

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

ESCUELA DE POSGRADO



**Economía Circular Hídrica Para Promover Proyectos Inmobiliarios
(Reutilización De Aguas Residuales)**

**TESIS PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRA EN
GESTIÓN Y DIRECCIÓN DE EMPRESAS CONSTRUCTORAS E
INMOBILIARIAS**

QUE PRESENTA:

Cruz Rosario Velazco Balbuena, DNI 21419174

**TESIS PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN
GESTIÓN Y DIRECCIÓN DE EMPRESAS CONSTRUCTORAS E
INMOBILIARIAS**

Ytalo Felipe Valle Pachas, DNI 07640760

Francisco Iván Argumedo Estay, DNI 10545362

Jorge Luis Arredondo Balbuena, DNI 10542261

ASESOR

Pablo Javier Gomez Debarbieri, DNI 07852652

Código ORCID 0000-0003-0849-8694

JURADO

Tito Antonio Piqué Romero

Rodolfo Santa María Razeto

Surco, diciembre, 2025

Declaración Jurada de Autenticidad

Yo, GOMEZ DEBARBIERI, PABLO JAVIER, docente del Departamento Académico de Posgrado en Negocios de la Pontificia Universidad Católica del Perú, asesor(a) de la tesis/el trabajo de investigación titulado Economía Circular Hídrica Para Promover Proyectos Inmobiliarios (Reutilización De Aguas Residuales),

del/de la autor(a)/ de los(as) autores(as)


- Argumedo Estay, Francisco Ivan
- Arredondo Balbuena, Jorge Luis
- Valle Pachas, Ytalo Felipe
- Velazco Balbuena, Cruz Rosario

dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 1 %. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* el 19/12/2025.
- He revisado con detalle dicho reporte y confirmo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio alguno.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las pautas académicas.

Lugar y fecha:

Lima, 8 de enero de 2026

Apellidos y nombres del asesor / de la asesora: GOMEZ DEBARBIERI, PABLO JAVIER	
DNI: 07852652	Firma
ORCID: 0000-0003-0849-8694	

Resumen Ejecutivo

La presente tesis desarrolla una propuesta integral de Economía Circular Hídrica aplicada al Proyecto Inmobiliario Munay, ubicado entre los distritos de San Juan de Lurigancho y Comas, Lima Metropolitana.

El objetivo principal es demostrar la viabilidad técnica, económica, ambiental y social de un sistema de reúso que permita viabilizar habilitaciones urbanas en zonas donde SEDAPAL no puede otorgar factibilidad de servicios de agua potable y alcantarillado debido al colapso hidráulico de sus colectores principales.

Actualmente, la falta de capacidad en la infraestructura de saneamiento público ha paralizado numerosos desarrollos urbanos formales, incrementando el déficit de vivienda en Lima. Frente a este escenario, el modelo Munay plantea que el promotor inmobiliario capte, trate, infiltre, potabilice y redistribuya localmente las aguas residuales, reduciendo la carga sobre la red pública y generando las condiciones técnicas necesarias para la obtención de la factibilidad regulatoria.

Solución técnica planteada. El sistema propuesto, denominado Sistema Hídrico Integral Munay, se basa en un circuito cerrado del agua, que permite abastecer 6,552 viviendas unifamiliares y 392 lotes comerciales mediante cuatro etapas constructivas escalables. Sus componentes principales son:

- Captación: Desvío controlado de 100 L/s del buzón 112 del colector Miguel Grau (500 mm PVC SN4), del esquema Jicamarca Anexo 22.
- Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) Munay Tecnología MBBR (Moving Bed Biofilm Reactor) con tratamiento primario, biológico y terciario, para alcanzar un efluente con $DQO \leq 40$ mg/L, apto para riego.

- Impulsión y almacenamiento: Bombeo de efluente tratado hacia el Reservorio de Riego RAG-Munay (760 m³) mediante una cámara de bombeo (CBD JIC-Munay) de 16.04 m³, con operación de 18 h/día.
- Sistema de infiltración: Área de 6,804 m² con materiales filtrantes (lana de vidrio, Rockwool, geomembrana y suelo preparado) para recarga del subsuelo y filtración natural.
- Planta de Tratamiento de Potabilización (PTAP Munay): Tecnología de ósmosis inversa, con sistema de cloración, complementado con cristalización y evaporación del rechazo, evitando descargas contaminantes.
- Reservorio de agua potable (RAP-001): Capacidad de 2,500 m³, alimentado por gravedad desde la PTAP.
- Colector Munay: Red de PVC SN4 de 250 mm que recoge el desagüe del proyecto (60.8 L/s) y lo redirige a la PTAR, cerrando completamente el ciclo del agua.

La capacidad modular y escalable del sistema permite atender el desarrollo del proyecto en cuatro etapas, abarcando 6,552 viviendas unifamiliares y 392 lotes comerciales, con una demanda total de 76 L/s y una proyección de diseño a 20 años (dotación 150 L/hab·día).

Justificación tecnológica. Las tecnologías seleccionadas responden a criterios de eficiencia, sostenibilidad y costo-beneficio:

- La PTAR con MBBR fue elegida por su alta eficiencia en la remoción de materia orgánica, bajo requerimiento de área (5,000 m²), estabilidad frente a cargas variables y facilidad de operación.
- La PTAP con ósmosis inversa garantiza agua potable de alta calidad, mientras que el sistema de cristalización y evaporación del rechazo elimina vertimientos contaminantes.

- Los lodos generados (16 m³/semana al 25 % de sólidos, 10 ton) se gestionan mediante tornillo prensa y disposición por terceros autorizados (Admero S.A.C.), cumpliendo con los estándares de DIGESA.
- El consumo energético total proyectado es de 280 kW para la PTAP y 110 kW para la PTAR, optimizado mediante variadores de frecuencia y operación en horas valle.

Evaluación económica y financiera. La evaluación económico-financiera del Proyecto Munay se desarrolla considerando el negocio inmobiliario integral, ya que la rentabilidad del sistema hídrico no depende únicamente del CAPEX de factibilidad sanitaria, sino de su incorporación dentro del flujo de caja total del proyecto.

El CAPEX de factibilidad hídrica asciende a S/ 64.5 millones (incluido IGV), correspondiente exclusivamente a las obras y equipamientos necesarios para viabilizar la factibilidad de agua potable y alcantarillado (PTAR, PTAP, reservorios, colectores, sistemas de infiltración y automatización). Por su parte, el OPEX acumulado del sistema hídrico para el horizonte del proyecto es de S/ 45.6 millones, asociado a los costos de energía, insumos químicos, personal especializado, mantenimiento y disposición de residuos.

Sin embargo, estos montos no determinan por sí solos la rentabilidad del proyecto. Los indicadores financieros del proyecto (VAN, TIR, Relación B/C y período de recuperación) se derivan del flujo financiero total, el cual integra:

- Ingresos del proyecto inmobiliario completo: S/ 769.03 millones (ventas de 6,552 viviendas unifamiliares + 392 comerciales + ingresos por servicios sanitarios).
- Egresos totales del proyecto: S/ 629.05 millones (incluye: CAPEX inmobiliario, CAPEX hídrico, OPEX hídrico y costos de ejecución de obras).

En este marco, el CAPEX hídrico de S/ 64.5 millones representa aprox. 10.2 % del costo total del proyecto y es absorbido dentro de la estructura financiera del desarrollo inmobiliario. Según el análisis financiero (véase Apéndice E) los indicadores principales son:

Tabla 1

Indicadores Principales de la Evaluación Económica y Financiera del Proyecto (VAN, TIR, Relación B/C y Período de Recuperación)

Indicador	Resultado	Interpretación
VAN (a 12%)	S/ 38.4 millones	Proyecto altamente rentable
TIR	20.46%	Superior al costo de oportunidad del capital
Relación B/C	1.09	Beneficio neto por cada sol invertido VP
Período de recuperación	8.1 años	Retorno dentro del horizonte del proyecto

Nota: Elaboración propia en base a los cálculos del Apéndice E (Cashflow)

La rentabilidad demostrada corresponde al proyecto integral, sustentado en la continuidad de las ventas inmobiliarias y en los ingresos por prestación del servicio sanitario, más que en el CAPEX hídrico por sí solo. El modelo demuestra que el sistema de reúso es económicamente sostenible y competitivo, incluso si el número de lotes disminuye hasta en un 16 %, validando su replicabilidad en proyectos de menor escala.

