente a procesos de remoción de huevos de parásitos para su posterior desinfección final. En todo el proceso se generan lodos que la legislación actual (D.S. N°015-2017-VIVIENDA) considera como biosólidos. Estos lodos deben ser estabilizados y dispuestos correctamente.

Figura 16

Gráfico de los Siete Criterios Prioritarios



Nota. Tomado de “Guía Técnica Para Reúso Municipal de Aguas Residuales Tratadas en el riego de Áreas Verdes de Lima Metropolitana,” por GIZ, 2018.

Actualmente no existe una norma nacional específica, para la evaluación de la calidad de las aguas residuales tratadas destinadas al riego, por lo que se utiliza como referencia las directrices de la OMS (1989) y Guías de la EPA (2012). Los mecanismos de financiamiento para una PTAR pueden ser mediante un proyecto de inversión pública o utilizando el mecanismo de asociación público-privada (APP). En Lima Metropolitana la principal iniciativa municipal de reúso ha sido la construcción de PTAR compactas que tratan aguas residuales captadas de las redes colectoras de la SEDAPAL.

Para reusar aguas residuales tratadas en riego de áreas verdes, se debe contar con una autorización de reúso. Se gestiona ante las Autoridades Administrativas de Agua (AAA) y cuando no exista en su jurisdicción, ante la Dirección de Calidad y Evaluación

de Recursos Hídricos de la Autoridad Nacional del Agua. El reglamento para el otorgamiento de autorizaciones de vertimiento y reúso de aguas residuales tratadas y su modificatoria aprueba el procedimiento y los requisitos para gestionar una autorización de reúso. En la Figura 17, se presenta los pasos para obtener una autorización de reúso de ART en el riego de áreas verdes (GIZ, 2018).

Figura 17

Pasos para la Obtención de Autorización de Reúso de ART



Nota. Tomado de “Guía Técnica Para Reúso Municipal de Aguas Residuales Tratadas en el riego de Áreas Verdes de Lima Metropolitana,” por GIZ, 2018.

Los desafíos del reúso con fines de riego principalmente se basan en:

- Voluntad política para identificar y eliminar trabas y restricciones que enfrentan las iniciativas municipales de reúso.
- Prever medidas que garanticen la sostenibilidad de los sistemas de tratamiento municipales.
- Priorizar sistemas de tratamiento con altos niveles de depuración de agua residual que permita el riego de áreas verdes.

- Promover la coordinación interinstitucional para identificar y eliminar trabas y restricciones que enfrentan las iniciativas municipales de reúso.
- Desarrollar mecanismos claros entre la EPS y municipalidades distritales para el acceso y uso del agua residual cruda de las redes colectoras de la ciudad.
- Establecer roles y competencias para la instalación de la infraestructura de conducción del agua residual cruda desde la red de alcantarillado de la ciudad hasta la PTAR municipal.
- Implementar un plan maestro de gestión integral de aguas residuales de la ciudad como medida para afrontar la escasez hídrica.
- Formular y aprobar políticas sectoriales y nacionales de promoción del reúso de aguas residuales tratadas en el riego de espacios públicos verdes.
- Promulgar normas nacionales específicas para la evaluación de la calidad de los efluentes de PTAR con fines de riego.
- Realizar controles consistentes de calidad de los efluentes de PTAR destinados al riego de áreas verdes.
- Garantizar el cumplimiento de los Valores Máximos Admisibles (VMA) para asegurar características homogéneas de las aguas residuales crudas captadas para las PTAR municipales.
- Reducir tasas altas de morosidad en el pago de arbitrios municipales para disponer recursos económicos que permitan implementar iniciativas de reúso y las acciones de operación y mantenimiento.
- Establecer programas de financiamiento especial desde el gobierno central para pequeños sistemas municipales.

4.2.5 Modelos de Negocios

Un modelo de negocio describe la lógica sobre cómo una organización crea, entrega y captura valor. Los modelos de negocio son básicamente historias que explican cómo trabajan las organizaciones, indicando quiénes son los clientes, cómo se generan utilidades, cuál es la lógica económica subyacente que permite entregar valor a los clientes a los que se dirige la empresa a un costo apropiado. Es una descripción sistémica de cómo es que las piezas de un negocio interactúan, y este diseño es formulado con la finalidad de darle consistencia y base a la empresa para que pueda enfrentar el dinamismo del mercado y los sistemas de su entorno.

Osterwalder y Pigneur (2011) propusieron una estructura denominada Modelo Canvas, que consta de los siguientes elementos:

- Segmentos de mercado: Definición de los diferentes grupos de personas o entidades a los que se dirige una empresa.
- Propuesta de valor: Serie de ventajas que una empresa ofrece a los clientes de manera diferenciada y que, a su vez, define la preferencia que el cliente tiene sobre una determinada empresa.
- Relaciones con los clientes: Describe los diferentes tipos de relaciones que establece una empresa con determinados segmentos de mercado.
- Canales de distribución: Modo en que una empresa se comunica con los diferentes segmentos de mercado para llegar a ellos y proporcionarles una propuesta de valor.
- Recursos clave: Describe los activos más importantes para que un modelo de negocio funcione.
- Actividades clave: Se señalan las acciones más importantes que debe emprender una empresa para que su modelo de negocio funcione.

- Asociaciones clave: Se consigna la red de proveedores y socios que contribuyen al funcionamiento de un modelo de negocio.
- Estructura de costos: Se indican todos los costos que implica la puesta en marcha de un modelo de negocio.
- Fuentes de ingresos: Se refiere al flujo de caja que genera una empresa en los diferentes segmentos de mercado (para calcular los beneficios, es necesario restar los gastos a los ingresos).

Innovación en modelos de negocio. El estudio de IBM (citado en Fernández & Paredes, 2018) se enfocó en analizar el esfuerzo dedicado a diferentes formas de innovación, tales como desarrollo de productos, reingeniería de procesos y modelos de negocio, y en los respectivos resultados obtenidos. Los hallazgos indican que, independientemente del tipo de industria, la innovación en modelos de negocio tenía una correlación más alta con el crecimiento del margen operativo que los otros dos tipos de innovación.

Para Sosna et al. (citado en Fernández & Paredes, 2018), es necesario que las empresas alteren sus modelos de negocio a medida que se desarrollan. Existen dos situaciones particulares en las que se hace necesario un nuevo modelo de negocio: la primera se da en el inicio de la actividad empresarial, dado que el modelo suele ser imperfecto, hay que ir adaptándose hasta encontrar la efectividad esperada; la segunda es cuando una empresa ya establecida descubre que necesita un cambio por dificultades de creación y captura de valor.

Por tanto, los modelos de negocio exitosos serán aquellos que dirijan sus esfuerzos hacia la obtención de la lealtad del cliente mediante el esfuerzo constante en percibir su necesidad; esto generará una relación más fuerte entre el cliente y la empresa (Fernández & Paredes, 2018).

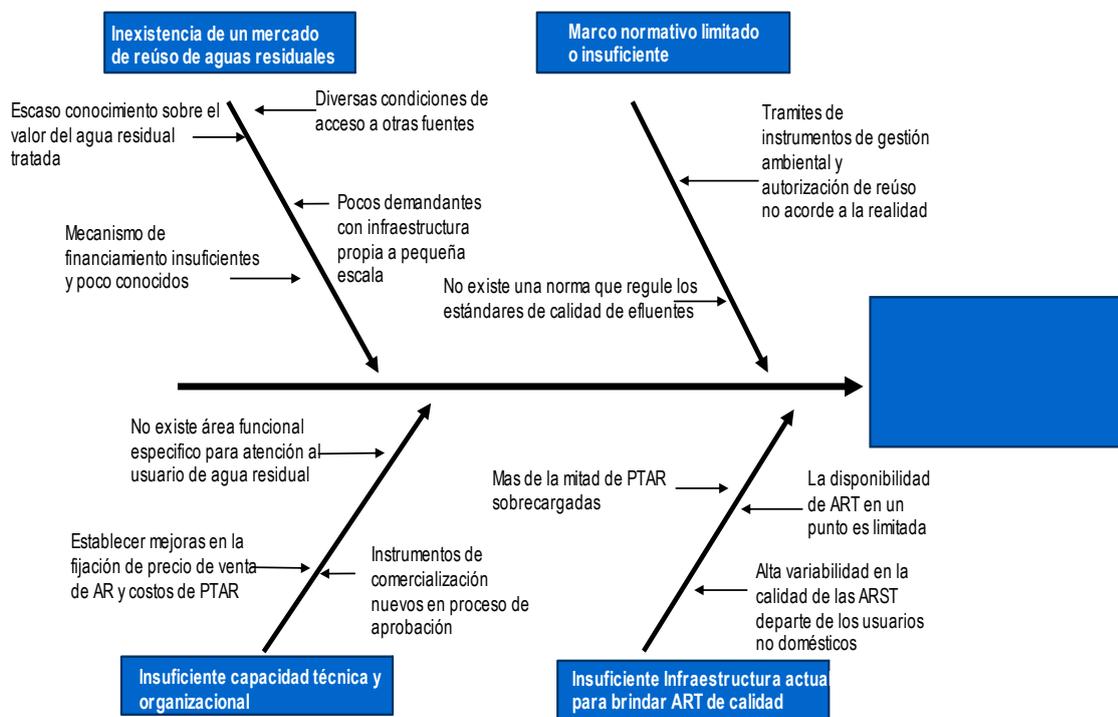
4.3 Conclusiones

La revisión de la literatura ha aportado conocimientos sólidos para entender el contexto en dónde y cómo opera el proceso de aguas residuales, modos de tratamientos, calidad, uso y alianzas público-privadas para el reúso en áreas verdes. Así como definiciones y prácticas que hoy se aplican en el tratamiento de las aguas residuales y su reúso y son las que servirán de base para plantear las alternativas de solución propuestas más adelante.

Por un lado, se revisa las mejores prácticas, tendencias y cuidado del medio ambiente que esto implica, como también la economía circular y optimización del reúso de aguas tratadas, que son las que proporcionan los lineamientos para entender el futuro en la gestión de los negocios, y cómo SEDAPAL contribuye a la responsabilidad social, ambiental y al desarrollo económico del país. Asimismo, a través de la normativa legal vigente en el Perú, se identificaron las consideraciones que hay que tener presente para la gestión de aguas residuales, su tratamiento, tarifas y la promoción del reúso en riego. Finalmente, los conceptos revisados en el tema de innovación, modelos de negocio y plan estratégico permitirán dar sustento a la propuesta de solución que se planteará, sobre todo porque se presentará un caso de negocio para el reúso de aguas residuales crudas.

Capítulo V: Análisis de Causa Raíz

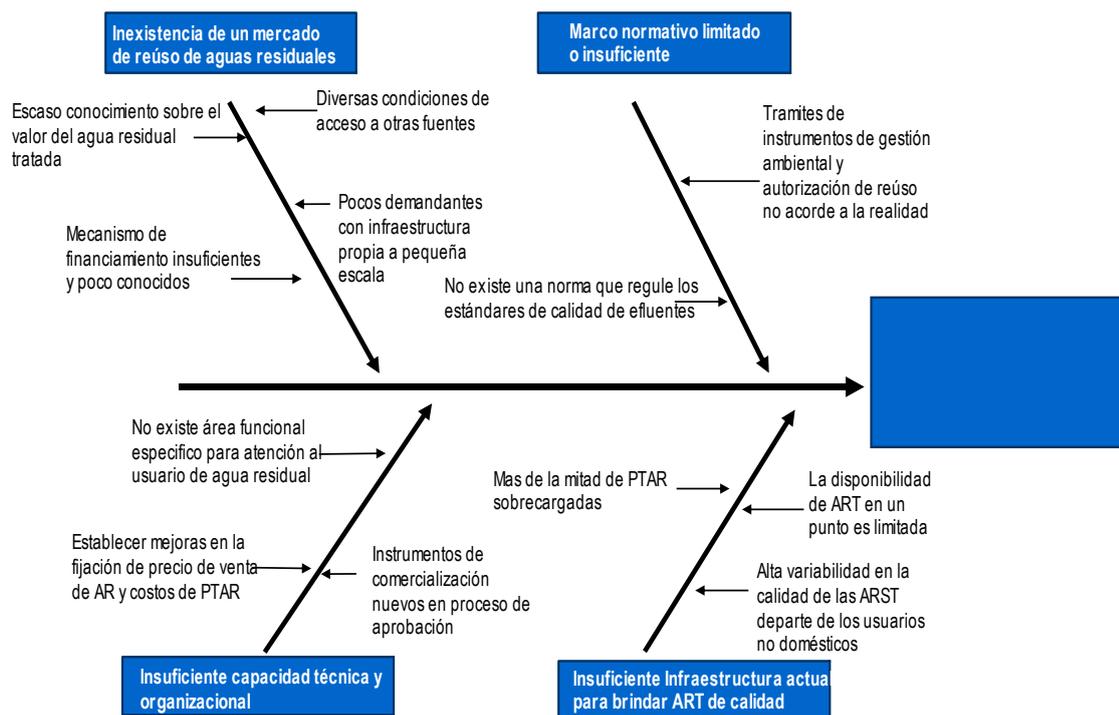
Para el presente capítulo, sobre la base de entrevistas realizadas a los empleados de SEDAPAL, a especialista de la cooperación Alemana y especialistas en aguas residuales se utilizó una adaptación al diagrama de causa-efecto Isikawa (ver Figura 18



), herramienta de gestión de la calidad, a fin de identificar las principales razones que estarían detrás de la oportunidad de seguir reforzando los valores de SEDAPAL, con el objetivo de promover la comercialización de aguas residuales como recurso para la economía circular, y de esta manera contribuir con los ODS.

Figura 18

Diagrama de Isikawa



5.1 Inexistencia de un Mercado de Reúso de Agua Residual

5.1.1 Escaso Conocimiento sobre el Valor del Agua Residual Tratada

Hay un escaso conocimiento sobre el valor del agua residual tratada y de sus subproductos, siendo desaprovechados para su comercialización y reúso (MVCS, 2021). En términos generales se puede decir que existe en la población un rechazo natural por el uso de las aguas residuales, situación que está cambiando rápidamente en los últimos años debido a una intensa campaña ambientalista que propone sustituir el agua potable por la residual para el riego de las áreas verdes, por ejemplo (Moscoso, 2011).

Los casos de éxito de reúso en el país son poco conocidos y difundidos, experiencias como el reúso en riego de cultivos de la PTAR San Bartolo deben ser escalables, así como la adjudicación mediante subasta de las aguas residuales de la PTAR Cachiche en Ica para el riego de cultivos de exportación deben ser evaluadas y promovidas en diversos sectores productivos. Sin embargo, en muchos países como Israel es una práctica cotidiana usar el agua residual tratada para la agricultura, exportando

cítricos a Europa y regar hasta vegetales como zanahoria. En cambio, en Perú existe un bajísimo valor al agua residual por parte de los usuarios agrícolas, su baja productividad agrícola hace que no paguen el ARST, pero si fueran cultivos de exportación es probable que si se puedan pagar.

También la experiencia de SEDACUSCO donde obtienen subproductos como biogás y biosólidos, para el ahorro de energía y mejora de campos de cultivos deben ser mejor difundidos.

5.1.2 Mecanismo de Financiamiento Insuficientes y Poco Conocidos

Las Alianzas Público-Privadas - APP para el reúso de aguas residuales urbanas municipales se viene implementando con relativo éxito en distritos con altos ingresos económicos como Miraflores, San Miguel y Callao; sin embargo, es recomendable evaluar otras alternativas con municipios de bajos ingresos como Carabayllo, San Juan de Lurigancho donde la necesidad para el riego de áreas verdes es mucho mayor. Otro mecanismo como las Obras por Impuestos - OXI también se han ejecutado en la construcción de PTAR, pero la O&M cae generalmente en los municipios, por lo que si no cuentan con presupuesto y personal capacitado permanente es poco sostenible.

Asimismo, el MVCS a través del “Programa Mejoramiento Integral de Barrios” apoya a los gobiernos locales en la mejora de parques, veredas y también con pequeñas PTAR como el caso de la Municipalidad de Puente Piedra donde financió el 80% de una planta en el 2015. Finalmente, se cuenta con el Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones INVIERTE.PE, que tiene un proceso estandarizado de formulación, ejecución y funcionamiento; sin embargo, este proceso puede tomar más de cuatro años en ejecutar una PTAR.

5.1.3 Diversas Condiciones de Acceso a Otras Fuentes

La ciudad de Lima, a pesar de estar en una zona con estrés hídrico, cuenta todavía con diversas fuentes de agua: el agua potable, el agua subterránea o de pozo, los ríos, manantiales, camiones cisterna, el canal Surco y el mar. Al existir una red de agua potable en toda la ciudad, es fácil romper una tubería para regar parques, a pesar de que SEDAPAL hace un gran esfuerzo en detectar el agua clandestina. El agua subterránea es un recurso finito que por su calidad es muy apreciada sobre todo para las industrias y grandes consumidores, que, por su capacidad económica, todavía es su fuente principal de agua. Los ríos son cada vez menos usados por la calidad de agua que llega a la ciudad.

Igualmente, existen manantiales que emergen en las orillas de los ríos y el mar, y que son aprovechados por los camiones cisterna de los municipios y particulares para el riego de parques y jardines. También existen municipios que optan por contratar camiones cisterna que extraen agua subterránea de pozo privados (caso San Juan de Lurigancho), y que además les ofrecen el servicio complementario de riego de los parques.

Asimismo, el río Surco, un canal prehispánico, es la fuente principal de agua para riego de áreas verdes de 16 distritos de Lima; pero en época de estiaje se quedan sin agua porque les cierran sus compuertas para que fluya más agua hacia la PTAP La Atarjea y poder abastecer de agua potable a la población de Lima.

Finalmente está el mar que, para especialistas como Juan Pinto, presidente de la Asociación Latinoamérica de Desalación y Reúso de Agua, ante una crisis hídrica, la desalación será una alternativa para ciudades costeras, pero no la única. Sin embargo, afirma que lo primero que se debe hacer es reusar el agua y, en segundo lugar, producir agua potable del mar (“Un embajador frente a la crisis climática,” 2022). La reciente puesta en marcha de la Planta de Provisur en Santa María de la Mar es un primer paso importante en este tipo de fuente. Si bien la desalación está siendo promovida como nueva

fuentes de agua, sería recomendable conocer la factibilidad técnica y económica de esta fuente y ser comparada con el agua residual cruda y tratada.

5.1.4 Pocos Demandantes con Infraestructura Propia

SEDAPAL hasta la fecha sólo cuenta con 15 usuarios o reusantes que toman el agua de 10 PTAR, pero no usan toda el agua tratada, quedando cerca de 1.3 m³/s sin ser reusado; por ejemplo, en la PTAR San Bartolo más de 1 m³/s se va al río Lurín y luego al mar. Igualmente, para las ARST sólo se cuenta con 11 usuarios, que tratan el agua cruda para el riego de parques y jardines. Hasta la fecha SEDAPAL no cuenta con ninguna industria que trate las aguas crudas para sus procesos productivos o áreas verdes. Se requiere hacer un análisis de grandes usuarios, tipo industrias, para la identificación de potenciales clientes de ARST. El agua cruda puede ser una buena alternativa para las industrias porque ellos pueden invertir en tecnología que les permita tratar el agua de acuerdo con sus necesidades. En este sentido, SEDAPAL junto a la Cooperación Alemana realizaron un análisis preliminar de empresas con consumos mayores a 1 l/s/día, con la intención de que sean potenciales clientes, pero resultó que no hay muchas empresas que consumen agua de la red pública, sino que tienen pozos, y este recurso es más barato si se compara con la tarifa comercial de agua potable (J. Chávez, Comunicación personal el 7 de enero del 2022).

5.2 Marco Normativo Limitado o Insuficiente

5.2.1 Trámites para Autorización de Reúso No Acorde a la Realidad

Los trámites para el reúso los realiza el usuario o tercero que hace uso del ART, para ello, debe solicitar a la ANA una autorización de uso de ART. Existe un Texto Único de Procedimientos Administrativos -TUPA para solicitar el reúso, aunque lo más engorroso es elaborar el instrumento ambiental aprobado por el sector y luego aprobado por la ANA. Por ejemplo, en el caso de ser un usuario agrícola como fue la empresa

Agrokasa en Ica, lo presentó al MIDAGRI, en el caso de un municipio se presenta a la DGAA de MVCS.

Por otro lado, las municipalidades tienen muchas limitaciones para tramitar una certificación ambiental, ya que estos trámites requieren un asesoramiento y seguimiento ante las instituciones para su aprobación. La ANA a parte de la certificación ambiental, te pide un laboratorio acreditado para el monitoreo de los efluentes de la PTAR (V. de la Cruz, comunicación personal, 29 diciembre 2021).

5.2.2 No Existe una Norma que Regule los Estándares de Calidad de Efluentes

Hasta la fecha no se cuenta con una norma nacional para el reúso de ART domesticas o para riego de parques y jardines. Por ello, se está tomando como referencia los parámetros de calidad de la OMS; sin embargo, estos estándares de calidad son un poco alto. Concretamente, el parámetro de Huevos de Helmintos debe ser menor a 1 Huevo/l, lo que hace crítico su cumplimiento para las PTAR. Asimismo, no existe normas globales para el reúso de agua residuales con fines industriales, esto va a depender de la calidad que requiera cada industria. Para procesos de producción, preparación de agua de calderas, u otros procesos industriales específicos se va a requerir tratamiento adicional. Por lo que para reúso con fines industriales no tendría sentido crear una norma de carácter general.

Por otro lado, para la supervisión de la calidad de agua que riegan los parques, la ANA dijo que le compete a MVCS, pero el MVCS no tiene el área implementada para hacer esa supervisión. Ante ello, a la empresa Capital Water no le están supervisando para nada, ni la ANA ni el MVCS; por lo que posiblemente están regando con alta carga de Huevos de Helmintos, disminuyendo sus costos de tratamiento (J. Chávez, Comunicación personal el 7 de enero del 2022).

5.3 Insuficiente Capacidad Técnica y Organizacional

5.3.1 *No Existe Área Funcional Específico para Atención al Usuario de Agua Residual*

La gestión de reúso de aguas residuales en SEDAPAL fue recién declarada en el 2020 como un servicio adicional dentro de la misión de la empresa. Por lo que actualmente tienen insuficiente personal que cumpla el rol de atender y promover el reúso ante potenciales usuarios privados; así como, no existe un área de acompañamiento a los usuarios para tramitar su autorización de uso de ART. Ante ello, es necesario una nueva estructura organizacional a nivel de los equipos de la gerencia de gestión de agua residuales, con apoyo del equipo de servicios y clientes especiales.

Sin embargo, de acuerdo con la entrevista realizada a la especialista en aguas residuales (V. de la Cruz, comunicación personal, 29 diciembre 2021), el equipo se encuentra capacitado en todo lo referido a ART y acaban de ganar una donación de la empresa de agua de Madrid - Canal Isabel II, para desarrollar capacidades y promover las ART. Este conocimiento en el uso de nuevas tecnologías va a ser clave para generar procesos más eficientes en la gestión de aguas residuales.

Debido a que no se da una capacitación permanente para el mantenimiento de PTAR, no se diseñan otros tipos de plantas de tratamiento debido a que SEDAPAL podría generar problemas para la recepción de obras. La verificación de la recepción de obras de SEDAPAL corresponde no sólo a manifestar su conformidad con respecto al éxito del proyecto, sino también su proyección en futuras ampliaciones para mejoras en la ciudad (Arce Jáuregui, 2013).

5.3.2 *Establecer Mejoras en la Fijación de Precios de Venta de AR y Costos de PTAR*

El precio de venta de ART y ARST se va modificando ya tres veces, y se calculó en base a los costos internos de tratamiento de agua, y no en base a la oferta y demanda del servicio. Es decir, el precio de venta de ARST o cruda se determinó en base a los

costos de alcantarillado netos de recolección primaria, secundaria y tratamiento de aguas residuales; dividido entre el volumen de recolección de desagüe. Para el precio de venta del ART se le agregó el volumen de aguas servidas tratadas.

Actualmente se tiene un precio de venta de ART de S/ 0.18 por m³, y el ARST de S/ 0.073 por m³. Aun así, estos precios de venta no parecen ser todavía muy atractivo por los usuarios o terceros. “Lo que se debe flexibilizar es el precio del ART, porque no todas las PTAR cumplen con los parámetros de calidad de huevos de helminto, por lo que se debe hacer un abanico de precio dependiendo la calidad que se ofrece. Esto sería un nuevo frente de trabajo para investigar. No se puede negociar con precios rígidos. El ARST ya está por los suelos, pero en ART se debe evaluar si se puede bajar algo para hacer más atractivo” (J. Chávez, Comunicación personal el 7 de enero del 2022). Por ejemplo, para los primeros contratos con Capital Water se consideró un precio de S/ 0.345 por m³, incluida la depreciación; ahora se ha quitado la depreciación y se disminuyó a S/ 0.073, pero aun así se resisten a pagar. En cambio, la tarifa de agua del canal Surco al 2010 era en promedio de S/ 0.04 por m³, siendo muy competitiva frente al ARST (Moscoso, 2011).

Por otro lado, no hay mucha experiencia dentro de SEDAPAL en determinar costos de inversión y de O&M de PTAR, ya que generalmente el diseño y ejecución de la PTAR lo hace el reusante, porque por norma (D.S. N° 019-2017-VIVIENDA) establece que la construcción de la infraestructura está a cargo del reusante, pero lo O&M de la interconexión está en manos del prestador del servicio, porque si la interconexión se llena de lodos y colapsa, la responsabilidad generalmente cae en SEDAPAL.

5.3.3 Instrumentos de Comercialización Nuevos en Proceso de Aprobación

Si bien SEDAPAL ya cuenta con modalidades de convenio y/o contratos para la comercialización de agua residual, todavía no se tiene aprobado un reglamento interno o proceso administrativo para la venta de agua residual. Al igual que se cuenta con

instrumentos para una conexión de agua potable, se requiere un instrumento para agua residual con sus etapas de comercialización bien definidas. Si dentro de la empresa no se tiene el procedimiento interno es complicado promover las aguas residuales. Este procedimiento incluye especificaciones técnicas para construcción de interconexiones y empalmes que van a transportar agua a los reusantes. Las interconexiones deben tener empalme, cámara de medición, cámara de cierre si en caso genera atoros o no pagan (D. Loose, Comunicacional personal 5 enero del 2021). Es decir, todas las facilidades para la O&M. Por otro lado, los riesgos de construcción de una PTAR han disminuido con los procedimientos y especificación técnica que se maneja, porque SEDAPAL aprueba el expediente técnico, luego supervisa la construcción de esta y se cobra por los servicios colaterales.

5.4 Insuficiente Infraestructura para Brindar ART de Calidad

5.4.1 Mas de la Mitad de PTAR Sobrecargadas

Un factor fundamental en el mal manejo nacional del tratamiento de aguas residuales es la mezcla de las aguas residuales domésticas e industriales. Al mezclarse generan un problema diferente para tratarse, es decir, la tecnología habilitada para aguas residuales domésticas no logra cumplir con el tratamiento adecuado debido a la aparición de agentes ajenos no asumidos en el diseño como agentes químicos, sangre de camales, entre otros. Es así que estas plantas de tratamiento comienzan a tener fallas hasta verse en posibles estados de emergencia. Además de aumentar el volumen de aguas tratadas y afectar considerablemente el volumen establecido por el diseño, la tecnología de la planta de tratamiento pasa a ser obsoleta (Arce Jáuregui, 2013).

El 53% de PTAR administradas por SEDAPAL están sobrecargadas y en mal estado, lo que genera un ineficiente sistema de tratamiento y sin capacidad de atender la demanda. Es más, algunos no tienen tratamiento terciario y no llegan a cumplir con los

parámetros de calidad de la OMS. Esto causa que la calidad de ART y ARST no sea atractiva para los usuarios. Por ejemplo, en el caso de la PTAR San Bartolo, la empresa Pozo Alto de Iago Masías tiene que hacer todavía un tratamiento previo para regar sus cultivos como cítricos.

Se ha evaluado varias PTAR que pueden dar ART para riego de tallo alto, pero se ha observado que varios municipios aun riegan con agua potable a pesar de tener un precio mayor a S/ 6 por m³, y la razón es que la red está en toda la ciudad (D. Loose, comunicacional personal 5 enero del 2021).

5.4.2 La Disponibilidad de ART en un Punto es Limitada

Las PTAR están ubicadas alrededor de Lima y casi nadie tiene instalado una red de tuberías para el reúso de ART. En cambio, en Madrid - España la empresa de agua cuando construye un PTAR, también incluye la instalación de una red de tuberías para comercialización de agua residuales a sus potenciales usuarios. Es decir, toda la responsabilidad de brindar el servicio de ART está en manos de la empresa de agua. En el caso de Lima, atomizar con muchas pequeñas PTAR a los municipios no es recomendable, porque no está claro quién va a supervisar la calidad de agua que están regando, ya que el MVCS no tiene la capacidad de hacerlo. En cambio, para la industria sí, porque va a entrar a sus procesos y requiere parámetros específicos.

5.4.3 Alta Variabilidad en la Calidad de las ARST de Parte de los Usuarios No Domésticos

Existen muchas industrias que vierten las aguas residuales de sus procesos al alcantarillado. Por ejemplo, el colector Gambeta que recibe el agua residual de varias industrias del Callao llega a la PTAR Taboada, el cual hace un tratamiento muy variable y complicado, con picos donde no puede llegar a los parámetros para descargar de efluentes en el mar. Asimismo, la calidad que llega a la PTAR de Capital Water en el Callao es muy

malo. Ante ello, SEDAPAL quiere ofrecer más el ARST o cruda, tal como lo señala el gerente general:

“Bajamos el precio del desagüe crudo, pero duplicamos lo que se está vendiendo. Maximizar la cantidad de desagüe crudo que queremos entregar. Bajamos el tratamiento. San Bartolo nos cuesta S/ 0.35 /m³ y lo vendemos a S/ 0.17 /m³. Por las condiciones de mercado, no te pagan más de eso. Siempre nos va a costar más el tratamiento, siempre nos va a convenir vender el desagüe crudo. A la empresa que trata le va a convenir más porque le cobra más y a nosotros nos va a convenir, porque nos libera del CAPEX y OPEX del tratamiento.” (R. Acosta, comunicacional personal 29 diciembre del 2021)

Asimismo, el gerente de inversiones de SEDAPAL recalcó que “las redes de alcantarillado están en constante tensión, en estrés porque son antiguas, cualquier proyecto de reúso o disminución de aguas crudas en la red, quita el estrés en el alcantarillado.” (F. Paz, comunicacional personal 05 febrero del 2022)

La industria necesita más agua blanda para luego enviarlo a un proceso de ósmosis inversa. Por ello, muchas industrias tienen pozos y es con esta fuente que tiene que evaluarse para demostrar el valor agregado que tiene el agua residual frente a los pozos. La empresa Quimpac, ubicada en el Callao, está evaluando si trata aguas crudas o desaliniza agua de mar para sus procesos. En las zonas industriales la calidad del agua residuales es muy mala y variable, porque tiene contenidos químicos, metales, etc., aparte de las coliformes; lo que hace que su tratamiento sea más costoso. Frente a la variabilidad del agua cruda, se debe proponer PTAR con tecnologías que permitan tratar efluentes variables.

5.5 Matriz Priorización Causa-Raíz

Luego del desarrollo de la matriz causa-raíz del problema central definido por las reuniones con especialistas y personal de SEDAPAL, se desarrolla la matriz de priorización, para detectar las causas de mayor incidencia en el problema central. La priorización de las causas ha sido evaluada otorgándole un orden de importancia basado en dos criterios, que se reseñan a continuación.

5.5.1 Factibilidad

El criterio de factibilidad evalúa la viabilidad que tiene SEDAPAL para resolver la causa con sus recursos actuales; es decir, qué tan fácil podría afrontar dicha causa en un corto plazo. La puntuación está asociada a un orden jerárquico, donde 1 es la causa con menor dificultad por resolver y 15 la de mayor dificultad.

5.5.2 Beneficio

El criterio de beneficio está asociado a qué causa podría aportar mayor beneficio para alcanzar los objetivos de corto y largo plazo de SEDAPAL, y qué causa se espera que aporte menor beneficio. La puntuación va en orden jerárquico, donde 1 es la causa con menor beneficio y 15 la causa con mayor beneficio.

5.5.3 Resultado

La causa que obtenga el mayor resultado será considerada como la causa central del problema de SEDAPAL; sin embargo, puede existir más de una causa que tenga un impacto significativo al problema central y, por ende, afecten los objetivos de corto y largo plazo. Al respecto, la Tabla 12 resume la evaluación realizada con SEDAPAL, acerca de qué causas son las más factibles de resolver, y qué causas son las que pueden generar mayor beneficio.

Tabla 12*Lista de Prioridades de Causa*

N°	Causa	Factibilidad	Beneficio	Total
1	Alta variabilidad de la calidad de las ARST por los usuarios no domésticos	14	13	13.5
2	Pocos demandantes con infraestructura propia	12	14	13.0
3	Instrumentos de comercialización nuevos en proceso de aprobación	10	14	12.0
4	No existe área funcional específico para atención al usuario de agua residual	9	14	11.5
5	Establecer mejoras en la fijación de precios de venta y costos de PTAR	8	14	11.0
6	Escaso conocimiento sobre el valor del agua residual tratada	10	11	10.5
7	Trámites para autorización de reúso no acorde a la realidad	5	12	8.5
8	Mas de la mitad de PTAR sobrecargadas	4	12	8.0
9	No existe una norma que regule los estándares de calidad de efluentes	3	10	6.5
10	La disponibilidad de ART en un punto es limitada	1	12	6.5
11	Diversas condiciones de acceso a otras fuentes	5	5	5.0
12	Mecanismo de financiamiento insuficientes y poco conocidos	2	8	5.0

5.6 Conclusión

Se concluye que tener una alta variabilidad de agua residual cruda es una de las causas principales de estar incumpliendo con la meta ambiental de llegar al 50% de reúso de agua residual en Lima, así como no tener muchos demandantes con infraestructura propia que quieran usar las aguas residuales. También se identificó como una de las causas de no poder comercializar el agua residual, es que no cuentan con procedimientos o guías internos de comercialización. Finalmente, no contar con un área específica que se dedique a atender potenciales usuarios y definir precios de venta acorde al tratamiento, son causas mayores que impactan el problema central.

SEDAPAL tiene una misión complicada al querer cumplir con tratamiento y reúso de agua residuales con estándares de calidad, ya que el agua cruda que va a las PTAR

tiene alta variabilidad en cantidad y calidad, y lo ideal es ofrecer el agua cruda antes de llegar a las PTAR. Es por ello que se debe buscar potenciales usuarios o industrias donde el agua fresca o de pozo sea escaso, que sean grandes demandantes de agua y que no necesiten agua fresca para sus operaciones y riego de jardines. Esto requiere de contar con una norma que regule los estándares de calidad para la realidad del país, así como procedimientos internos de comercialización que le permitan vender el agua residual y establecer así un mercado de agua residuales en Lima.



Capítulo VI: Alternativas de Solución

Para poder abordar la situación actual y el problema principal sobre el cual se desenvuelve la investigación, se han propuesto las siguientes iniciativas y/o alternativas que SEDAPAL podría seguir como camino. Estas propuestas han sido analizadas de manera individual para conocer las fortalezas y debilidades de cada una. Asimismo, las alternativas se han evaluado alineadas a la misión y visión de la empresa para delimitar un panorama de acción y orientar las mismas de cara a la toma de decisiones.

6.1 Alternativas de Soluciones Propuestas

Se han planteado cuatro alternativas de solución, las cuales detallan a continuación.

6.1.1 *Comercializar el Agua Residual a Industrias*

Esta alternativa consiste en que un tercero o industria compra a SEDAPAL el agua residual cruda como insumo con el compromiso de reúso para lo que lo necesite. Para ello existe un marco legal claro en el D.L. N° 1280 para comercializar el agua residual; sin embargo, no se hace mucho esfuerzo para promoverlo dentro de SEDAPAL.

Según los casos analizados por el Banco Mundial en el 2019, la venta de agua tratada a la industria puede ayudar a cubrir la mayoría de los costos de O&M de las PTAR, en particular donde el agua sea escasa o donde las tarifas de agua para la industria sean elevadas. En esas circunstancias, la empresa de agua se encuentra en una posición única, competitiva, puesto que el agua residual es una opción atractiva o puede ser la única fuente disponible (Rodríguez et al., 2020).

Un primer punto de análisis para ofrecer agua o vender agua residual es la ubicación de la PTAR. Por ejemplo, la PTAR San Bartolo por su ubicación te permite ofrecer la venta, en este caso a la empresa Pozo Alto de Iago Masías. Otro ejemplo, es el caso de Agrokasa, que por estar al costado de la PTAR Cachiche de Emapica, permitió la venta de agua cruda con el compromiso de tratarla. Entonces un incentivo relevante es la

ubicación; por ello, en el caso de Lima se debe tratar de ubicar PTAR cerca de un parque industrial como Lurín, Ancón, Pucusana, entre otros.

En caso de Lima, muchas industrias consumen agua de pozo como fuente propia, y en el cual SEDAPAL tiene la responsabilidad de vigilar el servicio de agua subterránea. De acuerdo a la norma N° 057-2017-SUNASS-CD, quien se encarga de cobrar el servicio de Monitoreo y Gestión de Uso de Aguas Subterráneas es la EPS, y actualmente tiene una tarifa de S/ 3.387 por m³, de las cuales, parte de ella, va a la ANA como retribución económica.

En Lima existen 1,751 usuarios que se abastecen de pozos, de los cuales el 40% de los usuarios corresponde a la categoría comercial y el 32% a la categoría industrial. Sin embargo, en cuanto a volumen extraído de agua subterránea, los usuarios industriales en el 2020 consumieron el 57.5% del agua de pozo y los usuarios comerciales el 23.4% de un total de 58.4 MMC, siendo un volumen bajo en comparación con los 85 MMC que se explotó en el 2018 (SUNASS, 2021). Con relación al importe facturado, en el año 2018, los niveles de facturación alcanzaron los S/ 190.1 millones, pero en los últimos años la tendencia ha sido decreciente, registrando S/ 138 millones en el año 2020 (SUNASS, 2021).

Esta solución se enmarca en la teoría del descentralismo propuesto por Arce (2013), en oposición al centralismo, que busca tener mega plantas en las afueras, y aglomera todo en un solo foco sin resolver el problema. Caso contrario, si se generan pequeñas plantas en diferentes focos pequeños y estables, donde los domicilios ya están diseñados y construidos, se disminuye el problema. La idea del descentralismo es una idea que engloba no sólo el uso de plantas de tratamiento en edificios, condominios o multifamiliares, sino busca que cada industria tenga su propia PTAR, ello debido a que la carga residual se minimizaría y se haría más ordenado el sistema de alcantarillado.

Para la comercialización de agua cruda a industrias se debe primero identificar grandes clientes o industriales que usen agua de pozo mayores a 2,600 m³/mes o 1 l/s. En la Tabla 13 se lista una relación de los primeros 30 potenciales clientes que consumen agua de pozo y que pueden reusar agua residual para sus operaciones como industrias químicas, de papel, textiles, energía, cementerios, entre otros; sin considerar a las industrias de bebidas y farmacéuticas que son también grandes consumidores. La demanda de agua residual para estos 30 primeros usuarios puede ser de 356.8 l/s.

Esta alternativa es la más viable hasta la fecha porque la ley D.L. N° 1280 lo permite, y porque se le quita un peso a SEDAPAL de tratar más agua residual. No obstante, para promover se requiere hacer un análisis costo beneficio y económico financiero bajo diversos escenarios: si la industria continúa consumiendo agua de pozo con la tarifa establecida o si invierte en una PTAR para reúso, o si invierte en una planta desaladora. De esta manera se evalúa cuál es más costo-efectivo, y cuál crea mayor valor a la industria. Todas estas alternativas deben ser evaluadas con el fin de comercializar el agua residual a través de una venta directa con la condición de reúso. En el peor de los casos, la EPS puede ceder el uso de agua residual gratuitamente o con contraprestación, ya que esto le genera costos evitados a la EPS y le transfiere responsabilidad y costo de tratamiento a un tercero.

6.1.2 Desarrollar APP y Oxi

SEDAPAL ya tiene experiencia en la conformación de Alianzas Público-Privadas (APP) para tratamiento de agua residuales. La primera y más grande es la PTAR Taboada ubicada en el Callao, y entró en operación en el 2011; la segunda es la PTAR La Chira ubicada en Chorrillos y entró en operación en el 2018; la tercera es la PTAR Provisur ubicada en Santa María de Mar y entró en operación en el 2021. Sólo en este último está considerada el reúso, pero la comercialización está a cargo de SEDAPAL y no está

considerado entregarlo a un tercero. Sin embargo, hasta la fecha no se avanzó con el tendido de redes para ofrecer el agua tratada a potenciales clientes.