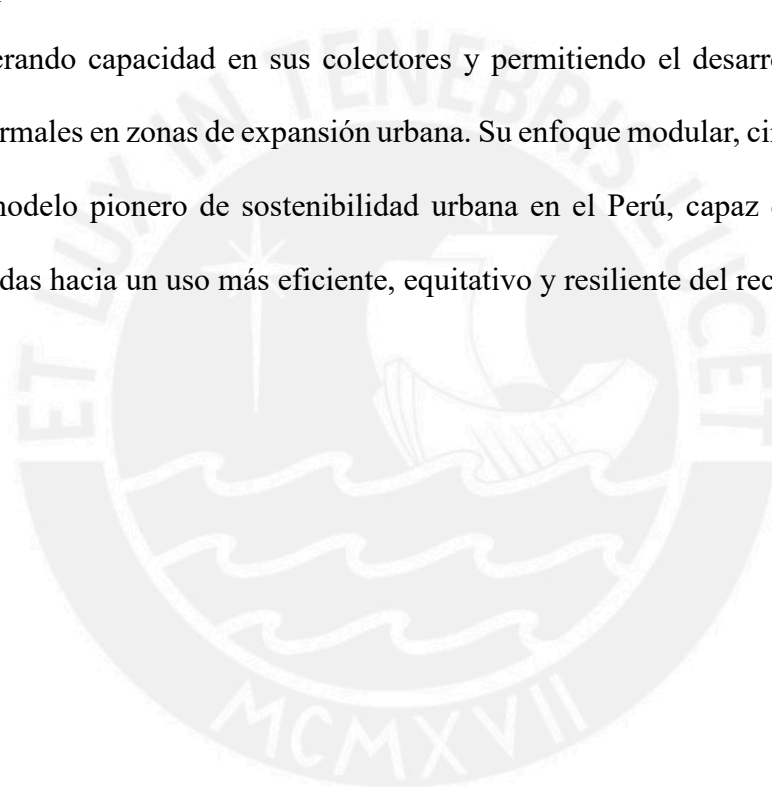
Impactos sociales y ambientales. El proyecto genera impactos positivos directos:

- Sociales: acceso equitativo al agua, formalización urbana, mejora en la calidad de vida, reducción de conflictos y generación de empleo local.
- Ambientales: reúso de 100 L/s de agua residual, incremento de 15 ha de áreas verdes, reducción de emisiones de CO₂ (≈1,200 t/año) y recarga controlada del acuífero.

El sistema se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS):

- ODS 6: Agua limpia y saneamiento.
- ODS 11: Ciudades sostenibles.
- ODS 13: Acción por el clima.
- ODS 15: Vida de ecosistemas terrestres.

Conclusión general del proyecto. El Sistema Hídrico Integral Munay demuestra que es técnicamente factible, económicamente rentable, ambientalmente responsable y socialmente beneficioso. Representa una alternativa concreta de solución frente a la falta de factibilidad de SEDAPAL, liberando capacidad en sus colectores y permitiendo el desarrollo de proyectos inmobiliarios formales en zonas de expansión urbana. Su enfoque modular, circular y replicable constituye un modelo pionero de sostenibilidad urbana en el Perú, capaz de guiar políticas públicas y privadas hacia un uso más eficiente, equitativo y resiliente del recurso hídrico.



Abstract

This thesis presents an integrated proposal for a Circular Water Economy applied to the Munay Real Estate Development Project, located between the districts of San Juan de Lurigancho and Comas in Metropolitan Lima. The main objective is to demonstrate the technical, economic, environmental, and social feasibility of a wastewater reuse system capable of enabling urban development in areas where SEDAPAL cannot grant water and sewerage service feasibility due to the hydraulic collapse of its main collectors.

Currently, the lack of capacity in public sanitation infrastructure has halted numerous formal urban developments, increasing Lima's housing deficit. In response, the Munay model proposes that the real estate developer locally captures, treats, infiltrates, potabilizes, and redistributes wastewater, thereby reducing the load on the public network and generating the technical conditions required to obtain regulatory feasibility.

Technical solution. The proposed system, known as the Munay Integrated Water System, is based on a closed-water-cycle approach that supplies 6,552 residential lots and 392 commercial lots through four scalable construction phases. Its main components include:

- **Intake:** Controlled diversion of 100 L/s from manhole No. 112 of the Miguel Grau collector (500 mm PVC SN4), Jicamarca Annex 22 scheme.
- **Wastewater Treatment Plant (WWTP – PTAR Munay):** MBBR technology with primary, biological, and tertiary treatment, achieving effluent with $\text{COD} \leq 40 \text{ mg/L}$ suitable for irrigation.
- **Pumping and storage:** Conveyance of treated effluent to the RAG-Munay irrigation reservoir (760 m³) via the CBD JIC-Munay pumping chamber (16.04 m³), operating 18 hours/day.

- **Infiltration system:** A 6,804 m² infiltration field using fiberglass, Rockwool, geomembrane, and prepared soil for controlled aquifer recharge and natural filtration.
- **Potable Water Treatment Plant (PTAP Munay):** Reverse osmosis system with chlorination, complemented by concentrate crystallization and evaporation to avoid pollutant discharge.
- **Potable water reservoir (RAP-001):** 2,500 m³ capacity supplied by gravity from the PTAP.
- **Munay collector:** 250 mm PVC SN4 network that captures project sewage flows (60.8 L/s) and returns them to the WWTP, completing the water cycle.

The modular and scalable design supports the full development of the project in four phases, supplying 6,552 residential lots and 392 commercial lots with a total demand of 76 L/s and a 20-year design horizon (150 L/inhabitant·day).

Technological justification. The selected technologies were chosen for efficiency, sustainability, and cost-effectiveness:

- The MBBR WWTP offers high organic load removal efficiency, reduced footprint (5,000 m²), resilience to variable loads, and simplified operation.
- The reverse osmosis PTAP ensures high-quality potable water, while the crystallization–evaporation system eliminates contaminated discharge.
- Generated sludge (16 m³/week at 25% solids, ≈10 tons) is dewatered by screw press and disposed of by authorized third parties (Admero S.A.C.), complying with DIGESA standards.
- Total projected energy demand is 280 kW for the PTAP and 110 kW for the WWTP, optimized through frequency drives and off-peak operation.

Economic and financial evaluation. The financial analysis of the Munay Project considers the overall real estate business, as the profitability of the water system depends on its integration into the project's total cash flow rather than the sanitation CAPEX alone.

The water-system feasibility CAPEX amounts to S/ 64.5 million, covering the infrastructure required to secure potable water and sewerage feasibility (WWTP, PTAP, reservoirs, collectors, infiltration system, automation). The hydric-system OPEX, accumulated for the project horizon, reaches S/ 45.6 million, associated with energy, chemical reagents, specialized personnel, maintenance, and waste disposal.

However, these amounts do not determine the project's profitability by themselves. Financial indicators (NPV, IRR, B/C ratio, and payback period) arise from the total financial flow, which integrates:

- **Total project revenues:** S/ 769.03 million (land sales from 6,552 residential lots + 392 commercial lots + revenues from sanitary services).
- Total project costs: S/ 629.05 million (real estate CAPEX, hydric CAPEX, hydric OPEX, and construction costs).

Within this framework, the hydric CAPEX of S/ 64.5 million represents approximately 10.2% of the total project cost and is absorbed within the financial structure of the real estate development.

According to the financial analysis (see Appendix E), the main indicators are:

Tabla 2*Key Economic and Financial Indicators of the Project*

Indicator	Result	Interpretation
VAN (12%)	S/ 38.4 millones	Highly profitable project
TIR	20.46%	Above the cost of capital
Relación B/C	1.09	Positive net benefit per sol invested VP
Payback period	8.1 years	Returns within project horizon

Note: Prepared by the author based on calculations from Appendix E (Cashflow)

The demonstrated profitability corresponds to the integrated project, sustained by ongoing real estate sales and revenues from sanitation services, rather than by the hydric CAPEX alone. The model remains financially viable even if the number of lots decreases by up to 16%, validating its replicability in smaller-scale developments.

Social and environmental impacts. The project generates direct positive impacts:

- Social: equitable access to water, formal urban development, improved quality of life, conflict reduction, and local job creation.
- Environmental: reuse of 100 L/s of wastewater, creation of 15 hectares of green areas, reduction of CO₂ emissions ($\approx 1,200$ t/year), and controlled aquifer recharge.

The system aligns with the Sustainable Development Goals (SDGs):

- SDG 6 (Clean Water and Sanitation)
- SDG 11 (Sustainable Cities and Communities)
- SDG 13 (Climate Action)
- SDG 15 (Life on Land)

General conclusion. The Munay Integrated Water System is technically feasible, economically profitable, environmentally responsible, and socially beneficial. It provides a concrete alternative to overcome SEDAPAL's feasibility limitations, freeing capacity in public collectors and enabling formal urban development in expansion zones. Its modular, circular, and replicable approach establishes a pioneering model of urban sustainability in Peru, capable of guiding both public and private policies toward a more efficient, equitable, and resilient use of water resources.



Tabla de Contenidos

Lista de Tablas.....	xvi
Lista de Figuras.....	xvii
Capítulo 1 Objetivos y Alcance.....	1
Capítulo 2 Introducción	5
2.1. Dimensión Mundial.....	5
2.2. El problema de la escasez de agua en Lima y Callao.....	7
2.3. El problema de falta de factibilidad de servicios de agua potable y alcantarillado para proyectos inmobiliarios	10
2.4. El problema de la falta de agua para el riego de parques y jardines	13
2.5. Las posibilidades de solución.....	16
Capítulo 3 Marco Teórico.....	22
3.1. Disponibilidad hídrica	22
3.2. Servicios de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales	22
3.3. Proyectos inmobiliarios.....	23
3.4. Factibilidad de Servicios	23
3.5. Parques y jardines municipales	24
3.6. Marco Legal e Institucional.....	24
3.7. Reutilización de aguas residuales tratadas	25
3.8. Economía Circular.....	26
Capítulo 4 Análisis del Entorno.....	27
4.1. Cuenca del Chillón – Rímac y Lurín.....	27
4.2. Lima Metropolitana y Callao (MML y MC).....	31
4.3. Servicios de Agua Potable, Alcantarillado y Tratamiento de Aguas Residuales.....	33
4.4. Riego de Parques y Jardines (MML y Distritos, SERPAR, Diagnostico de la ANA)....	35
4.5. Reúso de Aguas Residuales (Inventario de la ANA).....	36

4.6. Proyectos Inmobiliarios (CAPECO – ADI – ASEI)	38
4.7. En cada ítem desarrollar oferta y demanda	45
4.8. Indicadores del Entorno Inmobiliario y Económico	48
Capítulo 5 Desarrollo del Proyecto	52
5.1. FODA.....	52
5.2. Análisis Micro	57
5.3. Análisis Macro.....	58
5.4. Análisis de la Escala del Proyecto por Desarrollar	60
5.5. De la escala a desarrollar.....	67
5.5.1. Memoria Descriptiva.....	67
5.5.2. Memoria de Cálculo	77
Capítulo 6 Análisis del Impacto Ambiental y Social.....	81
6.1. Dimensión Social	81
6.2. Dimensión Ambiental.....	82
6.3. Indicadores de Impacto	84
6.4. Riesgos Ambientales y Medidas de Mitigación	85
6.5. Contribución a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).....	86
Capítulo 7 Análisis Económico Financiero	87
7.1. Presupuesto de Inversión (CAPEX).....	87
7.2. Costos de Operación y Mantenimiento (OPEX).....	88
7.3. Flujo de Caja Proyectado (Proyecto Total)	90
7.4. Indicadores de Rentabilidad	92
7.5. Análisis de Sensibilidad	92
7.6. Conclusión del Análisis Financiero	94
Capítulo 8 Estrategia de Implementación	96

8.1. Arreglos Normativos	96
8.2. Arreglos Institucionales.....	97
8.3. Incentivos Económicos y Financieros.....	98
8.4. Promoción y Replicabilidad del Modelo.....	99
8.5. Educación Sanitaria y Ambiental	100
8.6. Síntesis Final	101
Conclusiones.....	102
Referencias.....	105
Apéndices.....	111
Apéndice A: Plano General Proyecto Munay.....	111
Apéndice B: Rechazo de Factibilidad de Servicio de Agua Potable y Alcantarillado ...	112
Apéndice C: Parámetros de Diseño.....	113
Apéndice D: Evaluación Económica Financiera.....	114
Apéndice E: Definición de Tarifas a los Usuarios	117
Apéndice F: Cotización de Disposición Final de Lodos.....	118
Apéndice G: Cotización de Solución Técnica para el Rechazo de la Osmosis Inversa .	123
Apéndice H: Demanda Total de agua por dotación	127
Apéndice I: Cálculos Hidráulicos de Aforo Buzón 112 y Conducción a PTAR	128
Apéndice J: PTAR Munay – MBBR	129
Apéndice K: Plano de PTAR.....	134
Apéndice L: Sustento Técnico Tubería de Impulsión y Cámara de Bombeo.....	135
Apéndice M: Características de Sistema Rockwool	137
Apéndice N: Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP)	140
Apéndice O: Suministro de Equipos para la PTAP	141
Apéndice P: Cálculos Hidráulicos de Aforo para Colector Munay	146
Apéndice Q: Capex de Factibilidad de Servicios	147

Lista de Tablas

Tabla 1	<i>Indicadores Principales de la Evaluación Económica y Financiera del Proyecto (VAN, TIR, Relación B/C y Período de Recuperación).....</i>	<i>vi</i>
Tabla 2	<i>Key Economic and Financial Indicators of the Project.....</i>	<i>xi</i>
Tabla 3	<i>Distribución de recursos hídricos a nivel mundial.....</i>	<i>5</i>
Tabla 4	<i>Distribución por rangos de precio en Lima Este:.....</i>	<i>39</i>
Tabla 5	<i>Oferta de Sector Urbano 2025-1</i>	<i>46</i>
Tabla 6	<i>Ventas de Sector Urbano 2025-1</i>	<i>47</i>
Tabla 7	<i>Datos de indicadores de entorno inmobiliario y económico</i>	<i>49</i>
Tabla 8	<i>Indicadores del mercado inmobiliario de CAPECO.....</i>	<i>50</i>
Tabla 9	<i>Indicadores de disponibilidad hídrica</i>	<i>50</i>
Tabla 10	<i>Indicadores del Proyecto Munay – Factibilidad de Servicios</i>	<i>51</i>
Tabla 11	<i>Fortalezas del Proyecto Munay</i>	<i>52</i>
Tabla 12	<i>Oportunidades del Proyecto Munay</i>	<i>54</i>
Tabla 13	<i>Debilidades del Proyecto Munay.....</i>	<i>55</i>
Tabla 14	<i>Amenazas del Proyecto Munay.....</i>	<i>56</i>
Tabla 15	<i>Indicadores del Sistema de Saneamiento.....</i>	<i>59</i>
Tabla 16	<i>Etapas de Proyecto Munay</i>	<i>61</i>
Tabla 17	<i>Características y justificación para la selección del sistema MBBR</i>	<i>63</i>
Tabla 18	<i>Características y justificación sistema de Ósmosis Inversa (RO) para la PTAP</i>	<i>64</i>
Tabla 19	<i>Gestión de residuos de tornillo de prensa.....</i>	<i>66</i>
Tabla 20	<i>Características de consumo energético y sostenibilidad operativa de sistemas MBBR y RO en PTAR</i>	<i>67</i>
Tabla 21	<i>Indicadores medioambientales de impacto.....</i>	<i>84</i>
Tabla 22	<i>Principales Riesgos Ambientales y Medidas de Mitigación del proyecto</i>	<i>85</i>
Tabla 23	<i>Capex de Factibilidad.....</i>	<i>87</i>
Tabla 24	<i>Evolución del OPEX anual y mensual del sistema hídrico Munay</i>	<i>89</i>
Tabla 25	<i>El flujo neto actualizado</i>	<i>91</i>
Tabla 26	<i>Indicadores de Rentabilidad</i>	<i>92</i>
Tabla 27	<i>Análisis de Sensibilidad.....</i>	<i>93</i>
Tabla 28	<i>Análisis de sensibilidad por reducción de ventas</i>	<i>93</i>
Tabla 29	<i>Roles institucionales clave para la gestión del reúso en proyectos descentralizados.....</i>	<i>97</i>