Tabla 13

Relación de potenciales clientes y demanda de agua residual

Nº	Clientes potenciales	Consumo mes m3	Consumo mes l/s	Demanda agua residual l/s
1	Productos Tissue del Perú s.a.c. o Protisa Perú	104889.0	40.5	38.4
2	Quimpac s.a.	100052.0	38.6	36.7
3	Misión Ecológica s.a.c.	85824.0	33.1	31.5
4	Sudamericana de Fibras s.a.	69947.0	27.0	25.6
5	Trupal s.a.	63544.0	24.5	23.3
6	Enel Generación Perú s.a.a.	55769.0	21.5	20.4
7	Textiles Camones s.a.	43463.0	16.8	15.9
8	Kimberly Clark Perú s.r.l.	42091.0	16.2	15.4
9	Aris Industrial s.a.	38444.0	14.8	14.1
10	Industrias Nettalco s.a.	36356.0	14.0	13.3
11	Topy Top s.a.	34889.0	13.5	12.8
12	Corporacion Textil del Sur s.a.c.	33468.0	12.9	12.3
13	Hilandería de Algodon Peruano s.a.	30920.0	11.9	11.3
14	Owens Illinois Perú s.a.	27216.0	10.5	10.0
15	Inversi. y desarro. Prados Verdes s.a.c.	24637.5	9.5	9.0
16	Creditex s.a.a.	20427.0	7.9	7.5
17	Textil Oceano s.a.c.	19323.0	7.5	7.1
18	Industrias del papel s.a.	17721.0	6.8	6.5
19	Cia. Industrial Nuevo Mundo s.a.	17705.0	6.8	6.5
20	Industrial Cromotex s a	15483.0	6.0	5.7
21	Misión cementerio católico parque del recuerdo	14016.0	5.4	5.1
22	Misión cementerio católico jardines del buen retiro	11232.0	4.3	4.1
23	Textil El Amazonas s.a.	9377.0	3.6	3.4
24	Productos de Acero Cassado Prodac s.a.	9030.0	3.5	3.3
25	Tecnología Textil s a	8587.0	3.3	3.1
26	Metalúrgica Peruana s.a.	8250.0	3.2	3.0
27	Misión Nuestra Señora del Carmen	8195.0	3.2	3.0
28	Cartones Villa Marina sa	7981.0	3.1	2.9
29	Larlena Castro, Manuel Jesus	7776.0	3.0	2.9
30	Corporación peruana de productos químicos s.a. CPPQ s.a.	6845.0	2.6	2.5
	Total			356.8

En cuanto a Obras por Impuestos (OxI), la mayoría de los proyectos sólo contemplan la parte de inversión, pero los privados no se involucran en la O&M, dejando

esta labor a los municipios, aunque la Ley 29230 (Ley que Impulsa la Inversión Pública Regional y Local con Participación del Sector Privado) no le limita a invertir en la O&M. Muchos privados al generar una Oxi en sus comunidades lo hacen más por responsabilidad social y ambiental, y de esta manera contribuyen con sus vecinos.

La mayoría de los grandes proyectos de PTAR, particularmente los que implican la reutilización desde un inicio, se ejecutan por medio de diversas formas de Alianzas Público-Privadas (APP). El financiamiento de APP generalmente sería un esquema combinado, que incorporaría una mezcla de subsidios o financiamiento concesional del gobierno nacional y agencias de cooperación, capital privado y financiamiento a través de deuda, mayormente comercial, a recuperarse a través de tarifas a los usuarios e ingresos resultantes de la venta del agua tratada y sus subproductos (Rodríguez et al., 2020).

Una empresa de agua acuerda un convenio de APP con un operador privado para un proyecto específico de reutilización. El proyecto puede estar vinculado a la construcción de una nueva PTAR (como en los casos de Taboada y Chira, por ejemplo) o a la modernización y adaptación de una existente (como en el caso del Parque María Reiche en Miraflores). El modelo de APP que se ve con mayor frecuencia en los estudios de caso es el modelo de Construcción-Operación-Transferencia (BOT por sus siglas en inglés). Este modelo de negocio es adecuado para empresas de agua que tienen recursos limitados y necesitan aprovechar el conocimiento del sector privado para desarrollar su modelo de negocio de reutilización. Este enfoque podría aplicarse a muchas empresas de agua de tamaño medio (Rodríguez et al., 2020).

En cuanto a tercerización, una empresa de agua puede vender el agua cruda, lodo seco o biosólidos a un operador o tercero que lleve a cabo el negocio. Ejemplos incluyen el caso de la Minera Cerro Verde en Arequipa para el agua residual y SEDACUSCO para los biosólidos. El beneficio para la empresa de agua es que ahorra el costo del tratamiento

del agua residual, en el caso de Cerro Verde, o el costo de disposición de los biosólidos, en el caso de SEDACUSCO. Este es un modelo adecuado para las empresas de agua con capacidad financiera y operativa limitada. También es adecuado para pequeñas empresas que no llegan al tamaño mínimo para ser rentables y sostenibles. Esta estructura de negocio también se puede organizar con un modelo de APP como en el caso de Cerro Verde (Rodríguez et al., 2020).

La dificultad que se tiene para consolidar más APP es que el MEF en el 2020 observó una iniciativa privada con la Municipalidad de la Molina para el riego de parques y jardines con aguas residuales. El argumento fue que, para pagar al operador privado, lo iban a realizar a través de los arbitrios, y los arbitrios al ser un tributo, tiene que ser una APP cofinanciada, por lo que las municipalidades tienen que presentar a PROINVERSIÓN el primer trimestre del año y la municipalidad tiene informar en su plan multianual de inversión para después licitarlo. Esto hace que el proceso sea más largo. En cambio, las municipalidades de Miraflores, San Miguel y Callao hicieron la APP antes de que el MEF observara a La Molina. Entonces, las municipalidades pudientes podrían hacerlo, pero va a tomar más tiempo de lo debido.

6.1.3 Venta de Agua en Bloque

Es una nueva alternativa que vienen promoviendo el MVCS y en especial SEDAPAL para el abastecimiento de agua y el tratamiento de agua residual, el cual está reglamentado en el Título IX “Alternativas para el abastecimiento de agua y el tratamiento de agua residual” del Decreto de Urgencia N° 011-2020. El concepto se basa en que SEDAPAL contrata proveedores de agua potable vía desalinización o proveedores para tratamiento de aguas residuales. En el caso de aguas residuales, SEDAPAL busca a un tercero que trate su agua residual y le paga por ello. El concepto de agua en bloque

funciona muy bien para el caso del sector eléctrico, porque, el operador es la empresa generadora de energía, y este le vende a la empresa que distribuye la energía.

El procedimiento es que SEDAPAL presenta a SUNASS una propuesta para tratamiento de agua residual indicando un precio base, por ejemplo, de S/ 1/m³; luego de que SUNASS emita su viabilidad técnica y económica, SEDAPAL hace una subasta y le adjudica al que presenta el menor precio. Luego, al operador ganador le hace un contrato por seis años como mínimo, siendo el operador que se encarga de los trámites y autorizaciones requeridas por ley para reúso de agua residual. Sin embargo, se ha presentado un Proyecto de Ley 176-2021 para modificar el Decreto de Urgencia mencionado, con el fin de cambiar el plazo de contrato de 6 a 25 años y que infraestructura construida por el operador se revierta a la EPS después de finalizado el contrato. Este cambio permitiría hacer más atractivo a operadores privados para invertir en nuevas fuentes de agua.

Esta alternativa está pensada para agilizar las inversiones en agua y saneamiento, ya que permite que un privado entre a operar una planta de agua cruda o potable y le venda a SEDAPAL a un precio para que la EPS luego lo distribuya a través de sus redes. Este instrumento le permitirá a cualquier EPS hacer inversiones tan rápido como la demanda de crecimiento inmobiliario o parques industriales.

El agua en bloque también está pensada en cerrar brechas y en reducir el déficit de agua, porque el agua en bloque es más agua, una nueva fuente de agua. No está pensado en un grupo en particular, pero, por ejemplo, las inmobiliarias lo ven con buenos ojos porque cuando pidan factibilidad a SEDAPAL para su punto de agua, esta sea aprobada, y con ello las inmobiliarias pueden sacar licencia municipalidad y así construir su proyecto y dinamizar la economía. El agua en bloque permite ayudar a planificar a los desarrolladores y a formalizarlos.

SEDAPAL puede hacer cinco contratos para operadores privados o holding para construir PTAR, liberándole del tratamiento, y sólo paga al operador, de tal manera que le disminuye el costo de tratamiento, y nada más se les exigiría que cumplan con las normas ambientales.

Existen experiencias en México y Colombia de Agua en Bloque, pero en el Perú todavía; no obstante, el proyecto Túnel Dren Trasandino la Viuda estimada en S/ 382.57 MM, es uno de los grandes proyectos de nuevas fuentes de agua para Lima que será financiada mediante el mecanismo de Agua en Bloque y debe entrar en operación el año 2026. El proyecto contempla incrementar la disponibilidad de agua superficial en el río Chillón, aportando por lo menos 3.5 m³/s para el abastecimiento de agua potable de los distritos de la Zona Norte de Lima, mediante la construcción de un túnel en la cordillera La Viuda.

Como se observa, este mecanismo permitiría incrementar el tratamiento y reúso de aguas residuales, pero se espera que el Proyecto de Ley sea robada pronto.

6.1.4 Brindar Asesoramiento Técnico para que Municipios Implementen PTAR de Bajo Costo

Esta alternativa permite a SEDAPAL contar con un programa de asistencia técnica para los gobiernos locales, sobre todo de bajos recursos, para que a través de sus especialistas hagan propuestas de diseño y gestión de pequeñas plantas con caudales de diseño de 5 l/s a 10 l/s, y presentar alternativas de tratamiento, además de brindar asesoramiento para la O&M de la planta.

Esta es una actividad que actualmente SEDAPAL no viene realizando y puede ayudar mucho a que los municipios prioricen el reúso de agua residual en su presupuesto. Sin embargo, se sabe que ejecutar una PTAR en 4 años de gestión municipal puede ser corto, ya que desde la concepción de proyecto hasta terminar la obra puede ser mucho

mayor; por ello se necesita hacer seguimiento a lo avanzado con la anterior gestión y convencer a la nueva gestión de priorizar y ejecutar este tipo de proyectos. Sobre todo, desarrollar un proyecto integral que va desde el tratamiento preliminar, seguido por el primario, secundario y terciario hasta la reutilización propiamente dicha.

Como primer paso SEDAPAL debería visitar a las municipalidades aledañas a la PTAR para ofrecer el ART indicando la calidad del efluente y que se requiere para el riego de áreas verdes. Luego, conocer la demanda de agua de las municipalidades y ver opciones de conexiones de agua residual existentes. Asimismo, apoyar a las municipalidades para que obtengan las autorizaciones de reúso de la ANA y estar en contacto permanente en caso lo requieran, así como contar con trípticos para orientar a los reusantes sobre las autorizaciones de reúso del ANA. El costo estimado de inversión para SEDAPAL sería de S/ 230,000 anuales, considerando un especialista en diseño e implementación de PTAR y un especialista en comunicación, además de un programa de visita quincenales a los municipios e instituciones que tienen que ver con aguas residuales.

Esta opción también permitirá a SEDAPAL realizar mayor inversión en investigación, que se especialice en encontrar errores y buscar alternativas para que tanto municipio y/o desarrollos inmobiliarios puedan implementar su PTAR. Todo esto debe ir reflejado en brindar mejores opciones para mejorar la calidad de vida de los habitantes de Lima.

La selección de las tecnologías para el tratamiento de aguas residuales es uno de los aspectos más importantes a los que se enfrentan muchas autoridades de gobierno pues al no ser especialistas en el tema, tienen la responsabilidad de tomar una decisión adecuada en función de las necesidades legales, económicas, financieras, contractuales, etc., (Morgan et al., 1998).

Los criterios a tomar en cuenta para definir qué tipo de PTAR es la más adecuada son: aplicabilidad del proceso, costo de inversión inicial, costo de operación y mantenimiento, la generación de residuos, el requerimiento de reactivos, los requerimientos energéticos, la aceptación por parte de la comunidad, la generación de subproductos con valor económico o de reúso, la vida útil, el requerimiento de área, aspectos de diseño, construcción y operación así como la influencia sobre el entorno e impacto al medio ambiente. Muchas veces el costo de O&M es uno de los aspectos más importantes a tener en cuenta para seleccionar adecuadamente una tecnología. Otro aspecto es la característica del efluente para la selección del proceso y los requerimientos para su operación (Morgan et al., 1998).

SEDAPAL debe continuar con el programa de formación dual con SENCICO y SENATI para impulsar la carrera de “Técnico en tratamiento de agua”, además de dar una mayor apertura de visitar PTAR para un mayor empoderamiento de las autoridades de implementar este tipo de tecnología.

6.2 Selección de la Alternativa

La alternativa de solución propuesta es que SEDAPAL ofrezca el agua residual a grandes clientes, tipo industrias, para que traten y reúsen el agua residual, aliviando de esta manera a SEDAPAL en el tratamiento y costos evitados. Esta alternativa, si bien se tenía contemplado como una idea de trabajo, no se llegó a concretar en la práctica, por lo que ofrecer agua residual a grandes consumidores requiere de una táctica de ventas y gestión que puede tomar un tiempo en concretarse. Lo que se propone es hacer un caso de negocio donde se demuestre que invertir en agua residual genera un mayor costo-efectividad, y de esta manera el empresario pueda tomar una decisión al respecto, tal cual se demuestra en el Capítulo VIII.

Las industrias pueden hacer uso del agua residual tratada para aguas de enfriamiento, transporte de materiales, aguas de aclarado, limpieza de equipos e instalaciones y riego de exteriores. La necesidad específica de las industrias condiciona el potencial de reúso de las aguas residuales. El grado de su utilización no depende solamente de condiciones técnicas, sino económicas como disponibilidad de fuentes alternativas, distancias de dichas fuentes y costes relativos de cada alternativa (Espinoza & Wagner, 2018).

La industria que se va a analizar como caso de negocio es la compañía Quimpac S.A. cuya actividad económica principal comprende la producción y comercialización de productos químicos, como soda cáustica, cloro, fosfato bicálcico, y productos de sal para uso industrial y doméstico. Las operaciones de producción son realizadas en las plantas situadas en el Callao, Paramonga, Huacho y Pisco, siendo la principal la del Callao. Además de Perú, Quimpac cuenta con operaciones productivas en Colombia y Ecuador, así como oficinas comerciales en Ecuador y Bolivia.

Quimpac es actualmente el mayor proveedor de cloro líquido de SEDAPAL y es uno de los mayores productores integrados de sal y productos químicos en el Perú y uno de los cinco mayores productores de cloro-soda en Sudamérica. Dentro de la unidad de productos químicos tiene como productos principales: soda cáustica, cloro y una variedad de productos clorados. Sus usos tienen variadas aplicaciones en diversos sectores industriales y en tratamiento de aguas. Para el tratamiento de aguas producen neutralizantes, sulfato férrico, cloruro férrico y cloro líquido. Estos químicos permiten la regulación de pH, la remoción de sólidos en suspensión, turbidez, color deshidratación de lodos y eliminación de algas.

La principal planta, la unidad Oquendo, se encuentra en la Av. Néstor Gambetta 8585, en el Callao, por donde justo pasa un colector primario de SEDAPAL y las

instalaciones posterior colindan con el mar. Asimismo, la planta se encuentra a 4 km de la PTAR Puente Piedra, que también puede ser una fuente de agua residual tratada.

Se seleccionó esta industria como caso de negocio por tres motivos principalmente. El primero, porque estaba interesado en tratar aguas residuales del colector para sus procesos y también estaba evaluando si le conviene mejor instalar una planta desaladora de mar. El segundo, porque es uno de los mayores consumidores de agua, teniendo como fuente propia cinco pozos que extraen agua subterránea. Y el tercero, porque produce insumos químicos que se usan para el tratamiento de aguas residuales, el cual le permitirá tener ahorros en la O&M de la PTAR.

6.3 Conclusiones

Después de presentar las alternativas de solución, se ha considerado que SEDAPAL comercialice el agua residual a clientes, tipo industrias, y que estos realicen las inversiones en la PTAR y asuman los costos de O&M para su tratamiento y reúso, evitando de incurrir a la empresa de agua en costos de inversión, operación, disposición final. Se propone realizar un caso de negocio donde que se demuestre que invertir en agua residual genera un retorno de inversión positivo. La cuantificación de la rentabilidad del negocio se realizó contrastando con costos de otras fuentes de agua mediante un análisis económico financiero para determinar el costo efectividad y el valor agregado, el cual es ampliamente desarrollado en el Capítulo VIII.

Capítulo VII: Plan de Implementación

En este capítulo se propone un plan de implementación para la comercialización de agua residual dentro de SEDAPAL. Este plan consta por definir objetivos claros, un plan de acción, un plan de marketing y los riesgos asociados, cada uno de ellos con estrategias a realizar, para darle a la empresa una referencia del tiempo y recursos que se necesitarán.

7.1 Objetivos

Los objetivos propuestos están orientados a promover el reúso de agua residual cruda en las empresas privadas y así disminuir los costos de O&M en la PTAR de SEDAPAL. Los objetivos que se plantean para cumplir con el plan de acción son:

- Al 2030, al menos 20 empresas privadas usan el agua residual cruda para el reúso en sus operaciones.
- Al 2030, se dejan de tratar por lo menos 10% de aguas residuales crudas en la PTAR administradas por SEDAPAL y las concesionadas.
- Al 2030, 2 m³/s se reúsan en las industrias para su procesos internos y riego de áreas verdes.
- Al 2030, el equipo de agua residuales de SEDAPAL logra dar asistencia técnica en la importancia de reúso a todas a las 30 mayores empresas catalogadas como grandes consumidores de agua.

Para lograr estos objetivos se propone reestructurar la Gerencia de Gestión de Aguas Residuales de SEDAPAL, y con apoyo de la Gerencia de Investigación y Desarrollo y la Gerencia de Proyectos y Obras pueden seleccionar personal clave con experiencia en tecnologías de tratamiento de aguas residuales, mantenimiento y reúso de aguas residuales. Así como tener capacidad de diseño y revisión de proyectos de PTAR, evaluando alternativas de solución desde el punto de vista técnico, económico, energético y ambiental.

7.2 Plan de Acción

Después de las entrevistas realizadas a funcionarios de SEDAPAL y otros stakeholders (ver apéndice A y B) y analizar las ideas que tenían para la comercialización de aguas residuales, se determinó que comercializar u ofrecer el agua residual cruda sería una mejor opción por ahora. En ese sentido, como primer paso fue hacer un análisis de grandes clientes o industrias para la identificación de potenciales clientes, y luego hacer cotizaciones de pequeñas PTAR entre 10 a 40 l/s de capacidad, para conocer sus costos de inversión y O&M. Una industria mediana a grande de gran consumo de agua, al tener mayor capacidad de inversión contribuye a las metas de reúso de SEDAPAL, y a la vez genera valor a la empresa, como veremos más adelante. Para vender agua residual cruda se plantea las acciones detalladas en la Tabla 14.

Tabla 14

Acciones para la venta de agua residual cruda

N°	Acciones
1	Calcular el precio de venta de agua residual cruda de acuerdo a la calidad del efluente
2	Análisis de grandes industrias como potenciales clientes
3	Ubicación de zonas industriales con un radio de 3 a 5 km
4	Conocer la calidad de agua requerida para reusarla
5	Cotización de PTAR Inversión y O&M (Planta 1 l/s) para pequeñas industrias
6	Cotización de PTAR Inversión y O&M (Planta 20 l/s) para grandes industrias
7	Costos de instalación de canal o redes (costo x metro)
8	Planos de industrias con PTAR y colectores
9	Identificación de los surtidores de Lima Metropolitana
10	Planos de las municipalidades / surtidores y PTAR

El problema con ofrecer las aguas residuales tratadas es que no todas las PTAR cumplen con los estándares de calidad para ser reusada en el riego de áreas verdes por lo menos, por lo que la empresa debe invertir en mejorar y ampliar las PTAR. En el Plan Maestro del Reúso de las Aguas Residuales (2020-2049), elaborado para SEDAPAL en el 2018 como parte del informe LAIF, señala una serie de mejoras en 9 PTAR y construcción de 6 nuevas para tratar 5 m³/s, a un costo de inversión de 44.6 millones de

euros. Pero este plan está muy orientado a ofrecer el ART a los municipios que por falta de capacidades no invierten en el tratamiento para regar sus áreas verdes. Además, este plan, le sirvió a SEDAPAL como guía para definir mejor su plan de inversiones en el tratamiento de aguas residuales. Sin embargo, nuestro plan de acción se orienta mayormente a promover la inversión privada en PTAR para el reúso de agua residual cruda, tal como lo describimos en las siguientes estrategias.