Lista de Figuras

Figura 1	<i>Diagrama Economía Circular Munay</i>	3
Figura 2	<i>Ubicación y límites del Consejo de Recursos Hídricos de Cuenca Interregional Chillón Rímac Lurín (CRHCI CHIRILU)</i>	29
Figura 3	<i>Oferta del sector inmobiliario – CAPECO 2025</i>	42
Figura 4	<i>Vistas isométricas de modelos BIM de Reservorios, Zona de Filtración y PTAP</i>	75
Figura 5	<i>Vista frontal de modelos BIM de Reservorios, Zona de Filtración y PTAP</i>	76



Capítulo 1 Objetivos y Alcance

La presente tesis tiene como objetivo demostrar la viabilidad técnica, ambiental, económica y social de una solución basada en el enfoque de Economía Circular Hídrica, orientada a destrabar el desarrollo de proyectos inmobiliarios ubicados en zonas que carecen de factibilidad de servicios de agua potable y alcantarillado en Lima Metropolitana. La propuesta se sustenta en el reúso de aguas residuales tratadas, con el fin de asegurar el abastecimiento sostenible de agua para riego de áreas verdes y, en fases posteriores, para reúso indirecto potable, contribuyendo al cierre de brechas de infraestructura sanitaria y ambiental.

Como caso de estudio, se plantea el Proyecto Inmobiliario Munay, ubicado entre los distritos de San Juan de Lurigancho y Comas, el cual contempla cuatro etapas de desarrollo que en conjunto agrupan 6,552 lotes de vivienda tipo techo propio y 392 lotes comerciales, sobre un área aproximada de 95 hectáreas (ver Apéndice A). Actualmente, el proyecto no cuenta con factibilidad de servicios por parte de SEDAPAL, debido a la falta de capacidad en los colectores principales y la saturación de las plantas de tratamiento existentes, lo que impide su ejecución (ver Apéndice B).

La propuesta técnica de la tesis se basa en resolver simultáneamente la factibilidad de agua potable y alcantarillado mediante la implementación de un sistema integrado de reúso de aguas residuales que capture caudales del colector principal de SEDAPAL y los trate localmente dentro del ámbito del proyecto, liberando capacidad hidráulica en el sistema existente y creando una fuente alternativa de agua para riego.

Parámetros de Diseño. El cálculo de la demanda total de agua para 6,552 lotes de vivienda (4.5 habitantes por lote y horizonte de diseño de 20 años) arroja un requerimiento de 65.8 L/s. A ello se suman 4.09 L/s correspondientes al área comercial y 6.15 L/s para riego de áreas verdes y cementerio, obteniéndose un total de 76.04 L/s, redondeado a 76 L/s.

Considerando pérdidas por infiltración (5%) y eficiencia de tratamiento (20%), el caudal bruto requerido para captar desde el buzón 112 del colector Miguel Grau (500 mm) es de aproximadamente 100 L/s, caudal que alimentará al sistema modular de tratamiento y reúso (ver Apéndice C).

Estructuras principales del sistema propuesto:

- Derivación de desagüe desde el Colector Miguel Grau.
- PTAR Munay – CBD Jicamarca, de tipo modular MBBR.
- Tubería de impulsión desde la PTAR hacia el Reservorio de Riego (RAG-Munay).
- Reservorio de riego (RAG-Munay).
- Sistema de infiltración controlada para recarga del acuífero y futura reutilización indirecta potable.
- PTAP Munay para el tratamiento avanzado del agua infiltrada.
- Reservorio de Agua Potable RAP-001 para distribución local.
- Colector Munay, que retornará el desagüe hacia la PTAR.

Figura 1*Diagrama Economía Circular Munay*

El alcance de la tesis incluye:

- Desarrollo integral y conceptual de la solución hídrica para el conjunto del Proyecto Munay, considerando una planificación modular y escalable por etapas.
- Estimación de demandas hídricas totales (agua potable, desagüe y riego) y evaluación técnico-operativa del sistema propuesto.
- Dimensionamiento preliminar de las obras principales: captación, conducción, PTAR, PTAP, reservorios, estaciones de bombeo y redes.

- Evaluación económico-financiera: determinación del CAPEX de factibilidad (S/ 64.5 millones) sustentado en cotizaciones y del OPEX proyectado (S/ 45.6 millones), conforme al Apéndice D.
- Análisis de sostenibilidad mediante la recaudación por tarifas de usuarios (aprox. S/ 33.4 millones), en donde el promotor inmobiliario asume inicialmente el OPEX hasta que el sistema sea autosostenible por los usuarios (ver Apéndice E).
- Validación de la replicabilidad del modelo en otros proyectos inmobiliarios sin factibilidad de servicios, como estrategia de desarrollo urbano sostenible y descentralización de la gestión sanitaria.

Síntesis del Enfoque. La tesis propone un modelo técnico replicable, financieramente viable y ambientalmente sostenible, que articula los principios de la economía circular hídrica con la planificación urbana. Este modelo permite liberar capacidad hidráulica en la red de SEDAPAL, generar una fuente alternativa de agua tratada para riego y asegurar la sostenibilidad operativa mediante un esquema tarifario autosostenible. Así, se promueve la factibilidad de nuevos proyectos inmobiliarios formales y se contribuye al incremento del bienestar urbano, reduciendo el déficit de vivienda y de áreas verdes en Lima Metropolitana y Callao.

Capítulo 2 Introducción

2.1. Dimensión Mundial

El agua es el recurso esencial para la vida y el desarrollo económico de las naciones; sin embargo, su distribución en el planeta es desigual y limitada. Se estima que en la Tierra existen aproximadamente 1,400 millones de km³ de agua, de los cuales solo 35 millones de km³ (2.5%) corresponden a agua dulce. De este porcentaje, la mayor parte se encuentra congelada en glaciares y casquetes polares o confinada en acuíferos profundos de difícil acceso. El agua dulce efectivamente disponible para uso humano proviene de la escorrentía superficial del ciclo hidrológico, el cual recicla continuamente el recurso mediante la evaporación, condensación y precipitación generadas por la energía solar.

Tabla 3

Distribución de recursos hídricos a nivel mundial

Masa de Agua	Volumen de agua (millones de km ³)	Porcentaje de agua dulce	Porcentaje del total de agua
Agua dulce	35.0	100	2.53
Glaciares y capas polares	24.4	69.7	1.76
Agua subterránea	10.5	30	0.76
Lagos, ríos y atmósfera	0.1	0.3	0.01
Agua salada	1,351.0		97.47
Agua total	1,386.0		100.00

Nota. Tomado de *Agua y cultivos: Aprovechamiento integral de los recursos hídricos en la agricultura y la alimentación.*, por Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), 2002. Recuperado de <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/c5269729-81e9-4383-aaf3-e1a134ab539f/content/y3918s.htm>.

De acuerdo con el Banco Mundial (2022), la humanidad ejerce una presión sin precedentes sobre los recursos hídricos. El rápido crecimiento demográfico, la urbanización acelerada y los patrones de consumo no sostenibles provocan que, bajo las prácticas actuales, para el año 2030 la demanda mundial de agua supere en un 40 % la disponibilidad natural. A ello se suma la creciente frecuencia de fenómenos hidrometeorológicos extremos, como inundaciones y sequías, que agravan la incertidumbre hídrica y amenazan la estabilidad económica y social de los países.

El mismo organismo advierte que, para alimentar a una población proyectada de 10,000 millones de personas al 2050, será necesario incrementar la producción agrícola en 50 %, lo que implicará un aumento adicional del 15 % en la extracción de agua. Actualmente, la agricultura utiliza aproximadamente el 70 % del agua dulce disponible en el planeta, y más del 40 % de la población mundial vive ya en zonas con estrés hídrico. De continuar esta tendencia, uno de cada cuatro niños vivirá hacia el año 2040 en áreas con escasez extrema de agua.

Según las Naciones Unidas (2022), cerca de dos mil millones de personas aún carecen de acceso a agua potable segura, mientras que la mitad de la población mundial enfrenta escasez de agua al menos durante una parte del año. Este déficit se agrava con los efectos del cambio climático, la degradación de fuentes naturales y la falta de infraestructura de saneamiento, generando consecuencias directas en la salud pública, la seguridad alimentaria y el desarrollo urbano sostenible.

El Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas (ODS, 2022) resalta, además, que más del 50 % de la población mundial vive actualmente en ciudades, y que para el año 2050 esa proporción alcanzará el 70 %. Las ciudades, responsables de más del 80 % del Producto Bruto Interno (PBI) mundial, son también las principales fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y de contaminación hídrica. Este proceso de

urbanización descontrolada genera mayor presión sobre las fuentes de agua y sobre los sistemas de tratamiento y disposición de aguas residuales.

En paralelo, se estima que uno de cada cuatro habitantes urbanos vive en asentamientos informales o barrios marginales, donde la falta de planificación, infraestructura y servicios básicos impide un desarrollo urbano ordenado. Más de mil millones de personas habitan en estas condiciones, concentradas principalmente en Asia y África. Las causas son estructurales: urbanización acelerada, escasez de vivienda formal, políticas ineficaces de gestión del suelo, falta de financiamiento y pobreza estructural.

Estos indicadores reflejan un contexto global de crisis hídrica y urbana, que exige nuevos modelos de gestión orientados al uso eficiente, tratamiento, reúso y recuperación del agua, bajo el enfoque de economía circular hídrica. En ese marco, la presente tesis se inserta como una propuesta técnica y replicable que busca responder a los desafíos globales de escasez y sostenibilidad, adaptándolos al contexto peruano y, en particular, al caso de Lima Metropolitana.

2.2. El problema de la escasez de agua en Lima y Callao

El Perú es uno de los países con mayor dotación de agua dulce a nivel global; sin embargo, esta riqueza hídrica presenta una distribución espacial altamente desigual. Los recursos hídricos renovables nacionales se estiman en aproximadamente 1,800 millones de metros cúbicos por año (MMC/año), de los cuales cerca del 30 % proviene de aguas subterráneas renovables (540 MMC/año) y el resto (1,260 MMC/año) de aguas superficiales. Esta disponibilidad equivale a 54,600 m³/hab/año, cifra que supera el promedio de América Latina y el Caribe; no obstante, el 65 % de la población peruana habita en la vertiente del Pacífico, que recibe menos del 2.2 % de la dotación total de agua del país.

Debido a la posición geográfica y fisiográfica de los Andes, la mayoría de las precipitaciones se dirigen hacia la cuenca del Amazonas (vertiente del Atlántico), mientras que la costa peruana —donde se concentran las principales ciudades, industrias y zonas agrícolas de exportación— depende de fuentes hídricas altamente limitadas y estacionales. En consecuencia, la cuenca hidrográfica del Pacífico enfrenta un desequilibrio estructural entre la oferta y la demanda de agua, lo que convierte a Lima Metropolitana y Callao en la región más vulnerable del país frente a la escasez hídrica.

De acuerdo con el Banco Mundial (2023), en las últimas tres décadas la extracción de agua en el Perú se ha duplicado, impulsada principalmente por el crecimiento urbano y agrícola. El sector agrícola continúa siendo el mayor consumidor, representando aproximadamente el 89 % de las extracciones totales, seguido por el uso doméstico (9 %) y el uso industrial, minero y energético (2.3 %). Aunque el volumen total extraído representa solo el 1.4 % de los recursos hídricos renovables nacionales, cerca del 81 % de las extracciones se concentran en la vertiente del Pacífico, donde la recarga natural es mínima y la competencia por el recurso es creciente.

Al considerar las pérdidas por evapotranspiración y las demandas urbanas e industriales, la disponibilidad efectiva de agua en la Costa peruana se reduce a poco más de 1,000 m³ por persona por año, valor que, según el Indicador de Estrés Hídrico de Falkenmark, ubica a esta región en condición de escasez de agua.

Este indicador, propuesto por la hidróloga sueca Malin Falkenmark en 1989, clasifica la disponibilidad hídrica de acuerdo con tres umbrales críticos:

- Sin estrés: más de 1,700 m³/hab/año,
- Estrés hídrico: 1,000 a 1,700 m³/hab/año,
- Escasez de agua: 500 a 1,000 m³/hab/año,
- Escasez absoluta: menos de 500 m³/hab/año.

En el caso de Lima Metropolitana y Callao, donde se concentra más del 48 % del PBI nacional y una población superior a 12 millones de habitantes (INEI, 2024), la disponibilidad promedio de agua cae a tan solo 90 m³/hab/año, situando a la capital del Perú en una condición de escasez absoluta. Este valor refleja una situación crítica de sostenibilidad hídrica, agravada por la expansión urbana descontrolada, la contaminación de las fuentes superficiales, el deterioro de los acuíferos y las limitaciones de infraestructura sanitaria.

Lima depende fundamentalmente de tres cuencas —Chillón, Rímac y Lurín— que en conjunto abastecen más del 95 % de la demanda de agua potable, pero cuya recarga natural es insuficiente frente a la demanda actual y futura. Según la Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2023), la oferta hídrica promedio en estiaje de estas cuencas es de aproximadamente 20 m³/s, mientras que la demanda de la ciudad supera los 26 m³/s, generando un déficit estructural que se amplía cada año.

A este contexto se suma el bajo nivel de tratamiento y reúso de las aguas residuales. Si bien SEDAPAL opera 20 PTAR con un caudal total tratado de 25.8 m³/s, solo 1.1 m³/s (equivalente al 4.2 %) se destina al reúso directo o indirecto, principalmente para riego de áreas verdes. El resto se vierte al mar o al río sin aprovechamiento, representando una pérdida significativa de recurso potencial.

En consecuencia, Lima y Callao constituyen un caso paradigmático de ciudad costera en condición de estrés hídrico extremo, que requiere nuevos modelos de gestión hídrica descentralizados y circulares. En este escenario, la Economía Circular Hídrica emerge como una alternativa estratégica, promoviendo el tratamiento local y el reúso eficiente de aguas residuales para riego, recarga de acuíferos y eventualmente para reúso potable indirecto.

El modelo que propone la presente tesis —aplicado al Proyecto Inmobiliario Munay— se enmarca precisamente en este contexto: captar aguas residuales de los colectores de

SEDAPAL, tratarlas en una planta modular PTAR, reutilizarlas para riego y liberar capacidad hidráulica en la red pública, de modo que SEDAPAL pueda otorgar factibilidad de servicios a nuevos proyectos inmobiliarios. Esta visión de gestión integrada y circular del recurso hídrico constituye una respuesta innovadora y replicable para enfrentar el desafío estructural de la escasez de agua en Lima Metropolitana y Callao.

2.3. El problema de falta de factibilidad de servicios de agua potable y alcantarillado para proyectos inmobiliarios

La falta de factibilidad de servicios de agua potable y alcantarillado constituye una de las principales barreras estructurales que enfrenta el desarrollo urbano formal en Lima Metropolitana y Callao. Este problema se refiere a la imposibilidad o severas limitaciones técnicas y operativas que impiden a los proyectos inmobiliarios obtener la autorización de conexión a las redes públicas administradas por SEDAPAL, requisito indispensable para la ejecución de habilitaciones urbanas y viviendas formales.