7.2.1 Estrategias

Mayor control de vertimiento industrial y comercial

Es imprescindible para la sostenibilidad de los servicios de tratamiento tener el catastro de las conexiones industriales y comerciales con el área de drenaje que descargan hacia la PTAR, así como los puntos donde descargan hacia los colectores, sea mediante un ramal complementario a un buzón conexión domiciliaria hacia colector. Asimismo, tener el tipo de industria y características de sus sistemas de tratamiento y descargas no domesticas al sistema de alcantarillado. Para ello es necesario contar con personal técnico de laboratorio en el ámbito de drenaje de cada uno de las PTAR.

Por otro lado, estar atento a atender la diversidad de consultas en torno al reúso de agua residual cruda como respecto a la variabilidad del agua residual cruda, cuantos DBO o huevos de helmintos se le puede garantizar al cliente que va a recibir. Para esto SEDAPAL debe instalar sensores para medir la calidad de sus efluentes en las zonas industriales, que son donde existe mayor variabilidad.

Reorganización del equipo de gestión de aguas residuales

Es necesario una nueva estructura organizacional a nivel de los equipos de la Gerencia de Gestión de Agua Residuales para cumplir con los objetivos propuestos y ante la ausencia de personal, se debe contratar terceras empresas para la comercialización de aguas residuales no domésticas (industriales) y para el reúso en el riego de parques. Este

plan se establecerá para empresas privadas que quieran cambiar su fuente de agua o requieran ampliar su consumo, optimización de procesos, costos y beneficios ambientales. Por ello se propone crear un equipo de interrelación con el sector privado (EISP) que promueva la comercialización de agua residual, tal como se muestra en la Figura 19. Este equipo se debe encargar de visitar empresas e industrias cuya actividad principal son la producción de químicos, textiles, papelería, cementerios, entre otros. Asimismo, se debe ver la opción de llegar a los municipios que consumen gran cantidad de agua para el riego de parques y jardines como el de Surco, San Juan de Lurigancho, La Molina, Cercado de Lima, entre otros. En total se habla aproximadamente de 30 empresas cuyo consumo de agua potable, sea de la red o de pozo, es mayor a 5,000 m³ al mes.

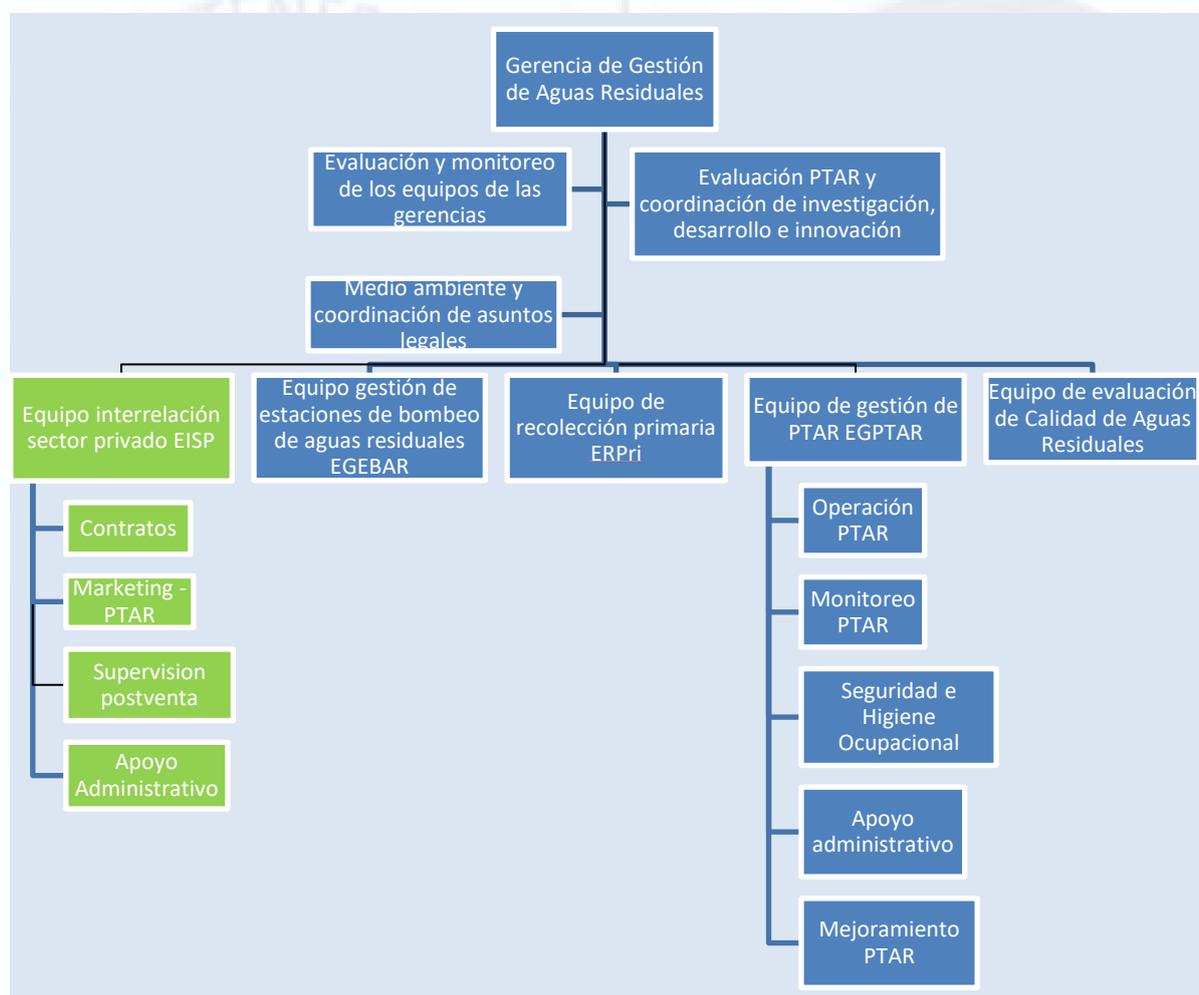
Según el plan se requieren al menos cinco trabajadores nuevos para asumir la nueva estructura del equipo interrelación sector privado EISP, como una unidad técnica operativa para promover la venta de agua cruda y asesoramiento en diseño de PTAR para las industrias. Con apoyo del Equipo de Gestión de PTAR se puede ayudar a revisar el estudio de factibilidad del cliente para dar viabilidad técnica (estructura de captación de afluente, medición de caudal de reúso, estructura de conducción, almacenamiento y distribución). Así como hacer supervisión y fiscalización de los clientes postventa por parte de SEDAPAL.

Las nuevas posiciones serían: jefe de equipo de interrelación, especialista en contratos, especialista en marketing, supervisión postventa y apoyo administrativo. Para una mejor interrelación con el sector privado se considera que el jefe de equipo debe estar en planilla de SEDAPAL (a un 50% de dedicación), y los demás trabajadores tercerizados. En la Tabla 15 se muestra los costos, en nuevos soles, de la implementación de este nuevo equipo.

El costo anual para la implementación de la unidad operativa EISP es alrededor de S/ 288,639, el cual debería ser financiado con la venta de agua cruda. Para esto se divide dicho costo con la tarifa de agua cruda de S/ 0.073 /m³, obteniendo un volumen de venta de 3.9 millones de m³ al año; lo que equivale a decir que para recuperar la inversión de este nuevo equipo SEDAPAL tiene que vender como mínimo 125.38 l/s de agua cruda al año.

Figura 19

Propuesta de Organigrama de la Gerencia de Gestión de Aguas Residuales



Nota. Adoptado de “Informe N° 034-2019-GGAR/GD”, por SEDAPAL, 2019

Si se relaciona al caso de negocio que se va a realizar de la compañía Quimpac, esta industria consume un promedio de 40 l/s, lo que indica que como mínimo, el equipo

de SEDAPAL debe lograr que por lo menos tres industrias similares por año compren el agua residual y reúsen para sus fines pertinentes.

Tabla 15

Costos de Implementación de la Unidad Operativa, Equipo de Interrelación Sector Privado

Planilla Personal SEDAPAL								
Cargo	Sueldo	Asignación Familiar	Sueldo+Asignación	Sueldo Anual	Gratificación	CTS	EsSalud	Total Anual
Jefe de equipo	5000	93	5,093	61,116	11,034	5,517	5,551	83,219
Tercerización								
Cargo	Mes	Total Anual						
Especialista en Contratos	1,000	12,000						
Especialista en Marketing	5,000	60,000						
Supervisión postventa	5,000	60,000						
Apoyo administrativo	500	6,000						
Total		138,000						
Total de remuneración		221,219						
GASTOS ADMINISTRATIVOS								
Unidades	Total Anual							
Equipos de oficina	16,720							
Pago de alquiler y licencias	4,000							
Garantía por alquiler	7,500							
Presupuesto de Marketing	20,000							
Gasto de movilidad	19,200							
Inversión Total	67,420							
COSTO TOTAL S/	288,639							

Determinación de tarifas de comercialización

A pesar de tener un precio de agua residual cruda es recomendable también flexibilizar esta tarifa; aunque, es muy complicado establecer por la alta variabilidad en la calidad, pero se puede hacer una propuesta en base al D.S. 010-2019-VIVIENDA, donde están los valores máximos admisibles (VMA) para descargas de aguas residuales no domesticas (tipo industrial) en el alcantarillado, ya que para usuarios domésticos VMA no existen. En este sentido se propone una tarifa bajo dos categorías: a) agua residual predominantemente doméstica, y b) agua residual no doméstica, los cuales estarían en función al parámetro DBO. Para una tarifa definitiva se tendría que hacer una muestra compuesta de una semana como mínimo y de acuerdo con los resultados sería a tabulación en la Tabla 16, básicamente con el parámetro de DBO de los VMA y una muestra puntual por los parámetros del Anexo 2 del D.S. 010-2019-VIVIENDA.

Tabla 16*Propuesta de tarifas de aguas residuales crudas*

Tipo de ARST	DBO mg/l	Tarifa S/
Predominante Domestico	>50 pero <500	0.073-0.05
No domestico - Industrial	>500	0.05-0.01

SEDAPAL ya cuenta con procedimientos para la medición de caudales de aguas residuales, para la cobranza por el suministro de aguas residuales y para la atención al servicio de aguas residuales para el reúso. Asimismo, ya cuenta con un indicador de “porcentaje de agua residual tratada de reúso” en su plan operativo del Equipo de Gestión de las PTAR, y cuenta con un flujograma de atención al cliente; sin embargo, el equipo no cuenta con suficiente personal para atender la demanda de agua residual para reúso.

7.2.2 Tecnología

En la mayor parte de la región de America Latina, existe una fuerte tendencia a preferir sistemas de lodos activados a otros procesos de tratamiento. Una excepción clara es Brasil, que se ha convertido en modelo mundial para el uso de reactores anaerobios de flujo ascendente (RAFA), más conocidos como reactores UASB por sus siglas en inglés. El lodo activado es una tecnología demostrada que elimina más del 90% el DBO. Sin embargo, las necesidades de energía y costos operativos de las plantas de lodo activado son elevados y no pueden siempre cubrirse con las tarifas. Por consiguiente, los sistemas de lodos activados no deben ser la opción por defecto; deben considerarse todas las tecnologías y soluciones (reactores UASB, filtros percoladores, lagunas aireadas, lagunas anaeróbicas cubiertas, etc.) y debe elegirse la más adecuada para las condiciones locales (Rodríguez et al., 2020). Al seleccionar la tecnología de tratamiento es importante evaluar los costos de inversión y de O&M, ya que, a largo plazo, los costos de O&M superan a los costos de inversión; lo que afecta a la

sostenibilidad de las PTAR (Rodríguez et al., 2020). Como es conocido, Israel es uno de los países que más ha desarrollado tecnologías de reúso de agua residuales, por ello se contactó a la empresa de origen israelí ODIS, quien recomienda un reactor biológico aeróbico llamado Soliquator para una planta de 40 l/s, tal como se muestra en Figura 20. El costo de O&M de esta tecnología depende mucho de la carga de contaminantes de la fuente, pero se estima entre US\$ 0.1 – 0.12 / m³ para una planta de 100 l/s, y para una planta de 1000 l/s la O&M puede estar en US\$ 0.07 - 0.08 /m³. Es decir, a mayor capacidad o escala de tratamiento el costo de mantenimiento se reduce sustancialmente.

Figura 20

Modelo de Planta ODIS Soliquator de 30 l/s



Cabe recalcar que no fue fácil conseguir costos de inversión y de O&M de PTAR, a pesar de haber solicitado a empresas especializadas como Capital Water; así como a corporaciones como Nestlé y Esmeralda Corp que cuentan con su propia PTAR para tratar sus aguas de procesos y lo entregan a municipios para el reúso de parques. Por lo tanto, existe cierto recelo en compartir el conocimiento y en conocer su tratamiento de agua residuales.

Se logró acceder a dos cotizaciones: una de la empresa ODIS, y otra cotización de una empresa local en tratamiento de aguas. Ambas cotizaciones resultaron similares, así que por ser ODIS Soliquator una marca registrada y de mayor jerarquía se ha tomado como referencia. Esta tecnología es recomendada porque no requieren de mayor espacio y eficacia en la depuración de aguas residuales, tanto urbanas como industriales.

La tecnología del Soliquator es un sistema avanzado, automático, de reciclaje continuo para separar sólidos en los líquidos, basado en años de investigación, desarrollo, operación, y experiencia. Este equipo desempeña las siguientes funciones: coagulación, floculación, separación, clarificación y espesamiento de lodos.

Es un sistema que trabaja automáticamente y que permite tratar agua de calidad variable, variando el control. Las ventajas del sistema son:

- Ahorro en espacio: puede instalarse en espacios reducidos.
- Diseño ecológico: al ser un sistema cerrado no genera olores y no produce metano.
- Sistemas modulares: se puede ampliar según las necesidades puntuales, permitiendo un programa de inversiones escalonados.
- Automatización total: todo el sistema está controlado por un microprocesador electrónico y se activa automáticamente con el paso del líquido a tratar.
- Mantenimiento mínimo: el sistema requiere un mantenimiento mínimo. El enjuague automático del tanque de separación asegura su perfecto funcionamiento.
- Confiabilidad: el Soliquator está diseñado y fabricado por ODIS, líder mundial en el campo del tratamiento de aguas.

7.3 Plan de Marketing

El plan de marketing persigue tres objetivos alineados al plan de acción: (a) lograr su aceptación en las empresas privadas de alto consumo de agua sostenible, (b) establecer relaciones estratégicas con los principales *stakeholders* a fin de fortalecer la aceptación de las empresas en este nuevo camino, y (c) mejorar la comunicación con las empresas para promover y orientar sus marcas, para que se cataloguen como ambientalmente responsables, por la reducción en sus consumos de agua y fomento de la economía circular.

Singapur es un ejemplo mundial donde no solamente genera nuevas tecnologías en tratamiento de aguas residuales y adquiere altas ganancias en inversiones empresariales dentro de sistemas olvidados en la sociedad, sino también le da mucha importancia al aspecto social. El área de responsabilidad social y marketing trabajaron en conjunto, buscando generar amistad entre la tecnología y el público (Arce, 2013).

7.3.1 Estrategias

Para el presente plan de marketing se ha considerado una estrategia de segmentación y una de posicionamiento.

Estrategia de segmentación. SEDAPAL cuenta con un área de grandes consumidores o clientes especiales, donde se encuentran las industrias y municipios. Dicha área cuenta con información de tarifas y consumo de cada empresa, donde se puede identificar a los grandes consumidores que superan por ejemplo los 5,000 m³ al mes.

Luego de identificar a los clientes potenciales se dirige la publicidad de los beneficios, ahorro y tarifas que brinda para acogerse al nuevo modelo de plantas de tratamientos privadas como fuente principal de agua del negocio.

Estrategia de posicionamiento. La estrategia de posicionamiento se define sobre la base de los principales atributos con los que el proyecto encajaría en las empresas privadas. Se resaltan características principales sobre la base de la diferenciación y beneficios que hacen relevante la ventaja competitiva y optimización de procesos.

Posicionamiento por diferenciación. Los elementos diferenciadores son los siguientes:

- Es un proyecto eco amigable por la reutilización del agua, que actualmente termina como desecho.
- Genera consciencia social y un sentido de responsabilidad ambiental con la sociedad.
- Posee respaldo de SEDAPAL como ente supremo de tratamiento de agua.

Posicionamiento por beneficios. Los principales beneficios son:

- Reducción del impacto ambiental al reusar el agua cruda.
- Disminución de gastos de consumo de agua.
- Poseer alianzas significativas entre empresas privadas, SEDAPAL y entidades socialmente responsables.

7.3.2 Marketing Mix

Producto del proyecto. La PTAR como fuente privada de agua reemplazará a las fuentes existentes, como pozo, red de agua potable, camión cisterna, etc., contribuyendo así no sólo en el ahorro de consumo, sino que la empresa contribuye con el medio ambiente y promueve una economía circular en sus procesos. Por su parte SEDAPAL tendrá los siguientes beneficios:

- Se beneficiará por el cobro de una tarifa asignada a sus aguas crudas.
- Disminuirá el costo de tratamiento de aguas residuales administradas por SEDAPAL y sobre todo las concesionadas que actualmente arrojan al mar.

- Contará con mayor oferta de agua para ofrecer a la población demandante que aumenta significativamente.

Precio. El proyecto propuesto incluye los precios de la implementación de una PTAR que soporte la demanda de agua, mantenimiento y la tarifa que propone SEDAPAL por el agua cruda.

En el programa de inversiones del Plan Maestro de Aguas Residuales 2020-2049 elaborado para SEDAPAL se contemplaron la creación de seis nuevas PTAR (La Atarjea, Pachacutec, Provisur, Norte o Ancón, Sur o Lurín y Nueva Pucusana), y ampliación y mejoramiento de nueve PTAR. Los costos de inversión varían considerablemente porque están en función de factores como cantidad de agua a tratar, la tecnología a usar, el mejoramiento y ampliación que no es lo mismo para todos, entre otros. La nueva PTAR Pachacutec es un buen referente para el caso de negocio de Quimpac, por su similar capacidad de tratamiento de 40 l/s y su costo de inversión de US\$ 1.4 millones y su costo de O&M de US\$ 0.1026 por m³ (ver Tabla 17).

Tabla 17

Costo de Inversión de PTAR

N°	Obra	Capacidad de la Obra l/s	Inversión US\$	Inicio de	Inicio de	Costo O&M US\$/m ³
				Obras año	Operaciones año	
1	Ancón Fase 1	220	12'763,324	2021	2023	0.0456
2	Ancón Fase 2	50	45,600	2033	2035	0.057
3	Ancón Fase 2 Abastecimiento al parque industrial de Ancón	200	4'560,000	2033	2035	0.0342
4	Puente Piedra	210	4'982,731	2021	2023	0.0342
5	Manchay	66	2'378,381	2021	2023	0.0456
6	Cieneguilla	130	1'416,585	2021	2023	0.0684
7	Carapongo	93	3'977,307	2020	2022	0.057
8	Santa Clara/La Atarjea	2,662	569,830	2020	2022	0.00114
9	San Antonio de Carapongo	38	3'537,853	2020	2025	0.0912
10	Pachacutec/Ventanilla	40	1'367,912	2021	2023	0.1026
11	San Bartolo	544	2'279,912	2021	2023	0.0114
12	Huascar	65	961,745	2019	2020	0.0057
13	San Juan	280	4'449,869	2023	2024	0.0342
14	Lurín	250	2'773,345	2023	2024	0.057
15	Pucusana	143	4'805,085	2020	2025	0.0912
Total		4,991	50'869,480			

Nota. Tomado de Informe LAIF: Plan Maestro del Reúso de las Aguas Residuales

Tratadas para SEDAPAL, por J. Espinoza, y W. Wagner, 2018.

Sin embargo, para el análisis financiero presentado más adelante, se emplea un enfoque conservador en cuanto al costo de inversión. En la Tabla 18 se muestra los costos de inversión en función a la capacidad en litros por segundo (l/s).

Tabla 18

Costo de PTAR ODIS Soliquator

TECNOLOGIA				
Capacidad (flujo a tratar) l/s	5	7.5	10	40
Costos Diseño (Ingeniería) US\$	10,000	10,000	10,000	10,000
Tiempo de Ejecución Total (días)	80	80	80	80
Servicio de Instalación (días)	15	15	15	20
CAPEX Sin IGV US\$	290,000	370,000	580,000	2,320,000
OPEX (US\$ /M3)	0.13	0.13	0.13	0.12

Como se observa el costo de capital de inversión - CAPEX esta alrededor de US\$ 290,000 para una planta de 5 l/s, y una planta de 40 l/s encima de los US\$ 2 millones. El costo de O&M – OPEX está entre US\$ 0.13 a US\$ 0.12 por m³. Estos costos son de acuerdo a la tecnología de ODIS Soliquator, que de acuerdo a especialistas es una de las más adecuadas para nuestro caso de negocio, a pesar de en el mercado existen diferentes tecnologías, y que muchas veces depende del capital con que se cuenta.

Como se mencionó anteriormente, el precio de agua cruda actualmente se encuentra en S/ 0.073 por m³, el cual se determinó por los costos de alcantarillado netos de recolección primaria, secundaria y tratamiento de aguas residuales; dividido entre el volumen de recolección de desagüe.

Plaza. Se tiene identificados a los clientes potenciales, los que más pagan por consumo de agua, dirigimos la publicidad de los beneficios, ahorro y tarifas que brinda para acogerse al nuevo modelo de plantas de tratamientos privadas como fuente principal de agua del negocio. SEDAPAL elaborará un contrato para el reúso de ARST, fijando la tarifa estipulada, el cual debe ser cancelada mensualmente.

La estrategia de ventas del ARST será mayormente B2B, el cual permitirá vender el agua de empresa a empresas. El canal de atención será personalizado, para ello, un ejecutivo comercial se comunicará con los potenciales clientes para ofrecer las ventajas del reúso de agua residual y llevarlos a conocer experiencias exitosas de implementación de reúso. Se presentará alternativas de tecnologías y ofertas atractivas en cuanto tarifas, beneficios de ser usuario, contactos para brindar cotizaciones, especificaciones y asesorías técnicas de las PTAR. Las empresas tendrán la facilidad de solicitar precios, consultorías y asesorías a través de una video llamada, línea telefónica, *WhatsApp*, correo electrónico o directamente de la página web, donde encontrarán servicios personalizados que harán posible brindar la atención requerida gracias a chat box y direccionamiento a *WhatsApp Web* con ejecutivos especializados.

Promoción. Debido a que es una tecnología relativamente nueva para las industrias, el objetivo en este punto es generar *awareness* por medio de una estrategia *pull* que ayudará a las empresas catalogadas como grandes consumidores, a familiarizarse con el programa, conozcan los beneficios, el propósito y el gran impacto ambiental que genera gracias al uso de aguas residuales tratadas dentro de las empresas.

SEDAPAL debe desarrollar un portal web exclusivo para la promoción del reúso de aguas residuales, donde se pueda mostrar contenidos de impacto, tales como:

- Video de la importancia del reúso de aguas en una zona con estrés hídrico, como lo es Lima.
- Portal de noticias donde se detallen la aceptación, compromisos e implementación del proyecto, entrevistas a los gerentes corporativos y profesionales técnicos en referencia a la instalación de PTAR; investigaciones de mercado o proyectos de innovación en aguas tratadas.

- Blogs donde se genere contenido en cuanto a tendencias en uso sostenible del agua, principales innovaciones tecnológicas para las PTAR, recomendaciones o *tips* para las empresas que presentan interés en el proyecto y quieran profundizar en los requisitos.
- Links o enlaces que redirijan a estudios de mercados o análisis de data en el sector del consumo del agua, empresas certificadoras o ISOS.
- *Brochures* y manuales digitales, que son herramientas útiles para explicar los beneficios sociales ambientales e incorporar fichas técnicas que muestren ahorros de costos y explicaciones de usos de las PTAR y beneficios.

El equipo de gestión de agua residuales participará en los siguientes eventos:

- Convenciones de agua, cuyo foco es concentrar a los principales gestores y empresas catalogadas como grandes consumidores de agua, con el objetivo de dar a conocer por medio de demos cómo funcionaría el reúso, revisiones de capacidad, mejoras en la productividad, ahorro, optimización de procesos, etc.
- Ferias educativas, seminarios y simposios de universidades del Perú. Un aspecto importante es el buen relacionamiento del sector agua con el sector educativo, ya que el proyecto nace gracias a su *know-how* tecnológico; por lo tanto, es interesante involucrar al equipo en dichas actividades relacionadas con innovación y cómo generar valor a la sociedad por medio de reutilización de aguas residuales. La idea es incentivar la capacidad creativa y disruptiva de alumnos y profesionales para poder seguir impulsando la innovación tecnológica en beneficio de la sociedad y del ambiente.
- Eventos del MINAM, MVCS, Colegio de Ingenieros del Perú (CIP).

- Participación en revistas especializadas como: Perú agua, saneamiento; revista agua y riego. Inscripción en redes sociales y noticias de los principales *stakeholders* de SEDAPAL y Perú *Green Building*.

7.4 Riesgos

Como toda iniciativa nueva, este se desarrolla en un entorno donde existen variables que implican riesgos, y tanto SEDAPAL como las empresas privadas deben conocer para gestionarlos adecuadamente. Por un lado, el riesgo político en Perú continúa siendo una variable importante en la toma de decisiones de inversión para muchas empresas, el cual se convierte en uno de los mayores riesgos externos, no sólo por la coyuntura actual, sino también por los partidos políticos que conforman el Congreso. En efecto, esta situación puede desanimar a realizar cambios en el modelo económico, reformas constitucionales y modificación de la normativa competente a las concesiones de aguas crudas, tarifas, políticas de reúso de agua, agua en bloque, incentivos de más áreas verdes y cuidado del medio ambiente, afectando las inversiones y cambios en sus procesos.

Por otro lado, se identifica un posible riesgo interno que es la resistencia al cambio de los principales *stakeholders*, debido a que las alternativas propuestas implican un cambio en el modelo de negocio actual y requieren del compromiso y apoyo del directorio y la alta gerencia para cambiar y adoptar un modelo diferente de captación de agua y de recursos. Para mitigar este riesgo es importante resaltar el impacto que este cambio traerá a la empresa en el cumplimiento de su misión y de los objetivos señalados en capítulos anteriores.

7.5 Conclusiones

Llevar a cabo este plan de implementación en SEDAPAL exigirá un gran trabajo y adaptación para la organización que ponga en marcha esta nueva unidad de negocio, tanto desde la perspectiva operativa, logística y estratégica, que supondrá no sólo el ahorro en el tratamiento o costo evitados, sino también de generar valor como organización responsable del medio ambiente logrando una economía circular. Será un camino nuevo distinto al habitual y que, al mismo tiempo, someterá a las empresas a grandes retos desde la perspectiva organizativa, estructural y de comunicación interna.

En línea con esto, se considera importante implementar este plan de acción como una nueva oportunidad de negocio, y lograr cumplir con los objetivos trazados al 2030. Finalmente, el costo de implementar el equipo de interrelación con el sector privado es de S/ 288,639 anuales, que se espera sea cubierto con la venta de agua residual; para ello se requiere que el equipo pueda vender al menos a tres industrias o empresas equivalente a la capacidad de Quimpac.

Capítulo VIII: Análisis Económica y Financiero

En este capítulo se realiza el análisis económico financiero de la compañía Quimpac S.A., como caso de negocio. Esta industria consume gran cantidad de agua de pozo como fuente propia y además produce insumos necesarios para el tratamiento de agua, como el cloro. Se requiere hacer este análisis para justificar la inversión de un PTAR, ya que permite saber si la inversión realizada le genera un ahorro a la empresa, y además un mayor valor a la empresa. En este caso se va a realizar un análisis de costo-efectividad con tres escenarios y un análisis de flujos de cajas proyectados para determinar si la empresa gana más con un PTAR.

8.1 Análisis de Costo-Efectividad

Para determinar el costo-efectividad de la instalación de una PTAR dentro de la unidad industrial Oquendo de Quimpac, ubicado en el Callao, se ha realizado tres escenarios comparando tres tipos de fuentes de agua: agua subterránea o de pozo, agua residual y agua de mar. En estos escenarios se considera que la cantidad y calidad del agua que se produce es la misma, y la evaluación del proyecto sea planteo a 25 años, que es el promedio de vida útil de estas infraestructuras.

8.1.1 *Primer Escenario: Comparación de Agua de Pozo con una PTAR y una Desaladora*

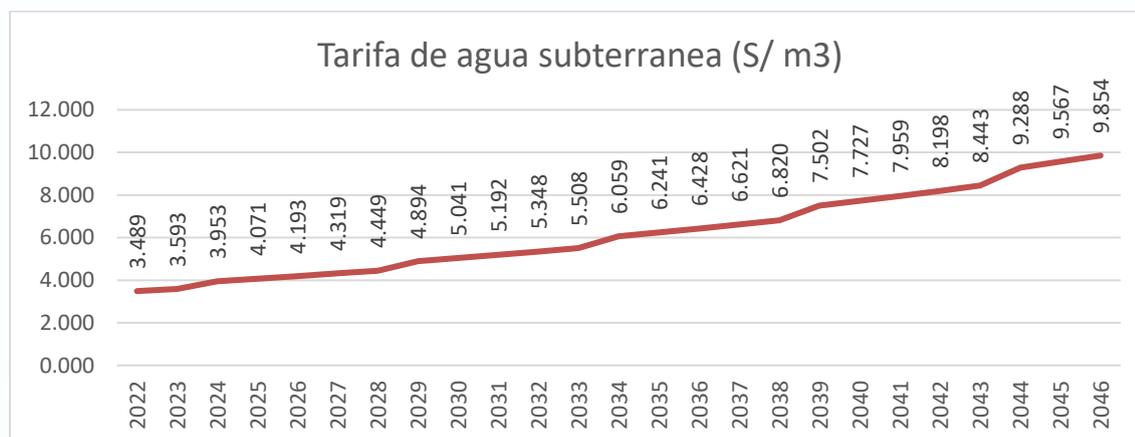
Primero se tuvo que determinar el costo de consumo de agua que tiene actualmente la empresa. La unidad industrial Oquendo tiene un consumo promedio mensual de $100,052 \text{ m}^3$ ($1'200,624 \text{ m}^3$ al año), cuya tarifa por ser agua subterránea y categoría industrial con consumo mayor a 400 m^3 , le corresponde S/ 3.387 por m^3 al 2021.

Según la formula tarifaria de la SUNASS para el periodo 2021-2026 (SUNASS, 2021), se ha proyectado que al tercer año recién haya un incremento tarifario del 6.8%, aparte del incremento anual del índice de precio al por mayor – IPM, que guarda relación con la inflación. Así se observa un incremento anual del 3%, salvo en el 2024 que tendrá

un incremento del 9.8%, tal como se muestra en la Figura 21. Esta fórmula tarifaria se ha proyectado hasta el 2046.

Figura 21

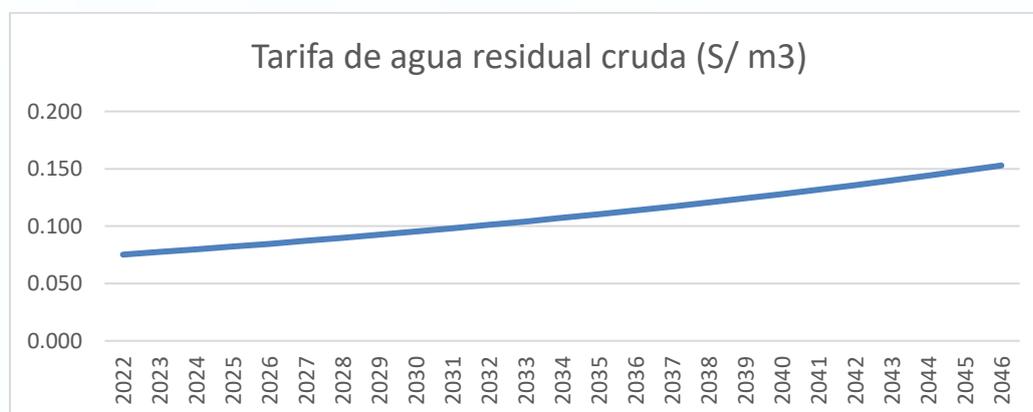
Tarifa de Agua Subterránea Proyectada



Igualmente, para el agua residual cruda, SEDAPAL tiene una tarifa de agua de S/ 0.073 por m³, al cual sólo se hizo un ajuste por inflación de 3%, tal como se muestra en la Figura 22. Sin embargo, esta tarifa al no estar regulada por SUNASS, es posible negociar con la industria de acuerdo a la calidad en que se encuentra, ya que no todas las aguas residuales tienen la misma calidad.

Figura 22

Tarifa de Agua Residual Cruda Proyectada



En el caso del agua de mar, todavía no se tiene una tarifa de agua por uso o extracción, es por ello que para el análisis no se le considera.

Para este escenario se ha considerado un consumo anual constante de 1'200,624 m³ al año, que al multiplicarlo por la tarifa de agua S/ 3.489 arroja un consumo de S/ 4'188,509 en el 2022. Para el caso del agua de pozo, este es el único costo que se repite a lo largo de los 25 años de evaluación, porque se asume que viene operando. Para el caso del agua residual al ser una nueva fuente se considera el costo de inversión y el costo de O&M de la PTAR. Como se mencionó anteriormente se ha tomado como referencia el costo de ODIS Soliquator de S/ 8'930,000 y la O&M de S/ 684,356 por año (equivale a US\$ 0.15/m³), el cual tendrá un incremento de 6% anual por consumo de energía principalmente.

Igualmente, para la planta desaladora se tiene un costo de inversión de S/ 17'410,460 para tratar 80 l/s, ya que las desaladoras tienen una eficiencia de 50%. El costo de O&M de S/ 2'276,960 por año (equivale a US\$ 0.5/m³), el cual también tendrá un incremento de 6% anual. Para comparar estas tres fuentes de agua, se calculó el valor actual del costo (VAC) y el indicador de efectividad (IE) que es la suma del agua consumida en los 25 años. Todos los escenarios fueron analizados a un Costo Promedio Ponderado de Capital (WACC) de 8.2%, cuyo calculo se describe más adelante. El análisis de costo-efectividad se muestra en el Apéndice A, y el resultado se muestra en la Tabla 19.

Tabla 19

Análisis de Costo-Efectividad del Primer Escenario

Alternativas	VAC	IE m ³	CE S/m ³
Pozo	S/65'744,003	30'015,600	2.19
PTAR	S/20'932,758	30'015,600	0.70
Desaladora	S/54'465,358	30'015,600	1.81

Con esto se demuestra que la alternativa reusar agua residual mediante una PTAR es más costo-efectiva, ya que el costo de producir 1 m³ de agua es de S/ 0.7, seguido de la planta desaladora con S/ 1.81 el m³.

8.1.2 Segundo Escenario: Aumento de la Demanda a 20 l/s por Incremento de Producción

Este escenario es el más realista en cuanto a los planes de Quimpac de incrementar su producción; sin embargo, las únicas fuentes de agua que le quedan son agua de mar o agua residuales, ya que en agua subterránea es cada vez más escasa.

Para determinar el costo-efectividad se ha considerado un consumo anual de agua de 600,000 m³, que es la mitad de lo que consume actualmente. Además, se ha estimado el costo de inversión de una PTAR de 27 l/s (ya que un 25% se desecha), en S/ 5'950,800. El costo de O&M en S/ 296,400 (equivalente a US\$ 0.13/m³), y un incremento anual de 6%. Para el caso de una desaladora de 40 l/s (ya que el 50% se desecha) se estimó un costo de S/ 8'705,040 y un costo de O&M de S/ 1'138,480 (equivalente a US\$ 0.5/m³). Bajo estas condiciones se comparó cuál de las dos alternativas es más barata, tal como se muestra en la Tabla 20.

Tabla 20

Análisis de Costo-Efectividad del Segundo Escenario

Alternativa	VAC	IE m ³	CE S/m ³
PTAR	S/10,926,914	15,000,000	0.73
Desaladora	S/27,232,503	15,000,000	1.82

Con esto se vuelve a demostrar que la alternativa de la PTAR es la más costo-eficiente que una desaladora, al ser S/ 1/m³ más barata.

8.1.3 Tercer Escenario: Crecimiento a 60 l/s

Como se ha demostrado en las dos alternativas, una planta desaladora es más cara que una PTAR. El tercer escenario permite comparar qué pasa si incrementó la demanda

en 20 l/s más, bajo la condición actual de estar consumiendo 40 l/s de agua de pozo; versus qué pasa si reemplazo el agua de pozo por una PTAR de 67 l/s.

Para determinar el costo-efectividad se ha considerado que el costo de una PTAR para 67 l/s de S/ 14'880,800; y un costo de O&M de S/ 980,756 (equivalente a US\$ 0.28/m³). En el caso del agua se pozo se mantiene los mismos costos del escenario 1, así como se mantiene los costos de la PTAR del segundo escenario. Los resultados se muestran en la Tabla 21.

Tabla 21

Análisis de Costo-Efectividad del Tercer Escenario

Alternativa	VAC	IE m ³	CE S/m ³
POZO+PTAR	S/76,811,772	45,015,600	1.71
PTAR+PTAR	S/31,859,672	45,015,600	0.71

Con este análisis se demuestra que, si la empresa desea cambiar su fuente de agua de pozo a aguas residuales le costaría menos por m³, o se puede concluir que, si sigue usando el pozo y sólo ampliar a una PTAR de 27 l/s, el costo de consumo sería más de doble comparándola con una PTAR de 67 l/s. Inclusive el costo-efectividad de la PTAR puede disminuir aún más, ya que se está considerando un costo de O&M bastante alto para el tratamiento de 67 l/s.

8.2 Análisis de Flujo de Caja

El otro análisis que se realizó fue el Flujos de Caja Libre – FCL proyectados para los años 2021-2027. Este análisis se hizo para comparar el beneficio de implementar una PTAR de 40 l/s versus seguir usando agua de pozo y también se comparó con una desaladora. Para ello se analizaron los estados financieros de los años 2018, 2019 y 2020 de la compañía Quimpac. No se contó con el 2021 porque no estaba disponible en la Superintendencia del Mercado de Valores – SMV. Para este análisis se determinó primero el WACC.

8.2.1 Costo Promedio Ponderado de Capital (WACC)

El Costo Promedio Ponderado de Capital (WACC por sus siglas en inglés), es la tasa de descuento que se usará para descontar los flujos de caja proyectados a la hora de valorar la inversión que hace la empresa en una nueva PTAR. Para determinar se requiere de varios indicadores. Primero, para el cálculo del costo de patrimonio se utilizó los datos de Damodaran (Useful Data Sets -nyu.edu).

Diferencial de Rendimientos del Índice de Bonos de Mercados Emergentes (EMBIG) - Perú para el Rendimiento Índice S&P 500 promedio 20 años (KM) y el Rendimiento T-Bond promedio 20 años (KLR). Segundo, el Beta promedio mensual de la empresa de los últimos tres años, se obtuvo de Bloomberg. Tercero, el riesgo país promedio de los últimos cinco años, se obtuvo del BCRP. Cuarto, el cálculo del costo de la deuda (Kd) se tomó los préstamos, facturas y letra descontadas, pagares e intereses por pagar; los cuales fueron ajustados a las tasas de interés por el tipo de cambio, resultado un Kd de 11.6%, tres veces mayor al 2019. Finalmente, se obtuvo un WACC de 8.2% para el 2020, tal como se observa en la Tabla 22.

Tabla 22

Cálculo del WACC

Cálculo del Costo del Patrimonio	2020	2019	2018
Rendimiento Índice S&P 500 promedio 20 años (KM)	8.94%	7.59%	7.07%
Rendimiento T-Bond promedio 20 años (KLR)	5.22%	5.49%	4.59%
Beta promedio de la empresa últimos 5 años (Fuente: Bloomberg)	0.408	0.263	0.272
Riesgo país promedio últimos 5 años (Fuente: BCRP)	1.45%	1.63%	1.77%
CAPM = KLR + (KM - KLR) * Beta	6.74%	6.04%	5.27%
KS = CAPM + Riesgo país	8.19%	7.67%	7.03%
Cálculo WACC	2020	2019	2018
Wd (peso de la deuda)	32.08%	31.32%	31.41%
Kd (costo de la deuda)	11.66%	3.81%	8.90%
1-t (escudo tributario) (1-0,295)	70.50%	70.50%	70.50%
Ws (peso del aporte de los accionistas)	67.92%	68.68%	68.59%
Ks (rentabilidad exigida por los accionistas)	8.19%	7.67%	7.03%
WACC= Wd* [Kd*(1-t)] + Ws*Ks	8.20%	6.11%	6.80%

8.2.2 Estimación y Proyección de Ingresos a Cinco Años

Para la estimación y proyección de los ingresos generados por ventas se realizó un análisis de regresión comparando las ventas de Quimpac versus el PBI de cinco sectores: minería e hidrocarburos, servicios, manufactura, comercio y construcción. Se obtuvo que el sector de manufactura era el que mejor correlación poseía con un 85.5%, tal como se muestra en la Tabla 23.