1. Causas estructurales:

- **Insuficiencia de la infraestructura existente:** Las redes troncales de agua potable y alcantarillado no han crecido al mismo ritmo que el aumento demográfico y la expansión urbana. Según SEDAPAL (2024), el sistema de alcantarillado metropolitano se encuentra cercano a su capacidad máxima de conducción, especialmente en los colectores principales Comas, Carabaylo, Canto Grande y San Juan de Lurigancho, los cuales presentan tramos colapsados o con sobrecarga hidráulica.
- **Crecimiento urbano desordenado:** La expansión de asentamientos humanos informales sin planificación ni habilitación urbana ha distorsionado la priorización de inversiones en infraestructura sanitaria. Estos asentamientos — que representan más del 60 % del crecimiento urbano reciente según la MML

(2023)— ejercen una presión social y política sobre las instituciones del Estado, generando reasignaciones de recursos hacia proyectos de regularización en detrimento de las habilitaciones formales promovidas por el sector privado.

- **Limitaciones financieras e institucionales:** El Plan Nacional de Saneamiento 2022–2026 estima una brecha de inversión en infraestructura de agua y saneamiento de más de S/ 98 mil millones, de los cuales S/ 51 mil millones corresponden únicamente a saneamiento, proyectado a 2030. La empresa, con ingresos anuales cercanos a S/ 2.7 mil millones, no cuenta con la capacidad financiera ni la flexibilidad tarifaria para cubrir dichas brechas, lo que restringe la expansión de las redes hacia nuevas zonas urbanas.
- **Procesos administrativos y normativos complejos:** El procedimiento para la obtención de factibilidad técnica ante SEDAPAL, regulado por SUNASS y el D.L. 1280, requiere la existencia de capacidad hidráulica disponible en la red matriz. En distritos donde los colectores están colapsados, SEDAPAL deniega automáticamente las solicitudes, sin ofrecer mecanismos alternativos o complementarios para habilitaciones privadas con sistemas descentralizados o de reúso.

2. Impactos urbanos y económicos: La falta de factibilidad de servicios genera consecuencias directas sobre el mercado inmobiliario formal y la planificación urbana metropolitana:

- **Paralización de proyectos inmobiliarios:** La imposibilidad de obtener factibilidad impide el inicio de obras, afectando la oferta de vivienda formal y reduciendo la competitividad del sector. Según CAPECO (2025), más del 40 %

de los proyectos con licencias de habilitación en Lima Este y Norte permanecen suspendidos por falta de factibilidad de servicios sanitarios.

- **Incremento del déficit habitacional:** La suspensión de proyectos formales agrava la escasez de vivienda adecuada, estimada en más de 600,000 unidades en Lima Metropolitana. Esta carencia impulsa el crecimiento de la informalidad urbana y el incremento de los precios del suelo.
- **Costos sociales y ambientales:** Ante la ausencia de conexión formal, muchas zonas recurren al abastecimiento por cisternas, con costos hasta 10 veces mayores que la tarifa regular y sin control de calidad sanitaria. Además, la falta de alcantarillado genera vertimientos no controlados, contaminación de suelos y riesgos de salud pública.
- **Desincentivo a la inversión privada:** La ausencia de un marco flexible que permita la participación de promotores inmobiliarios en la gestión o tratamiento local de aguas residuales desincentiva la inversión en habilitaciones urbanas sostenibles.

Relación con la propuesta de Economía Circular Hídrica. Frente a esta problemática estructural, la tesis plantea un modelo alternativo de gestión hídrica descentralizada, basado en los principios de la Economía Circular Hídrica, que permite liberar capacidad en la red pública y viabilizar la factibilidad de servicios para nuevos desarrollos inmobiliarios.

El modelo propuesto, validado a través del caso de estudio “Proyecto Inmobiliario Munay”, plantea que el promotor inmobiliario pueda captar aguas residuales desde los colectores de SEDAPAL, tratarlas mediante una PTAR modular de tipo MBBR, y reutilizarlas para el riego de áreas verdes en su zona de influencia. Con ello se reduce el volumen de aguas que SEDAPAL debe conducir y tratar, generando un beneficio mutuo (“ganar-ganar”):

- SEDAPAL libera capacidad hidráulica y puede otorgar factibilidad a nuevos proyectos.
- El promotor inmobiliario obtiene factibilidad y pone en valor sus terrenos.
- La comunidad se beneficia de un servicio sostenible, áreas verdes irrigadas y un modelo replicable en otros desarrollos urbanos.

Síntesis. La falta de factibilidad de servicios no solo representa un problema técnico, sino un cuello de botella estructural que limita el desarrollo urbano formal en Lima Metropolitana. Superarlo requiere modelos colaborativos entre el sector público y privado, sustentados en tecnologías de reúso y tratamiento local.

El Proyecto Munay se plantea como una propuesta piloto de economía circular hídrica, capaz de demostrar que es posible transformar la restricción de factibilidad en una oportunidad de sostenibilidad, generando condiciones para replicar este enfoque en otros proyectos inmobiliarios del país.

2.4. El problema de la falta de agua para el riego de parques y jardines

Lima Metropolitana y el Callao enfrentan un déficit estructural de áreas verdes respecto a los estándares internacionales y regionales. La Organización Mundial de la Salud (OMS, 2014) recomienda un mínimo de 9 m² de área verde por habitante para asegurar una adecuada calidad ambiental y bienestar urbano. Sin embargo, según los últimos diagnósticos de la Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2023) y la Municipalidad Metropolitana de Lima (MML, 2024), el promedio actual en Lima Metropolitana es de apenas 3 m² por habitante, mientras que en el Callao la cifra desciende a 1.1 m² por habitante, niveles que se mantienen prácticamente estancados desde 2013.

Esta situación evidencia un déficit de más del 65 % respecto al estándar mínimo recomendado. A nivel distrital, la desigualdad es extrema: distritos como San Isidro, Miraflores o Surco superan los 10 m²/hab, mientras que zonas como San Juan de Lurigancho, Comas o

Villa El Salvador no alcanzan siquiera 1 m²/hab. Esta disparidad refleja las brechas socioeconómicas y de planificación urbana que caracterizan el crecimiento desordenado de Lima, donde los sectores con menor poder adquisitivo son los más afectados por la carencia de espacios verdes y públicos de calidad.

Consecuencias urbanas y ambientales. El bajo índice de áreas verdes tiene repercusiones directas sobre la calidad de vida, la salud pública y la sostenibilidad ambiental de la ciudad. Diversos estudios de la Organización Panamericana de la Salud (OPS) y del Instituto Metropolitano de Planificación (IMP, 2022) destacan los siguientes impactos:

- Contaminación atmosférica: la escasez de cobertura vegetal reduce la capacidad de retención de partículas y gases contaminantes, elevando los índices de enfermedades respiratorias.
- Efecto de isla de calor urbano: la falta de arborización y de suelos permeables incrementa la temperatura superficial en zonas densamente urbanizadas.
- Estrés y deterioro del bienestar mental: la carencia de espacios naturales reduce las oportunidades de esparcimiento, descanso y socialización, generando efectos negativos sobre la salud mental y la cohesión social.
- Reducción del valor urbano e inmobiliario: la ausencia de parques y áreas verdes disminuye el atractivo de los entornos urbanos y, con ello, la competitividad de la ciudad frente a otras capitales de la región.

Causa estructural. La falta de agua para el riego. El déficit de áreas verdes en Lima y Callao está estrechamente vinculado a la escasez de recursos hídricos para su riego. La Guía Técnica ReuSMART ANA-GIZ (2018) señala que, en la práctica, el 70 % de los parques y jardines públicos son irrigados con agua potable, un recurso de alta calidad y elevado costo que

compite directamente con el consumo poblacional. Esta práctica no solo es ineficiente desde el punto de vista económico, sino insostenible desde una perspectiva ambiental y de gestión integral del recurso hídrico.

SEDAPAL ha informado que el volumen total de agua regenerada disponible para riego en Lima Metropolitana es de aproximadamente 1.1 m³/s, equivalente a menos del 5 % del agua residual tratada total (25.8 m³/s). Esto significa que más del 95 % del agua residual tratada se desaprovecha, vertiéndose al mar o al río sin un uso productivo o ambientalmente beneficioso.