Tabla 23

Análisis de regresión

Año	Ventas QUIMPAC	Minería e Hidrocarburos	Servicios	Manufactura	Comercio	Construcción
2018	234,048	70,749	264,771	70,979	57,243	31,335
2019	195,162	70,715	274,328	69,779	58,960	31,788
2020	169,030	61,229	246,022	58,894	49,539	27,381
Sector	Coefficiente de correlación	80.6%	56.1%	85.5%	69.1%	74.5%

Nota. Los montos están en miles de dólares.

De esta manera se ha proyectado para el 2021 un ingreso por US\$ 191.3 millones, cifra mayor en 13.16% al 2020; asimismo, para el 2022 se incrementa en US\$ 198.6 millones, cifra mayor en 3.85%; y porcentajes similares hasta el 2027, tal como se muestra en la Tabla 24.

Tabla 24

Proyección de Ingresos por Ventas

Año	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Proyección Ventas QUIMPAC	191,274.21	198,629.52	205,588.73	212,616.09	219,156.89	226,648.02	234,395.21

Nota. Los montos están en miles de dólares.

Para la estimación de los costos de venta, gasto de venta y gasto de administración se han proyectado en base a las ventas y la inflación. El FCL se ha proyectado a siete años, del 2021 al 2027, tal como se muestra en el Apéndice D. Como resultado, a aun

WACC de 8.2%, se obtuvo un valor actual de flujos proyectados – VA, de US\$ 125.3 millones, lo que indica que empresa tiene valor.

8.2.3 Flujo de Caja Libre con PTAR

Para el flujo de caja libre proyectado con PTAR se ha agregado con los costos de inversión y de O&M. El costo de consumo de agua sólo se tomó hasta el 2027, y se realizó según la formula tarifaria de la SUNASS para el periodo 2021-2026 (SUNASS, 2021), el cual fue explicado anteriormente. Esta tarifa hará que el costo de agua se incremente proporcionalmente, asumiendo que consumo es la misma de 100,052 m³ al mes, llegando así a un costo de US\$ 1.3 millones al año 2027, tal como se muestra en la Figura 23.

Figura 23

Costo del Agua Proyectada



La tarifa o costo del agua, entra en el rubro del costo de venta (producción) de la empresa, en el flujo de caja libre. Por lo tanto, a partir del 2023 se va a disminuir al costo de producción hasta el 2027, una vez que la PTAR entra en operación. Con respecto a la inversión o CAPEX, se ha propuesto que el diseño, instalación y ejecución de la PTAR se realice en el 2022; por lo que en el rubro de inversiones se estaría invirtiendo US\$ 2.3 millones. La tecnología sugerida, como se mencionó anteriormente, es ODIS Soliquator (tratamiento biológico aeróbico).

Con respecto al OPEX, la O&M de la PTAR implica un costo de US\$ 0.13 por m³, lo que equivale a US\$ 156 mil para tratar los 100,052 m³ mensual. El mayor gasto en la O&M de una ODIS para la compañía Quimpac S.A., sería el consumo de energía, ya que los insumos químicos que se requieren son provistos por la misma compañía que fabrica sulfato férrico, neutralizante, cloro, entre otros. Se ha proyectado un incremento anual de 5.9% en la energía, basado en un promedio de la variación de los últimos 10 años (Osinermin, 2021). La O&M entra en el rubro de costo de venta del flujo de caja libre a partir del 2023 donde entra a operar la PTAR.

Vale la pena aclarar que se han analizado otros costos de PTAR, del programa de inversión del Plan Maestro de Aguas Residuales 2020-2049, mostrado en la Tabla 17, donde la PTAR Pachacutec de la misma capacidad de tratamiento tiene un costo de inversión de US\$ 1.4 millones y un costo de O&M de US\$ 129 mil. Si se usaran estos costos los resultados serían mucha más alentadores; sin embargo, se está tomando un costo más conservador para saber si aun así es rentable. El FCL proyectado con la instalación de la PTAR se muestra en Apéndice E. El valor actual de flujos proyectados -VA, resulta en US\$ 125.8 millones, lo que indica que empresa sigue teniendo valor.

8.2.4 Flujo de Caja Libre con Planta Desaladora

Adicionalmente se ha evaluado bajo un escenario de instalar una planta desaladora de mar, ya que la compañía Quimpac S.A. colinda con el mar de Ventanilla. Las plantas desaladoras se han vuelto hoy en día una alternativa, ya que los costos de operación se han reducido muchísimo en los últimos cinco años. Lo más caro sigue siendo el consumo energético, pero si se pudiera usar energía renovable, puede que sea ventajoso. Para el análisis, SEDAPAL proporcionó unos costos de planta desaladoras para la producción de agua de 2.4 m³/s y 1.5 m³/s, tal como se muestra Tabla 25.

Tabla 25*Costo de Planta Desaladora*

	Desaladora Sur	Desaladora Norte	Desaladora Quimpac
Agua potable Pto de entrega (m ³ /s)	2.4	1.5	0.04
Planta Inversión (US\$MM)	274.9	185.9	4.6
Planta O&M (US\$MM)	35.95	27.65	0.59

Al hacer una relación para 40 l/s, el costo de inversión es de US\$4.6 millones y el costo de O&M es de US\$ 599 mil. Como se puede ver, a simple vista los costos de operación son bastante alto. Al igual que el flujo de caja libre de la PTAR, se ha considerado la misma lógica, donde el costo de capital de la planta desaladora va en el rubro de inversiones y el costo de la O&M va en el rubro de costo de venta. Asimismo, sean tomado en consideración los incrementos porcentuales de agua y energía. El FCL proyectado con la instalación de la planta desaladora se muestra en Apéndice F. El valor actual de flujos proyectados - VA resulta en US\$ 122.8 millones, lo que indica que empresa sigue teniendo valor.

8.2.5 Evaluación Económica

Si se compara los tres escenarios de flujo de caja libre proyectados a cinco años, se puede observar que bajo el escenario con PTAR, la compañía Quimpac S.A. aumenta valor en US\$ 510 mil, en comparación si se sigue consumiendo agua de pozo. Ocurre lo contrario si se instala la planta desaladora, ya que el valor de la empresa disminuye en US\$ 2.6 millones en los cinco años, tal como se muestra en la Tabla 26.

Tabla 26*Valor Actual de Flujos Bajos los Tres Escenarios*

Escenarios	Valor Actual de Flujos Proyectados (US\$ miles)	Diferencia (US\$ miles)
Sin PTAR	125,364	0
Con PTAR	125,873	510
Con Desalinizadora	122,759	(2,604)

Según se observa, instalar una PTAR bajo estos supuestos es apropiado para la compañía, por lo que se recomienda su implementación.

8.3 Conclusiones

El análisis económico financiero de un caso en particular como la compañía Quimpac S.A. permite demostrar que la instalación de PTAR, bajo los tres escenarios descritos es más costo-efectiva, frente al agua de pozo y a una desaladora. Bajo los tres escenarios la PTAR cuesta alrededor S/ 0.72 /m³ frente a una desaladora que cuesta S/ 1.8 /m³. Es más, se está asumiendo que la tarifa de agua residual cruda sube un 3%, pero si se hace un contrato a una tarifa fija por 25 años de operación de la planta, el costo de producir 1 m³ será menor.

Asimismo, se realizó un análisis de flujo de caja libre para conocer si el valor de empresa aumenta o disminuye al instalar una PTAR y una desaladora. Los resultados muestran que se obtiene un valor actual de US\$ 510 mil al instalar la PTAR, frente a seguir consumiendo agua de pozo. La planta desaladora es por ahora la más desfavorable por los costos de inversión y de O&M, estas suelen ser más económicas cuanto mayor cantidad de agua se produce.

Finalmente, entre los beneficios que obtendría SEDAPAL en base al caso de negocio de Quimpac, es que primero tendría un ahorro o costo evitado de S/ 429,823 al año por dejar de tratar 1'200,624 m³ en sus PTAR, que es el consumo promedio anual de Quimpac, a un costo de tratamiento de agua residuales de S/ 0.358 /m³. Segundo, tendría un ingreso adicional por venta de agua residual cruda de S/ 92,448 al año. Y tercero, el agua de pozo que dejaría de consumir Quimpac (en caso de no ampliar su producción) contribuirá a que 40,000 habitantes tengan agua potable. En total hablamos de S/ 522,271 de ganancias solo para una empresa.

Capítulo IX: Conclusiones y Recomendaciones

9.1 Conclusiones

- En Lima sólo se reusa el 3.6% de las aguas residuales para riego de áreas verdes y para cultivos porque no se promueve la comercialización de agua residual tratada y cruda, así como sus derivados.
- Existe un marco legal propicio para el reúso de aguas crudas por parte de las empresas de agua en el Perú para la comercialización de esta fuente de agua. Con ello un privado puede comprar el agua cruda a SEDAPAL para reúso. La otra alternativa que se espera se pueda promover pronto, si se aprueba la ley, es la venta de agua en bloque, que va a permitir agilizar las inversiones en agua potable y reúso.
- Entre las causas principales de estar incumpliendo con la meta ambiental de llegar al 50% de reúso de agua residual en Lima es la alta variabilidad del agua residual, lo que propicia que se tenga pocos demandantes con PTAR propia. SEDAPAL debería empezar a buscar zonas donde el agua fresca o subterránea sea escaso y que no necesiten agua fresca para sus operaciones.
- La solución propuesta es que SEDAPAL comercialice el agua residual cruda a terceros, tipo industrias, y que ellos se encarguen de la inversión y O&M de la PTAR. De esta manera se genera los costos evitados de operación y disposición final. Esta alternativa debe ser contrastada con costos de otras fuentes de agua mediante un análisis económico financiero para conocer cuál es más costo efectivo.
- Llevar a cabo el plan de implementación en SEDAPAL exigirá un trabajo dentro de la organización que ponga en marcha el nuevo equipo de interrelación con el sector privado. El costo de implementar el equipo de interrelación con el sector privado es de S/ 288,639 anuales, que se espera sea

cubierto con la venta de agua residual, para ello se requiere que al menos puedan vender a 3 industrias tipo Quimpac, como Protisa (Softys), Trupal, Enel generación, entre otros.

- El análisis económico financiero de la compañía Quimpac S.A. nos permite demostrar que la instalación de PTAR, bajo los tres escenarios descritos es más costo-efectiva, frente al agua de pozo y a una desaladora. Bajo los 3 escenarios la PTAR cuesta alrededor S/ 0.72/m³ frente a una desaladora que cuesta S/ 1.8/m³. El costo de la PTAR puede ser aún menor si se hace un contrato a una tarifa fija por 25 años de operación de la planta, el costo de producir 1 m³ será menor. Al hacer el análisis de flujo de caja libre para conocer el beneficio de la instalación de una PTAR, nos demuestra que la empresa genera un mayor valor frente al agua de pozo y una planta desaladora.
- Se podría generar ganancias para SEDAPAL de S/ 522,271 anuales solo para una empresa como Quimpac.

9.2 Recomendaciones

- SEDAPAL debe contratar un equipo de interrelación con el sector privado dentro de la Gerencia de Gestión de Aguas Residuales para promover el agua residual con una inversión de S/ 288,639 anuales.
- Hacer un programa de visitas a industrial que usen grandes cantidades de agua, sobre todo la subterránea, para de acuerdo a su necesidad es puedan proponer alternativas de reúso de aguas residuales. Estas empresas serian: Protisa, Misión Ecológica, Sudamericana de fibras, Trupal, Enel Generación (Central Termina de Ventanilla), Textiles camones, Kimberly Clark, Arias Industrial y Nettalco.

- Se recomienda la instalación de PTAR frente a una desaladora por ser más barata, según el caso de negocio de Quimpac.
- Para convencer a las industrias es importante hacer un análisis económico y financieros de las industrias para demostrar que la inversión en una PTAR es rentable en términos económicos, pero también en términos reputacionales. Como se dijo anteriormente, antes de pensar en desalar agua de mar, se debe primero en reusar aguas residuales.



Referencias

- Autoridad Nacional del Agua [ANA]. (2014). Inventario nacional de glaciares y lagunas (Unidad de Glaciología y Recursos Hídricos, Vol. 1).
- Arce Jáuregui, L. F. (2013). *Urbanizaciones sostenibles: descentralización del tratamiento de aguas residuales residenciales*. [Tesis de grado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/4568>
- Barreda, Ó., Cohen, C., Vega, A., & Zelaya, V. (2021). *Business Consulting para la Empresa Andimetal S.A.C.*
- Banco Central de Reservas del Perú [BCRP]. (2020, 15 de diciembre 15). *Memoria anual 2020*. <https://www.bcrp.gob.pe/publicaciones/memoria-anual/memoria-2020.html>
- Banco Central de Reservas del Perú [BCRP]. (2021, 5 de diciembre). *Glosario de Términos Económicos*. Glosario. <https://www.bcrp.gob.pe/publicaciones/glosario/p.html>
- Banco Central de Reservas del Perú [BCRP]. (2022). *Diferencial de Rendimientos del Índice de Bonos de Mercados Emergentes (EMBIG) – Perú*. [bcrp.gob.pe](https://www.bcrp.gob.pe)
- Bieberach, H. (2019). *Sostenibilidad para una red de reúso de agua residual urbana en la ciudad de Lima*. <https://core.ac.uk/reader/232119980>
- Capital Water (2016). Inauguración de la PTAR María Reiche – Miraflores. <https://capital-water.com/inauguracion-de-la-ptar-maria-reiche-miraflores/>
- D'Alessio, F. (2015). *El proceso estratégico: un enfoque de gerencia* (3er ed.). México DF. México: Pearson.
- Ellen MacArthur Foundation. (2013). *Towards the circular economy: Economic and business rationale for an accelerated transition*. <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Ellen-MacArthur-Foundation-Towards-the-Circular-Economy-vol.1.pdf>

Espinoza, J., & Wagner, W. (2018). *Informe LAIF: Plan Maestro del Reúso de las Aguas Residuales Tratadas para SEDAPAL*. SEDAPAL

Fernández, C. M., & Paredes, Y. B. (2018). *Propuesta de un rediseño de modelo de negocio aplicando la metodología Value Proposition Canvas al Hotel Emperador en la ciudad de Chiclayo* [Tesis de grado, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, Perú].

Fondo Monetario Internacional. (2021, 26 de enero). *Informes de perspectivas de la economía mundial*.

<https://www.imf.org/es/Publications/WEO/Issues/2021/01/26/2021-world-economic-outlook-update>

García, M., & Palacios, L. (2017). La necesidad y la oportunidad de la innovación. *3C Tecnología*, 6(1), 47-52. <http://dx.doi.org/10.17993/3ctecno.2017.v6n1e21.47-52>

GIZ. (2018). *Guía Técnica Para Reúso Municipal de Aguas Residuales Tratadas en el riego de Áreas Verdes de Lima Metropolitana*. <https://www.ana.gob.pe/publicaciones/guia-tecnica-para-reuso-municipal-de-aguas-residuales-tratadas-en-el-riego-de-areas>

Instituto Nacional de Defensa Civil [INDECI]. (2006). *Programa Ciudades Sostenibles*. <http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc2195/doc2195-contenido.pdf>

Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI]. (2020). *Panorama de la Economía Peruana 1950-2019*.

https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1726/Libro.pdf

Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI]. (2021). *Estado de la población peruana 2020*.

https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1743/Libro.pdf

- Michel, T. (2019, 5 de febrero). *El futuro de la gestión del agua*. Esgloba: Política, Economía e Ideas Sobre El Mundo En Español. <https://www.esglobal.org/el-futuro-de-la-gestion-del-agua/>
- Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2014). *Diez pasos para conocer más sobre Ciudades Sostenibles*. <https://www.minam.gob.pe/ciudades/diez-pasos-para-conocer-mas-sobre-ciudades-sostenibles/>
- Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2015). *Evento Internacional “Ciudades sostenibles y cambio climático”*. (<https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/07/Libro-Evento-Internacional-Ciudades-Sostenibles.pdf>).
- Ministerio de Economía y Finanzas [MEF]. (2020). *Marco macroeconómico multianual 2021-2024*. https://www.mef.gob.pe/pol_econ/marco_macro/MMM_2021_2024.pdf
- Morgan, J. M., López, J., & Noyola, A. (1998). *Matriz de decisión para la selección de tecnología relacionada con el tratamiento de aguas residuales*. [Http://Www. Cepis. Org. Pe/Bvsaidis/Aresidua/Peru/Mextar058. Pdf](http://www.Cepis.Org.Pe/Bvsaidis/Aresidua/Peru/Mextar058.Pdf).
- Moscoso, J. (2011). *Estudio de opciones de tratamiento y reúso de aguas residuales en Lima Metropolitana*. Lima: Universidad de Stuggar.
- Murray, A., Skene, K., & Haynes, K. (2017). The circular economy: An interdisciplinary exploration of the concept and application in a global context. *Journal of Business Ethics*, 140(3), 369-380. <https://doi.org/10.1007/s10551-015-2693-2>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento [MVCS]. (2021). *Plan Nacional de Saneamiento 2022-2026*. <https://www.gob.pe/institucion/vivienda/informes-publicaciones/2586305-plan-nacional-de-saneamiento-2022-2026>
- OECD (2019). *Business Models for the Circular Economy: Opportunities and Challenges for Policy*. OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/g2g9dd62-en>.

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura

[UNESCO]. (2017). *Desafíos Globales-Agua*. [https://www.un.org/es/global-issues/water#:~:text=El%2080%25%20de%20las%20aguas,mundial%20de%20agua%20\(FAO\).](https://www.un.org/es/global-issues/water#:~:text=El%2080%25%20de%20las%20aguas,mundial%20de%20agua%20(FAO).)

Ortiz, M. (2018). *La ciudad nos agrade: Gestionando conflictos por el agua en Lima Metropolitana*. El caso del canal de riego Surco (2008 – 2016).

<http://hdl.handle.net/20.500.12404/9875>

Osinermin (2021). *TyME-AGOSTO2021.pdf*. osinermin.gob.pe

Osterwalder, A., & Pigneur, Y. (2011). *Generación de modelos de negocio: Un manual para visionarios, revolucionarios y retadores*. Deusto.

Parodi, E. (2016). *Recarga del acuífero de Lima mediante el uso de aguas residuales tratadas*. [Tesis de grado, Pontificia Universidad Católica del Perú].

<https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/7608>

Pauliuk, S. (2018). Critical appraisal of the circular economy standard BS 8001:2017 and a dashboard of quantitative system indicators for its implementation in organizations. *Resources, Conservation and Recycling*, 129, 81-92.

<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.10.019>

Prieto-Sandoval, V., Jaca, C., & Ormazabal, M. (2017). Economía circular: Relación con la evolución del concepto de sostenibilidad y estrategias para su implementación.

Memoria Investigaciones en Ingeniería, 1(15), 85-95.

https://dadun.unav.edu/bitstream/10171/53653/1/Economia_Circular.pdf

Rodríguez, D. J., Serrano, H. A., Delgado, A., Nolasco, D., & Saltiel, G. (2020). *De residuo a recurso: Cambiando paradigmas para intervenciones más inteligentes para la gestión de aguas residuales en América Latina y el Caribe*.

<https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/33436>

- Seclen, J. P. (2014). *SEIC e innovación en las microempresas fabricantes de máquina-herramienta: los casos del País Vasco y de Emilia Romagna*. Universidad del País Vasco
- Seclen, J. P., & Barrutia, J. (2019). *Gestión de la innovación empresarial: Conceptos, modelos y sistemas*. Fondo Editorial PUCP.
- SEDAPAL. (2019a). *Informe N° 019-2019-GGAR/GDI*. Autor.
- SEDAPAL. (2019b). *Informe N° 034-2019-GDI/GGAR*. Autor.
- SEDAPAL. (2020a). *Memorando N° 490-2020-GG*. Autor.
- SEDAPAL. (2020b). *Informe de Sostenibilidad*. Autor.
- SEDAPAL. (2020c). *Memoria Anual*. Autor.
- SEDAPAL. (2021a). *Cambiando vidas: gestión y retos de SEDAPAL al 2030*. Autor.
- SEDAPAL. (2021b, 13 de octubre). *Publicación de notas de prensa*. Equipo Comunicación Institucional. <https://www.sedapal.com.pe/categorias/notas-de-prensa>
- Stagno, D. (2020, 20 de febrero). *Economía circular, ciudades circulares: Una alternativa sostenible para América Latina y el Caribe* [Publicación en un blog]. <https://blogs.iadb.org/ciudadessostenibles/es/ciudades-circulares-economia-circularsostenibilidad-urbelac-europa-america-latina-caribe/>
- SUNASS. (2015). *Metas de gestión, fórmula tarifaria y estructuras tarifarias en el quinquenio regulatorio 2015 - 2020, para los servicios de agua potable y alcantarillado que brinda SEDAPAL S.A.* Autor.
- SUNASS. (2021). *Proyecto de estudio tarifario SEDAPAL 2021-2026*.
- TVPerú Noticias. (2021, 29 de octubre). *Especiales TVPerú - Vivir sin Agua*. You Tube.
- Un embajador frente a la crisis climática (2022, 2 de enero). *La República*. <https://larepublica.pe/domingo/2022/01/02/un-embajador-frente-a-la-tesis-climatica/>

Apéndice A: Entrevistas a Empleados de la Organización

Entrevistado: Francisco Dumler Cuya

Cargo: Presidente del Consejo Directivo de SEDAPAL

Fecha: 12/02/2022

1. ¿Cuál es la estructura legal de SEDAPAL?