La falta de un sistema eficiente de captación, tratamiento y distribución de aguas residuales tratadas para riego constituye uno de los principales obstáculos para incrementar las áreas verdes y mejorar la resiliencia urbana frente al cambio climático. Asimismo, la expansión urbana no planificada ha reducido los espacios destinados a parques y jardines, priorizando la ocupación del suelo para usos residenciales o comerciales sin garantizar su sostenibilidad ambiental.

Hacia un modelo de reúso sostenible. En este contexto, la Economía Circular Hídrica se presenta como una alternativa viable para incrementar la cobertura verde y reducir el consumo de agua potable en riego. El principio fundamental de este enfoque es cerrar el ciclo del agua dentro del ámbito urbano, tratando las aguas residuales locales y reutilizándolas para fines no potables, especialmente el riego de parques, jardines y áreas públicas.

La Guía técnica ReuSMART (ANA-GIZ, 2018) establece criterios técnicos y normativos claros para el reúso de aguas residuales tratadas en Lima Metropolitana, incluyendo parámetros microbiológicos, físico-químicos y de control sanitario que garantizan su aptitud para el riego seguro. Además, identifica oportunidades para mecanismos de asociación público-privada (APP) y modelos de inversión descentralizada que permitan a los

municipios o promotores privados implementar plantas de tratamiento locales (PTAR municipales o privadas) con sistemas compactos de bajo mantenimiento.

Conexión con la propuesta del Proyecto Munay. El Proyecto Inmobiliario Munay, desarrollado como caso de estudio de esta tesis, se alinea directamente con esta visión. El sistema hídrico propuesto contempla la reutilización del efluente tratado de la PTAR Munay para el riego de áreas verdes públicas y privadas dentro del proyecto y en su zona de influencia. Con ello se logra:

- Evitar el uso de agua potable para riego, destinando este recurso al consumo humano.
- Contribuir a incrementar la cobertura de áreas verdes en el entorno urbano inmediato.
- Liberar capacidad de conducción en la red de SEDAPAL, facilitando la factibilidad de nuevos proyectos inmobiliarios.
- Promover un modelo replicable y autosostenible, donde la operación del sistema se financia mediante tarifas razonables asumidas por los usuarios finales.

Síntesis. La falta de agua para el riego de parques y jardines es un problema estructural que profundiza el desequilibrio urbano y ambiental de Lima y Callao. Su solución requiere nuevos modelos de gestión hídrica descentralizada, basados en el reuso eficiente de aguas residuales tratadas.

El enfoque de Economía Circular Hídrica del Proyecto Munay demuestra que es posible convertir el problema de escasez en una oportunidad sostenible, contribuyendo simultáneamente a la habitabilidad urbana, la salud pública, la recuperación ambiental y la viabilidad de nuevos desarrollos inmobiliarios formales.

2.5. Las posibilidades de solución

El problema de la falta de factibilidad de servicios de agua potable, alcantarillado y disponibilidad de agua para riego en Lima y Callao es complejo, estructural y multifactorial, resultado de una combinación de factores técnicos, institucionales, financieros y sociales. Su

superación requiere un enfoque integral de gestión del recurso hídrico urbano, que articule la inversión en infraestructura, la modernización institucional y la innovación tecnológica, dentro del marco del derecho humano al agua y al saneamiento establecido por las Naciones Unidas (Resolución 64/292, 2010).

En este contexto, las posibilidades de solución pueden agruparse en ocho ejes estratégicos que orientan la acción pública y privada hacia la sostenibilidad hídrica y urbana:

1. Incrementar la disponibilidad hídrica en Lima y Callao,

- El primer eje consiste en ampliar la oferta de agua mediante un conjunto de estrategias complementarias que aseguren el abastecimiento sostenible frente a la demanda creciente:
- Afianzamiento hídrico: construcción y optimización de reservorios de regulación estacional (Yuracmayo, Huascacocha, Antacoto), así como interconexiones entre cuencas altoandinas, conforme a los planes de la ANA y SEDAPAL.
- Aprovechamiento sostenible del agua subterránea: gestión controlada de acuíferos costeros, con recarga artificial y monitoreo piezométrico para evitar intrusión salina.
- Desalinización de agua marina: ampliación del uso de plantas desaladoras en la franja costera, especialmente en los sectores industriales y turísticos del sur de Lima.
- Reúso de aguas residuales tratadas: implementación de sistemas descentralizados y modulares (como el modelo Munay) que permitan reutilizar localmente las aguas tratadas para riego, recarga de acuíferos o reúso potable indirecto.

El reúso controlado y tecnificado de aguas residuales constituye la alternativa más costo-eficiente y sostenible para Lima, en línea con los criterios establecidos por la Guía

Técnica ReuSMART (ANA–GIZ, 2018) y la Política Nacional del Recurso Hídrico (PNRH, 2021).

2. Desterrar y priorizar proyectos de infraestructura sanitaria,

El segundo eje implica acelerar la ejecución de los proyectos de ampliación, rehabilitación y modernización de redes, tanto de conducción como de tratamiento.

De acuerdo con la Contraloría General de la República (Informe 002–2025-CG/SESNC), existen 2,428 obras públicas paralizadas en el país, con una inversión comprometida superior a S/ 44,000 millones, de las cuales una proporción significativa corresponde al sector saneamiento.

Superar este estancamiento requiere:

- Gestión eficiente de conflictos sociales y prediales.
- Mecanismos de control concurrente para reducir sobrecostos y arbitrajes.
- Participación privada en esquemas de cofinanciamiento, operación o mantenimiento.

3. Fortalecer la planificación y gestión de SEDAPAL

SEDAPAL requiere evolucionar hacia un modelo de empresa gestora del ciclo integral del agua, con capacidad de respuesta ante el crecimiento urbano, el cambio climático y la obsolescencia de infraestructura.

Las acciones prioritarias incluyen:

- Implementación de una planificación estratégica de largo plazo (al 2050) con metas de cobertura, calidad y reúso.

- Incorporación de indicadores de desempeño y gestión de riesgos (hidrológicos, operativos y financieros).
- Adopción de tecnologías inteligentes (smart water systems) para monitoreo de redes, detección de fugas y gestión predictiva.
- Fomento de alianzas con actores privados e institucionales para desarrollar proyectos descentralizados de tratamiento y reúso.

4. Simplificar y agilizar los procedimientos de factibilidad

La obtención de la factibilidad técnica de servicios debe transitar hacia procesos digitalizados, estandarizados y coordinados interinstitucionalmente, reduciendo los plazos y costos administrativos.

Esto implica:

- Implementar una plataforma digital única de trámites de saneamiento, interoperable entre SEDAPAL, SUNASS, ANA y MVCS.
- Incluir rutas diferenciadas para proyectos con soluciones sostenibles o descentralizadas, reconociendo técnicamente los sistemas de reúso como complementarios a la red pública.

5. Promover el uso eficiente y responsable del agua

La gestión de la demanda es tan importante como el incremento de la oferta. Se requiere:

- Campañas permanentes de educación hídrica y cultura del reúso en los hogares y centros educativos.
- Incentivos tarifarios para usuarios e instituciones que implementen tecnologías de ahorro, recirculación y reúso.
- Integración del concepto de huella hídrica en la planificación urbana e industrial.

6. Proteger las fuentes naturales de agua

El fortalecimiento de la seguridad hídrica depende también de la conservación de ecosistemas reguladores, particularmente en las cabeceras de cuenca. Las acciones deben centrarse en:

- Programas de reforestación y revegetación altoandina.
- Control de vertimientos y pasivos ambientales mineros.
- Incentivos para proyectos de mecanismos de retribución por servicios ecosistémicos (MRSE).

7. Impulsar un desarrollo urbano planificado y resiliente

El crecimiento urbano debe integrarse a la gestión hídrica desde su concepción. Para ello se requiere:

- Incorporar condiciones de factibilidad hídrica temprana en los planes urbanos y en la evaluación de proyectos inmobiliarios.
- Establecer zonas de expansión con disponibilidad de servicios básicos asegurada.
- Integrar el concepto de infraestructura verde y drenaje sostenible (SuDS) en las nuevas habilitaciones urbanas.