—Se debe tener en cuenta algo de Business y es la estructura monopólica de SEDAPAL. Por Ley cuando vienen las clasificadoras de riesgos, te dicen no hay forma de que pierdas cuota de mercado dado tu condición de monopolio natural. Todas las clasificadoras como Ficht Rating dan condiciones de intervenciones de mercado, SEDAPAL es el único interlocutor en temas de agua en Lima.

2. ¿Cómo está la situación de las aguas subterráneas?

—Entre el 2005-2016 no había la tecnología adecuada para hacer un buen tratamiento de agua residuales, tampoco no había un sistema de licitación adecuado para inversión de agua residuales. La única forma de salvar Lima de tirar agua cruda al mar es invertir en megaplantas de aguas residuales como la que se hizo en Taboada y La Chira; sin embargo, con el crecimiento poblacional están han quedado a su máxima capacidad y se está avanzando en ampliar estas plantas.

La situación es más crítica de lo pensado por dos cosas. La primera es que ninguna planta cumple con los parámetros de reúso. El segundo es que la Planta San Bartolo se creó como el gran sistema de tratamiento de aguas residuales; sin embargo, el terreno no está a nombre de SEDAPAL, sino a nombre de una inmobiliaria, y está a punto de querer desalojar. En términos financieros puedes perder tu mayor planta, y en termino de riesgos me importa más salvar el terreno que buscar reusantes. Ahora querer comprar esas 200 hectáreas resulta impagable por el precio que tienen ahora esos terrenos.

3. ¿Cómo está la situación de las aguas subterráneas?

—La baja productividad agrícola hace que no se puede venderles el agua residual. Se debería tener una producción agrícola de tal manera que el costo del agua no afecte su estructura de costo, pero si vas a vender a los paperos del Chillón, esta complicado.

4. ¿Qué alternativas hay para el reúso de agua residuales?

—Una mejor alternativa a las APP es el Agua en Bloque. Convoco a operadores para construir una PTAR de reúso industrial a una tarifa de S/ 0.035/m³ a 25 años. SEDAPAL hace un holding para 5 operadores privados. Esto es importante en un mercado que está saturado. No existen condiciones en esta década desde SEDAPAL para expandir sistema de reutilización de agua. Por ejemplo, a los grandes almacenes de logísticas ubicados en Punta Hermosa, le diríamos traiga su operador de agua y SEDAPAL se le hace un contrato por 25 años y usted tiene agua segura (agua residual) y se la vendo prácticamente a precio de regalo, y usted solo tiene que cumplir con las normas ambientales y el contrato lo tiene conmigo. Como SEDAPAL solo te voy a pedir hacer un análisis de agua cada cierto tiempo.

El Agua en Bloque me permite ir hacia adelante y prospecciones de la demanda sobre todo con las inmobiliarias y promuevo formalidad en viviendas. Ayuda a planificación en ponerles agua. Esta alternativa de Agua en Bloque esta virgen, es la entrada por la que tiene que ir SEDAPAL. Por primera vez SEDAPAL ha creado un instrumento que puede ir tan rápido como el desarrollo inmobiliario o crecimiento de parques industriales. Con agricultura no va a ir mal, pero con los industriales nos puede ir bien. Para las embotelladoras es más barato el agua que los chapitas.

La gran diferencia con las APP es que te das la vuelta olímpica, en caso de Agua en Bloque, yo licitó el servicio. El operador trae su tecnología, si falla el contrato, te cobro la fianza y si no llego a consumir el agua, yo te pago el diferencial. El modelo funciona muy bien el sistema eléctrico.

5. *¿Cuál sería el mensaje que se le daría a una industria como Quimpac para reusar agua residual?*

—Se debería preguntar a Quimpac cuanto representa el agua en su estructura de costos, podría ser nada, aunque no deja de ser importante. En este caso solo tiene dos alternativas: reusar agua cruda o usar agua de mar. Sería cuestión de preguntarles si 6% es el costo del agua en su estructura de costo, con esta alternativa de reúso de agua cruda va a pasar a ser 5%.

A un directorio como Quimpac solo le convences si le demuestras que reusar agua residual es más barato que desalar, dado que ya no hay posibilidad de extraer agua de pozo. A Quimpac habría que decirle cuanto ahorraría si reúsa el agua. Para conversar con Quimpac se tiene que venir con dos alternativas.

En la minería no interesa cuánto vale el agua, todo el análisis es un subproducto de sus costos. El agua es marginal, no importa el costo que tenga.

Entrevistado: Jessica Chavez Sevillano

Cargo: Facilitadora de procesos de SEDAPAL

Fecha: 07/02/2022

1. *¿Qué se está haciendo para promover la comercialización de agua residual?*

—Se está desarrollando un instrumento para la comercialización de agua residual con la finalidad de que si internamente no se tiene el procedimiento interno no podíamos promover las aguas residuales. En ella se está plasmando las especificaciones técnicas para la construcción de interconexiones.

Las interconexiones deben tener el punto de medición, punto de la compuerta, para acciones de cierre si es que no pagan.

Facilidades para la O&M que está compuesto de empalme, cámara de cierre, cámara de medición, para que no genere atoros y todos están en calles.

El otro tema que se viene tratando es el esquema de tarifas. En SEDAPAL ya se emitieron tres tarifas. La tarifa se calculó en base a los costos internos, no se basa en la oferta y demanda. En las primeras tarifas se consideraba la depreciación ahora se han ido disminuyendo los precios, como instrumento de incentivo para promover el agua residual tratada y el agua cruda. El costo lo determina la Gerencia de Desarrollo e Investigación y la metodología está en base al costo de operación.

Para el mejoramiento de una PTAR todo entra a través de un proyecto de inversión pública y eso puede demorar 3 a 4 años. Se está buscando vender el agua cruda al bajar la tarifa a S/ 0.076 /m³, que es la más baja del mercado.

SEDAPAL trabaja con venta directa y no con subasta. Hay municipios como el de Miraflores, San Miguel, Callao que vienen tratando el agua residual para el riego de parques y jardines. Se está queriendo trabajar en un plan estratégico de ventas y crear un grupo de trabajo para desarrollar el plan de negocio.

Según la norma, la construcción de la PTAR y las redes de distribución hacia parques es responsabilidad del reusante, en cambio la O&M de las redes de interconexión lo hace SEDAPAL, para que de esta manera se baje el riesgo.

2. ¿Qué se debe hacer para promover el agua residual?

—Visitar municipales para que armen sus propuestas de APP o buscar empresas que no necesitan agua muy pura para sus procesos. Se escogió industrias químicas, papeleras. Lo que falta es tocar la puerta a esas empresas y decirles, por ejemplo: consumes 3000 m³ a S/ 6.448, si yo te vendo el agua cruda y te implementas una planta. Se requiere un coste para la construcción de la planta y la operación de la planta. Se tendría que dar este dato. Sino el empresario no le va a prestar intereses, porque ellos se

mueven por costo beneficio. Entonces, se necesita un análisis de costo beneficio para empresas y municipios.

3. ¿Qué se debe hacer para promover el agua residual cruda?

—Se debe hacer un análisis de grandes industrias para identificación a potenciales clientes. El agua cruda sirve para industria, porque ellos tienen mayor capacidad de inversión, ellos podrían tratar el desagüe con un tratamiento primario, no necesitan terciario. El consumo no es mucho, porque ellos tienen pozos, y es más barata si comparamos con la tarifa comercial.

Se debe realizar un taller virtual para industria: análisis de cuanto le cuesta si vemos que se abastece de agua de la red y paga una tarifa comercial, versus cuanto le costaría a él si hace su plantita y compra agua cruda. Para ello se tenía que pedir cotización de inversión y O&M para planta de 1 l/s y 10 l/s.

El problema con el agua residual tratada es que no todos cumplen con los parámetros de calidad exigida por la OMS para poder ofrecer a usuarios. Mas aun, no hay una diferenciación en el precio por tipo de ART, porque no todos cumplen con los parámetros como los huevos de Helminto y CCT. Se debe hacer un abanico de precio. Este es un nuevo frente de trabajo.

Conformar una unidad que se dedica a esto. Necesito una infraestructura para ART y agua cruda y si hay la viabilidad. Los clientes vengan con un incentivo.

4. ¿Cuáles son las responsabilidades de un tercero o los reusantes?

—La mayor inversión de un tercero está en la planta, pero también en la interconexión o empalme del colector. La norma Decreto Supremo N° 019-2017-VIVIENDA establece que la construcción de la infraestructura está a cargo del reusante, y la O&M de la interconexión está en manos de SEDAPAL porque usan vías públicas, y el reusante no hace mantenimiento de los empalmes. Si el empalme se llena de lodos y

colapsa, la responsabilidad va a caer en SEDAPAL. No dejar la O&M en manos del reusante si van a usar vías públicas, porque no tienen el know how.

Lo que no está en la tarifa de agua y alcantarillado son las aguas que salen de la PTAR, la O&M de las tuberías que construyeron los usuarios. El usuario o reusante construye la interconexión o empalme que transportar agua residual a los reusantes; sin embargo, SEDAPAL se encarga de la O&M del empalme y tubería a la planta.

SEDAPAL cobra por medir, por la facturación, etc.

Capital Water está tirando sus lodos al alcantarillado. Lo tiran a nuestros desagües. SEDAPAL tiene que pagar a alguien para hacer auditoría, y eso son costos. Para la supervisión de la calidad de agua que riegan los jardines, la ANA dijo que le compete a MVCS, pero el MVCS no tiene el área implementada para hacer esa supervisión. A Capital Water no le están supervisando para nada, ni la ANA ni el MVCS. Por lo que posiblemente están regando con alto huevos de helmintos y pueden disminuir sus costos de tratamiento.

Otro caso es de la empresa de agua del Canal Isabel II de España que cuando construyen una PTAR, ya saben a quién van a ofrecer, ya tienen asegurado la compra de esa agua. Asumen toda la tubería para llevar al predio del cliente.

Los riesgos de construcción de una PTAR han disminuido con los procedimientos y especificación técnica que se maneja, porque SEDAPAL aprueba el expediente técnico, luego supervisa la construcción de esta y se cobra por los servicios colaterales.

5. ¿Cuáles son las restricciones que vez en la comercialización de agua residuales?

—Una de las restricciones es desarrollar una norma para el reúso, porque los estándares de calidad de la OMS son altos. Para el riego de parques y jardines se está

cumpliendo los parámetros de la OMS. El parámetro de huevos de helminto es crítico para las PTAR. Se debería enviar una propuesta a MVCS.

La flexibilidad para negociar los precios. No se puede negociar con precios rígidos. El ARST ya está por los suelos, pero en ART se debe evaluar si se puede bajar algo para hacer más atractivo.

El análisis de clandestinidad de los municipios ha bajado por la campaña de agua clandestina. Gracias al cambio o modificatoria de tarifa de estatal a comercial ayudó mucho en el reúso. Las municipalidades como Miraflores, San Isidro e incluso SJ de Miraflores han estado interesado en el reúso.

Entrevistado: Jorge Rucoba

Cargo: Gerente de Desarrollo e Investigación de SEDAPAL

Fecha: 04/11/2021

1. ¿Qué se está haciendo para promover la comercialización de agua residual?

—No se cuenta con un área para ver los proyectos de reutilización de aguas residuales. Si pudiéramos tener un área de Marketing para los municipios. Por ejemplo, en San Juan de Lurigancho se puede colocar una PTAR en el parque más grande y de ahí colocar unos tubos para regar, no se puede abarcar mucho. El análisis de escasez de agua en Lima, un enfoque de proyección, diseño de un proyecto, aspecto de marketing, economía circular, para Lima que es un desierto serio fabuloso. Promover el reúso de agua residual en la gran Lima. Cada proyecto de nueva fuente en los andes es de US\$0.5 /m³, una planta desaladora esta alrededor de US\$1.2 /m³. Invertir más en fuentes para que un tercero riegue parques, no es lo recomendado.

Tu tesis puede ser acerca de cómo se puede promover o incentivar el reúso de agua en Lima a través de la implementación de aguas residuales tratadas y que puede servir

para los municipios. Te puedo ayudar dando el GIS para ubicar PTAR. Para el parque bicentenario de Ancón, se puede usar agua de la PTAR Piedras Gordas.

Entrevistado: Jorge Rucoba

Cargo: Gerente de Desarrollo e Investigación de SEDAPAL

Fecha: 16/12/2021

—Sobre la escasez de agua en Lima, te puedo dar una presentación. El concepto no es económico, sino es dar agua a más gente y tener reserva para una eventual sequía. El punto de equilibrio está en 62 m³/mes, encima de esto recién ganó plata, por ello todos están subvencionados.

Los canales Huatica y Surco es para los ricos, pero la complicación es darles a los pobres. Hay una mala utilización del canal Surco.

El problema es que Lima tiene que mejorar en cuanto a sus áreas verdes, en cuanto al servicio a los pobres. El ofrecer el agua residual a empresas municipales para su reutilización. Eso es el inconveniente, al no poder aumentar el stock de agua en los andes, ante una eventual sequía, eso es el problema. Cada vez los proyectos se van poniendo más caros. Una alternativa puede ser incrementar desaladoras, pero tienen la dificultad del costo. Por ello, tienes que plantear bien el problema, conceptualizar.

Entrevistado: Richard Acosta y Jorge Rucoba

Cargo: Gerente General de SEDAPAL y Gerente de Desarrollo e Investigación

Fecha: 29/12/2021

1. ¿Qué hacer para comercialización del agua residual señor Acosta?

—Si podemos vender el agua residual a S/ 0.001/m³ no interesa. Se lo dije a la Gerencia de Gestión de Aguas Residuales, te bajamos el precio de agua residual crudo,

pero duplícame lo que estas vendiendo. Ahí tenemos que buscar como maximizamos la cantidad de desagüe cruda que podemos entregar. Mira el caso de San Bartolo, tratamos a S/ 0.35/m³ y lo vendemos a S/ 0.17/m³ y realmente son las condiciones de mercado. Siempre nos va a costar más tratar el agua, por ello nos conviene vender el desagüe crudo y nos libera del CAPEX y OPEX del tratamiento. En dos años la PTAR Taboada ya no va a poder tratar, incluso hay unos picos que ya no puede seguir tratando hoy en día.

Conversa con Capital Water, ojalá te dé tiempo, porque los privados no te dan tiempo y pregúntales cómo hacer para vender agua a los más pobres. La cosa es saber sus márgenes de costos para municipios pobres.

Ahora sería investigar más sobre el agua cruda. En el Callao hay una empresa Quimpac para agua de sus procesos y están evaluando si invierte en una PTAR o en una desaladora. Esa zona no es doméstica, sino industrial, por ello se requiere una planta más sofisticada.

2. *¿Cuál es la mayor inversión que va a hacer SEDAPAL en este nuevo Quinquenio?*

—La construcción de la PTAR La Atarjea va a ser una parte para el canal Surco y la otra para las operaciones de SEDAPAL.

3. *¿Hay experiencia de tercerizar las PTAR?*

—No hay experiencias todavía. Es todo un reto dentro de SEDAPAL que se invierta en aguas residuales, se invierte más en fuentes nuevas, pero también se debe priorizar reusar.

Entrevistado: Vania de la Cruz

Cargo: Asistente de la Gerencia de Gestión de Agua Residuales de SEDAPAL

Fecha: 29/12/2021

1. *¿Cómo se dio el reúso de agua residuales en SEDAPAL?*

—La norma antes del 2015 no te permitía vender agua cruda, solo agua tratada, pero el problema es que las PTAR estaban muy lejos de parques y jardines; por ejemplo, de Miraflores. Por otro lado, no había capacidad técnica para tratar aguas residuales, sobre de cuando son lodos activados.

2. *¿Hasta qué punto es conveniente instalar una PTAR para un municipio?*

—No es fácil operar una PTAR porque necesitas personal capacitado y hacer reportes técnico y legal. Hay que reportar a la ANA, hay que hacer análisis de laboratorio, y hay que sacar una certificación ambiental. Ahí hay un vacío, quien lo saca. La norma dice que para tener una PTAR debes tener un instrumento de gestión ambiental. Hay cuestiones técnicas operativas y legales para tener en cuenta.

Con el reúso de agua residual liberamos agua potable, porque si no hubiera esa fuente los usuarios tendrían que buscar más agua potable. Por ejemplo, la empresa Pozo Alto de San Bartolo consume 80 l/s de agua residual tratada porque el agua subterránea está bien estresada y dejaría sin agua a otras poblaciones.

Hubo un proceso de comercialización, se han emitido cartas para formalización. Se ha optado por hacer un contrato de venta de agua residual, por ejemplo, con Capital Water y Pozo Alto. Otro caso es SERPAR que se rehúsa a pagar por ser institución pública, aunque ellos toman agua de los canales Surco y Huatica. En el caso de Canal Ate, ya se les venció la autorización de reúso, pero ellos no quieren tramitarlo. En este caso no hay forma de presionar, porque si o si va a ver reúso de la PTAR Santa Clara, porque no puedo tirar el agua cruda al río, y ellos se aprovechan de eso. Otro caso es PTAR San Juan, que, si no pagan, puedo cerrar el colector y lo envié al agua curda al emisor Venecia. Con el Canal Ate hemos querido llegar a una contraprestación con donación de plantones. Cuando son canales de riego no se puede hacer seguimiento en que hacen el

reúso, porque no tenemos injerencia en supervisar canales. En cambio, si se diera el agua residual a través de tubería, si pudiéramos hacer seguimiento.

3. ¿Qué incentivos hay para promover el agua residual?

—El tema de cambiar la tarifa a los municipios de tarifa estatal a comercial para el riego de parques y jardines, al final aumento un poco la clandestinidad. Del lado de los municipios tampoco se puede hacer mucho porque no tienen mucho presupuesto a menos que se junten varios y hagan una PTAR. Quizás la solución sería por lado de la EPS, quizás le conviene invertir en plantas y redes. Por las APP los puede hacer Miraflores, San Miguel, pero no sé si pueda Independencia, Comas, etc. Por otro lado, por el tema de escala no conviene hacer PTAR pequeñas. Como EPS nosotros debemos cumplir con unos LMP para tratamiento, pero para reúso implica un tratamiento terciario, porque tienes que eliminar los coliformes y bajarlo a 1,000 NMP/100 ml, frente a la descarga que puedo hacerlo a 10,000 NMP/100 ml.

Otra forma de fomentar es hacer una evaluación como un proyecto piloto donde se puede repotenciar una PTAR dándoles un tratamiento terciario e instalar redes de conducción a puntos donde los municipios pueden tomar. Se debe conocer costos de O&M de las PTAR y determinar el costo de tendido de tubería (redes).

Lo que se puede hacer es ver que PTAR tiene potencial de hacer reúso en cuanto a calidad y ubicación. Se puede hacer un análisis costo beneficio del tendido de red e ir a un municipio para ver si tienen interés. Con ello, se puede plantear al equipo de planificación de SEDAPAL para que lo ponga en el PMO.

Por otro lado, MIVIVIENDA saco una norma que apoyaba a los municipios a instalar su PTAR, pero la norma no acompañaba en el proceso, por ejemplo, para la certificación ambiental.

4. ¿Qué proyectos de PTAR están en marcha?

—La PTAR Pachacutec para tratar las aguas del cono norte, se va a hacer con inversión pública, se le va a dar un año de operación al contratista y luego lo transfiere a SEDAPAL. Igualmente, para la PTAR La Atarjea se va a hacer lo mismo. Este último se va a dar una parte al Canal Surco y otra parte para riego de áreas verdes de SEDAPAL. Esta PTAR va a tratar agua de Cajamarquilla, Nievería, Cerro Camote y sector 136 y 137 de Lurigancho; ya que actualmente está yendo a Taboada, por eso estamos al tope de diseño. Se estima que el año 2022 salga a concurso y dos años de construcción.

La cooperación alemana a través del informe LAIF hicieron una evaluación de la potencialidad de las aguas residuales como nueva fuente de agua.

5. ¿El comité directivo de SEDAPAL apoya a la Gerencia de Agua Residuales?

—Están en la búsqueda de nuevas fuentes, desaladora, proyectos MERESE, entre otros; pero no solo depende del directorio, sino del país. Por ejemplo, se tenía un plan ambiental al 2021 de tratar el 100% de agua residuales y reusar el 50%, y no se está cumpliendo.

La Universidad de Ingeniería tiene su PTAR de 10 l/s con fines educativos, porque no tiene permiso de reúso de parte de la ANA.

La empresa Quimpac está evaluando si instalar una PTAR o una planta desaladora, nosotros le damos toda la información, buscando todas las redes posibles y justo al frente de ellos pasa una red que pueden usar. Lo malo de ahí es que se requiere de un fuerte trabajo en la calidad del agua, porque hay empresas que no cumplen con los Valores Máximos Admisibles (VMA), que aprovechan las madrugadas para verter todas las aguas. Los usuarios no domésticos deben cumplir con una serie de parámetros de VMA para salvaguardar nuestra infraestructura.

Hay muchas aristas para abarcar el problema de aguas residuales.



Apéndice B: Entrevistas a Stakeholders

Entrevistado: Dirk Loose

Cargo: Asesor de Agua Residuales del Programa PROAGUA de la GIZ

Fecha: 5/01/2022

1. ¿Cómo vienen apoyando el programa PROAGUA a SEDAPAL?

—Estamos en proceso de validación de un reglamento interno para que cualquier usuario pueda solicitar agua cruda o tratada a SEDAPAL. Lo otro es que se hizo una evaluación de las PTAR que están aptas para riego de parques y cultivos de tallo alto, pero vimos que no hay muchos; además, las PTAR tiene que competir con el agua potable que está en cualquier punto de la ciudad. Por ello, vemos con mayor interés el agua cruda, ya que tiene muchas ventajas, porque todos los tramites lo realiza en reusante. Para ello hicimos una lista de usuarios no doméstico (industrias), pero en realidad no son muchos. Hicimos un filtrado de industria que consumen mayor a 1 l/s, ya que ellos pueden construir una PTAR. Hay una experiencia no muy positiva en el colector Gambeta porque la calidad es muy mala y variable. La industria necesita agua constante en sus procesos.

2. ¿Cómo vez tú dar agua tratada a distritos de menos ingresos?

—Se debe instalar PTAR con costo menores a la tarifa de agua potable para riego de parques y jardines, que es algo de S/ 5 a 6 /m³, pero el problema es llevar agua a los parques. En caso de Villa Salvador se ha instalado plantas de lodos activados. Si este municipio no puede operar la planta se debe encargar a un tercero a un costo menor de S/ 6 /m³.

3. ¿Qué se necesita para desarrollar más APP en agua residuales?

—Se debe conocer cuanto paga cada municipio por regadío de parques. Donde hay parques grandes que consumen mucha agua. Identificar costos reales y hacerle ver que si encargas la operación a un tercero es mejor, porque tú puedes demandarlo si no cumple, y

eso es la única ventaja que tiene la APP, que tiene a quien echar la culpa y hacerlo responsable.

4. *¿Qué es lo que cubre los costos de tratamiento de aguas residuales?*

—Los costos de tratamiento y alcantarillado deben ser cubiertos en principio por la tarifa de agua que pagamos en el recibo, sino la tarifa está mal hecha. Si ya están cubierto los costos de tratamiento y alcantarillado, como se justifica otra tarifa. Todo lo que viene adicional solo sería por mantenimiento de la conexión, el monitoreo, la facturación, personal administrativo.

5. *¿El estudio LAIF que fue?*

—Esto fue un estudio financiado por KFW de análisis de todas las PTAR y colectores principales y un estudio futuro de todas las PTAR. De ahí salió propuestas de plantas nuevas, cuantas capacitaciones necesitan el personal.

6. *¿Conoces alguna experiencia en America Latina de que viene innovando en aguas residuales?*

—Lo que hace es colocar biodigestores para producir biogás. Otro es la recuperación del fosforo, ya que es un recurso escaso. También en Europa se hace mucho tratamiento terciario, con carbón activado. Lo que hace es sacar energía térmica del agua residual y calientan el edificio de las PTAR. El biogás sería una alternativa, pero lamentablemente la tarifa de energía es muy baja para que sea una alternativa. Finalmente, el proceso de automatización, se debe saber cuánto caudal entra y sale de cada PTAR.

Entrevistado: Rosa Miglio

Cargo: Profesora de la Universidad Nacional Agraria La Molina

Fecha: 05/01/2022

1. *¿Cómo ve la gestión de aguas residuales en SEDAPAL?*

—Hay varias contradicciones en SEDAPAL. A ellos no les conviene hacer más PTAR chiquitas, sino que se debe vender el agua tratada que ellos producen, porque se generarían más problemas a los cuales les involucrarían. Cuando se generan más PTAR municipales siempre los problemas recaen en SEDAPAL. Hay una responsabilidad de terceros. Hasta que nivel SEDAPAL va a tener responsabilidad por el mal manejo de un operador municipal. Por eso, SEDAPAL proponía que se haga un núcleo que trate las aguas residuales y de ahí vender, en vez de atomizar con muchas PTAR.

2. ¿Qué iniciativas hay en aguas residuales?

—Hay varias iniciativas en aguas residuales:

- Había una iniciativa del MVCS en establecer las normativas para LMP para poder reusar el agua residual. El MVCS armo su equipo y estaba liderado por la DGAA.
- SUNASS: estaba haciendo una propuesta de tarifa para aguas residuales. La SUNASS planteaba fijar las tarifas, pero se recomendó que las propias EPS hagan sus propias ventas. Luis Acosta y Roger Loyola.

El cambio de tarifa de estatal a comercial para dejar de usar el agua potable en el riego ha funcionado porque si no los municipios de Miraflores, San Miguel y Callao no hubieran puesto su PTAR, lo hicieron a raíz de esa tarifa. Les conviene a los municipios pagar S/ 2.8 vs los S/ 6.

La Municipalidad Molina no pudo consolidar su APP porque el MEF lo observó, porque iban a cobrar la tarifa de agua residual a los vecinos, a través de los arbitrios y al ser un recurso publica, como le iban a invertir en un privado, por lo que encontraron una contradicción. La municipalidad de Miraflores, San Miguel y Callao hicieron antes de La Molina. Sería bueno consultar en el MEF.

3. ¿Qué alianzas se están dando para ciudades sostenible?

—Recuperar el canal Surco y se reemplazaría con las aguas residuales tratadas de la PTAR La Atarjea. El tema es que los usuarios del canal Surco piensan que les van a dar el agua gratis porque como viene del río Rímac; sin embargo, la ART ya se comercializa por ley y no es gratis. ¿Cuál será más caro, la tarifa de agua a la comisión de regantes de Surco o el ART?

En el caso del Canal ATE, antes de la Ley 1280, SEDAPAL ofreció al comité o junta que el ART de la planta Santa Clara les iba a dar gratuita a cambio que dejes de usar el agua del Rímac. Les iban a dar el agua continua y gratuita de la PTAR. Se firmó un acta, pero ahora las cosas han cambiado.

En el caso de la PTAR Huascar, SERPAR le cedió una parte del terreno para construir la planta y a cambio les da el agua tratada. Hubo un tema de canje.

Para los gobiernos locales de bajos recursos la ayuda puede venir de SEDAPAL haciendo propuestas de plantas prototipos para diversos caudales como 5 l/s, 10 l/s. Asesoramiento técnico para implementar PTAR municipales, bajo la lógica de que les venda el agua residual cruda.

Los vendedores de plantas de tratamiento te venden cualquier cosa y son tan buenos.

3. ¿Qué debilidades ve en SEDAPAL?

—Las áreas no conversan entre ellos. Internamente hay una desinformación entre ellos. En tantos años no hay llegado a tener un equipo unido. No buscan beneficios comunes. Hay mucho divorcio, no conversan entre ellos. Es una empresa tan grande que no ha logrado consolidar un grupo unido. El presidente de SEDAPAL está pensando como una sola persona, pero no con el enfoque de lo piensa todo el equipo de SEDAPAL.

También manejan un doble discurso: por un lado, la GG dice que se debe vender más el agua cruda en vez de la tratada, pero por otro SEDAPAL no quiere vender el agua

cruda porque cree que le va a traer muchos problemas. Los municipios ponen las plantas privadas, pero le devuelve todos los lodos a la red de alcantarillado, malográndoles. Si tienen un problema las PTAR municipales, al final va a recaer en SEDAPAL.

Inclusive SEDAPAL planteó una planta en la Universidad Agraria La Molina, pero las autoridades de la universidad no le dieron importancia al caso.

El negocio de SEDAPAL es dar agua potable y tratar el desagüe y no preocuparse por entregar el agua limpia para que hagan el riego de áreas verdes, porque es la competencia de las municipales. Se está cargando un problema adicional a su gestión. Mucho más riesgoso. La comercialización puede ser en la puerta de la casa.

Sobre la tercerización hay varias PTAR como la de San Juan y Manchay que vienen tercerizando a otro operador parte de las operaciones, como la parte electromecánica.

Entrevistado: Julio Vidal

Cargo: Abogado principal del Estudio Vidal

Fecha: 24/02/2022

1. ¿Cómo se puede promover más el uso de agua residual o promover la venta, nos puedes comentar el concepto de agua en bloque?

—Son dos cosas distintas, agua en bloque es una cosa y compra de agua tratada es otra, cualquier EPS, no solo SEDAPAL tiene agua residual en las redes o la tratan o lo vierten sin tratar (sin cumplir los máximos permisibles o los estándares de calidad ambiental). Desde que se publica la ley marco de los servicios de saneamiento se establece la posibilidad de que las empresas de agua puedan comercializar su agua residual, pero no solo el agua residual sino los subproductos, por ejemplo, los lodos, que son abono orgánico, hoy en día se puede comercializar esto también.

Para que se pueda comercializar se tiene que firmar un contrato entre la EPS y el usuario, y se establece el precio por m³, de acuerdo a la calidad; por ejemplo, S/ 0.21 /m³ de agua tratada, posterior a esto se tiene que volver a tratar (de acuerdo a la calidad). Lo que SEDAPAL quiere es que se lleven toda el agua. El procedimiento está claro en la ley marco, debe ser promovida por los prestadores, SEDAPAL ya tiene contratos con algunas empresas, antes eran convenios ahora son contratos por los pagos que hacen los privados.

SEDAPAL, quiere dar casi regalado las aguas con justa razón, porque no sirve y es más es un gasto para SEDAPAL las aguas residuales crudas.

Hay que promover este uso o venta de aguas, ya que esta de la mano con la economía circular, porque el insumo es el mismo, solo se reúsa. Por ejemplo, el caso de Ica, Ica tiene una laguna oxidación (Cachiche), la empresa de agua de Ica subasto esta agua y la compró Agrokasa, que es una empresa agroexportadora, esta puso su plata de tratamiento, precio S/ 0.16 /m³, tratan el agua y la utilizan para regar sus sembríos de agroexportación. Este mecanismo debe promoverse mucho más y siempre es mejor el agua residual que el agua subterránea. Esto funciona y funciona bien, solo falta impulsarlo.

Agua en bloque se busca que SEDAPAL, le compre agua como insumo, agua tratada, una determinada cantidad.

SEDAPAL tiene la necesidad de agua, porque normalmente falta agua en Lima, entonces SEDAPAL elabora el expediente, con la necesidad de agua, al regulador (SUNASS) y se establece el precio, una señal de precio, luego se saca en concurso público la compra de agua para tal zona, como subasta en base al precio del regulador, esto es agua en bloque, es buscar proveedores de agua. También puede buscar que alguien trate su agua residual y SEDAPAL le paga por el metro cubico de agua tratada.

2. Estos se hacen entonces para agilizar las inversiones privadas para operar plantas de tratamiento, ¿ya sea agua cruda o agua potable y le venda a SEDAPAL a un precio para que lo distribuya por sus redes?

—¡Esto es!, SEDAPAL saca a un concurso, adjudica al que de menor precio y se obtiene agua como nueva fuente para lima por un contrato de 25 años, luego del cual pasa a ser propiedad de SEDAPAL.

¿Entonces es un contrato al ganador de 25 años, cuando termine los años, SEDAPAL toma el control de la planta, esto está en la ley, es un decreto legislativo?

—Agua en bloque, es un seudónimo, esto está en el Decreto de Urgencia N° 011-2020, artículo 102 título 9. Con este proyecto de ley (1762021) se establece 25 años.

Sobre todo, el proyecto de ley establece el cambio de 6 a 25 años de contrato y que al finalizar el contrato se revierta la propiedad de la planta a SEDAPAL.

3. ¿Como SEDAPAL puede ofrecer el agua residual, como venta de agua cruda? Viendo la dificultad de las municipalidades para obtenerla o tratarlas con plantas privadas.

—Agrokasa es un ejemplo claro que puso su propia planta, también en Ancón que compra agua para regar un camposanto, ya tenemos un reglamento, pero no se promueve. ¡Hay marco legal, ya existe!

Las municipalidades necesitan agua solo para riego, los que tienen capacidad de pago, buscan un privado y le pagan contra arbitrios, como Callao y Miraflores.

4. ¿Porque no se hacen en municipios?

—Porque no tienen capacidades, es mucho más barato con agua residual está comprobado, lo hacen San miguel, Callao y Miraflores. Los demás no lo hacen porque no tienen suficiente presupuesto y voluntad política.

5. ¿EL agua en bloque es otra alternativa?

—Es otra cosa que ayuda a la escasez de agua en lima.

6. *¿Las aguas tratadas residuales son más económicas que las subterráneas?*

—Si, la residuales tratadas siempre son más baratas que las subterráneas y las aguas de pozo no son eternas, el agua de napa se acaba.

7. *¿El agua en bloque en que funciona?*

—Por ejemplo, cuando hay escasez en los distritos o cuando algún proyecto inmobiliario requiere agua, más fuente de agua, por su factibilidad de servicio de SEDAPAL. Agua en bloque es más agua, una nueva fuente de agua.



Apéndice C: Análisis de Costo Efectividad

Alternativa	Año	2022	2023	2024	2025	2026	2042	2043	2044	2045	2046
Pozo	Inflación	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
	Tarifa S/m3	3.489	3.593	3.953	4.071	4.193	8.198	8.443	9.288	9.567	9.854
	Consumo anual m3	1,200,624	1,200,624	1,200,624	1,200,624	1,200,624	1,200,624	1,200,624	1,200,624	1,200,624	1,200,624
	Costo total anual S/	4,188,509	4,314,164	4,745,753	4,888,126	5,034,770	9,842,127	10,137,390	11,151,535	11,486,081	11,830,663
	Tarifa S/m3	0.075	0.077	0.080	0.082	0.085	0.136	0.140	0.144	0.148	0.153
PTAR	Costo total anual		92,983	95,773	98,646	101,605	163,047	167,938	172,976	178,165	183,510
	Costo de la PTAR	8,930,000									
	Variación de energía anual			6%	6%	6%	6%	6%	6%	6%	106%
	Costo O&M		684,356	725,417	768,942	815,079	2,070,586	2,194,821	2,326,511	2,466,101	5,080,169
	Costo total anual S/	8,930,000	777,339	821,190	867,588	916,684	2,233,633	2,362,759	2,499,487	2,644,267	5,263,679
Desaladora	Costo	17,410,460									
	Costo O&M		2,276,960	2,413,578	2,558,392	2,711,896	6,889,169	7,302,519	7,740,670	8,205,111	16,902,528
	Costo total anual S/	17,410,460	2,276,960	2,413,578	2,558,392	2,711,896	6,889,169	7,302,519	7,740,670	8,205,111	16,902,528

Apéndice D: Flujo de Caja Libre Proyectado Sin PTAR

Año	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Ventas	191,274	198,630	205,589	212,616	219,157	226,648	234,395
Costo de Ventas (Producción)	(152,154)	(158,005)	(163,541)	(169,131)	(174,334)	(180,293)	(186,456)
Ganancia (perdida) Bruta	39,120	40,624	42,048	43,485	44,823	46,355	47,939
Gastos de Ventas	(17,824)	(18,509)	(19,158)	(19,813)	(20,422)	(21,120)	(21,842)
Gastos de Administración	(9,109)	(9,459)	(9,791)	(10,125)	(10,437)	(10,793)	(11,162)
Ganancia Operativa (EBIT)	12,187	12,656	13,099	13,547	13,964	14,441	14,935
Gastos por impuestos a la renta	(3,595)	(3,734)	(3,864)	(3,996)	(4,119)	(4,260)	(4,406)
Ganancia Operativa Neta (NOPAT)	8,592	8,922	9,235	9,551	9,845	10,181	10,529
Depreciación y amortización	34,175	34,318	33,470	33,802	34,672	35,572	36,502
Cambio en el capital de trabajo	(3,112)	(2,944)	(2,973)	(2,767)	(3,169)	(3,277)	(3,040)
Inversiones	(15,189)	(15,773)	(16,326)	(16,884)	(17,403)	(17,998)	(18,613)
Aumento neto en otros activos de otros pasivos neto	-	-	-	-	-	-	-
Flujo de Caja Proyectado	24,466	24,523	23,406	23,702	23,944	24,477	25,378

Nota: Los montos están en miles de dólares

Apéndice E: Flujo de Caja Libre con PTAR

Año	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Ventas	191,274	198,630	205,589	212,616	219,157	226,648	234,395
Costo de Ventas (Producción)	(152,154)	(158,005)	(162,605)	(168,095)	(173,272)	(179,204)	(185,339)
Ganancia (perdida) Bruta	39,120	40,624	42,984	44,521	45,885	47,444	49,056
Gastos de Ventas	(17,824)	(18,509)	(19,158)	(19,813)	(20,422)	(21,120)	(21,842)
Gastos de Administración	(9,109)	(9,459)	(9,791)	(10,125)	(10,437)	(10,793)	(11,162)
Ganancia Operativa (EBIT)	12,187	12,656	14,035	14,583	15,026	15,530	16,051
Gastos por impuestos a la renta	(3,595)	(3,734)	(4,140)	(4,302)	(4,433)	(4,581)	(4,735)
Ganancia Operativa Neta (NOPAT)	8,592	8,922	9,895	10,281	10,594	10,949	11,316
Depreciación y amortización	34,175	34,318	33,470	33,802	34,672	35,572	36,502
Cambio en el capital de trabajo	(3,112)	(2,944)	(2,973)	(2,767)	(3,169)	(3,277)	(3,040)
Inversiones	(15,189)	(18,093)	(16,326)	(16,884)	(17,403)	(17,998)	(18,613)
Aumento neto en otros activos de otros pasivos neto	-	-	-	-	-	-	-
Flujo de Caja Proyectado	24,466	22,203	24,066	24,432	24,693	25,245	26,165

Apéndice F: Flujo de Caja Libre con la Planta Desaladora

Año	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Ventas	191,274	198,630	205,589	212,616	219,157	226,648	234,395
Costo de Ventas (Producción)	(152,154)	(158,005)	(163,048)	(168,564)	(173,769)	(179,730)	(185,896)
Ganancia (perdida) Bruta	39,120	40,624	42,541	44,052	45,388	46,918	48,499
Gastos de Ventas	(17,824)	(18,509)	(19,158)	(19,813)	(20,422)	(21,120)	(21,842)
Gastos de Administración	(9,109)	(9,459)	(9,791)	(10,125)	(10,437)	(10,793)	(11,162)
Ganancia Operativa (EBIT)	12,187	12,656	13,592	14,114	14,530	15,004	15,494
Gastos por impuestos a la renta	(3,595)	(3,734)	(4,010)	(4,164)	(4,286)	(4,426)	(4,571)
Ganancia Operativa Neta (NOPAT)	8,592	8,922	9,583	9,950	10,243	10,578	10,923
Depreciación y amortización	34,175	34,318	33,470	33,802	34,672	35,572	36,502
Cambio en el capital de trabajo	(3,112)	(2,944)	(2,973)	(2,767)	(3,169)	(3,277)	(3,040)
Inversiones	(15,189)	(20,355)	(16,326)	(16,884)	(17,403)	(17,998)	(18,613)
Aumento neto en otros activos de otros pasivos neto	-	-	-	-	-	-	-
Flujo de Caja Proyectado	24,466	19,942	23,754	24,101	24,343	24,874	25,772