8. Promover alianzas público–privadas (APP) y modelos colaborativos

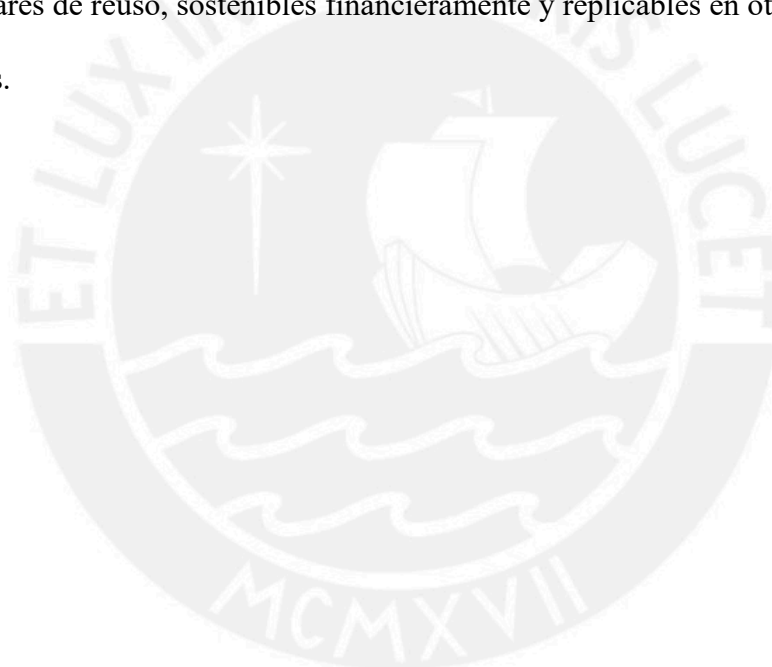
El cierre de la brecha de infraestructura hídrica en Lima no será posible únicamente con recursos públicos. Es necesario involucrar al sector privado en proyectos de inversión y operación bajo esquemas de APP cofinanciadas o autosostenibles, tal como lo promueve la Guía ReuSMART (2018).

En este marco, el modelo Munay constituye una propuesta piloto de gestión descentralizada en la que el promotor inmobiliario asume el CAPEX de factibilidad (S/ 64.5

millones) e inicia el OPEX (S/ 45.6 millones) hasta lograr la sostenibilidad por tarifas de usuarios (aprox. S/ 33.4 millones), garantizando viabilidad técnica, económica y social.

Síntesis. La solución a la falta de factibilidad de servicios en Lima y Callao no puede basarse únicamente en la ampliación de redes centralizadas. Se requiere un nuevo paradigma de gestión hídrica urbana, sustentado en los principios de la Economía Circular Hídrica: tratar, reutilizar y redistribuir el recurso dentro del mismo territorio.

El Proyecto Munay representa un caso pionero de este enfoque, demostrando que es posible viabilizar proyectos inmobiliarios sin factibilidad inicial de servicios mediante sistemas modulares de reúso, sostenibles financieramente y replicables en otros contextos urbanos del país.



Capítulo 3 Marco Teórico

3.1. Disponibilidad hídrica

La disponibilidad hídrica es la cantidad de agua dulce renovable accesible en un ámbito dado (cuenca, región o país) durante un período determinado. Comprende aguas superficiales (ríos, lagos, humedales) y aguas subterráneas (acuíferos), y se estima a partir de la recarga anual del sistema hidrológico.

En el marco peruano, la Autoridad Nacional del Agua (ANA) define la disponibilidad como el volumen de agua utilizable de fuentes superficiales y subterráneas, considerando precipitación, escorrentía y recarga; y, conforme a la Ley de Recursos Hídricos (Ley N.º 29338) y su reglamento, la disponibilidad hídrica de una fuente es la cantidad aún no otorgada para uso alguno (R.J. N.º 151-2020-ANA, Glosario).

Implicancia para Munay: esta noción sustenta el dimensionamiento de captaciones y la gestión de oferta y demanda bajo un esquema modular que prioriza reúso local y recarga/infiltración para cerrar el ciclo.

3.2. Servicios de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales

El D. Leg. N.º 1280 (Servicio Universal) y su normativa complementaria establecen que el servicio de agua potable comprende:

- a) Fuentes de abastecimiento (continentales, marinas, atmosféricas) empleadas para producir agua potable.
- b) Sistema de abastecimiento, dividido en:
 - Producción: captación, almacenamiento y conducción de agua cruda; tratamiento y conducción de agua tratada.
 - Distribución: almacenamiento, distribución, entrega y medición al usuario.

El servicio de saneamiento incluye:

- c) a) Sistema de alcantarillado sanitario: recolección y conducción de aguas residuales hasta el punto de tratamiento.
- d) b) Sistema de tratamiento de aguas residuales (PTAR): mejora de la calidad del efluente con fines prioritarios de reúso o, residualmente, disposición final.
- e) c) Saneamiento básico domiciliario: soluciones con o sin arrastre hidráulico para disposición/reúso.

Implicancia para Munay: habilita PTAR modulares orientadas al reúso en riego y al RPI (reúso potable indirecto) vía infiltración y tratamiento avanzado (PTAP), liberando capacidad en redes públicas.

3.3. Proyectos inmobiliarios

Un proyecto inmobiliario es el proceso integral de planificación, diseño, habilitación urbana, construcción y comercialización de edificaciones para uso habitacional, comercial, industrial o mixto. En la práctica sectorial (MVCS), el proyecto debe cumplir requisitos técnicos y normativos (calidad, seguridad, sostenibilidad, habilitación urbana aprobada) para su desarrollo y acceso a servicios.

Implicancia para Munay: el marco teórico exige factibilidad de servicios como condición de viabilidad; el modelo de economía circular hídrica aporta una vía técnica y económica para alcanzar esa factibilidad cuando la red pública está saturada.

3.4. Factibilidad de Servicios

La factibilidad verifica si existe capacidad hidráulica y operativa en las redes públicas para conectar un predio/proyecto (agua y alcantarillado). Es requisito previo para licencias y contratos de suministro.

El D. Leg. 1280 (modificado por D. Leg. 1620) reconoce el derecho de acceso dentro del ámbito del prestador, sujeto a evaluación técnica; cuando no hay capacidad, el tercero puede financiar y/o ejecutar infraestructura (según reglamento) previa opinión favorable del prestador. Culminadas las obras bajo condiciones y plazos, el prestador recepciona la infraestructura (Aporte No Reembolsable o Contribución Reembolsable).

Implicancia para Munay: sustento legal para que el promotor financie obras de tratamiento y reúso que liberan capacidad y viabilizan la factibilidad del conjunto, respetando la supervisión del prestador y la regulación de SUNASS.

3.5. Parques y jardines municipales

Son espacios públicos verdes de competencia municipal destinados a recreación, servicios ecosistémicos urbanos (mitigación de isla de calor, captura de contaminantes, drenaje sostenible) y cohesión social.

- Parques: superficies amplias con equipamientos (senderos, canchas, juegos, lagunas, etc.).
- Jardines y plazas: áreas de menor escala, principalmente ornamentales.
- Parques zonales (SERPAR): equipamientos metropolitanos de gran cobertura sectorial.

Implicancia para Munay: el reúso de efluente tratado para riego de áreas verdes del proyecto y su entorno reduce consumo de agua potable, contribuye a metas de m²/hab y mejora la resiliencia climática local.

3.6. Marco Legal e Institucional

- PNVU (D.S. N.º 012-2021-VIVIENDA): orienta la transición desde expansión informal hacia ciudades consolidadas y democráticas, con habitabilidad (interna y externa) como eje.

- Ley de Desarrollo Urbano Sostenible (Ley N.º 31313): ordena el crecimiento con enfoque de accesibilidad, inclusión, competitividad, seguridad y salud.
- Ley de Regulación de Habilitaciones Urbanas y Edificaciones (Ley N.º 29090) y reglamentos: rigen transformación de suelo y procesos edificatorios.
- Política Nacional de Saneamiento (D.S. N.º 007-2017-VIVIENDA): metas de acceso universal al 2030 con mejora de gestión y desempeño.
- Estructura sectorial: MVCS (ente rector), OTASS (asistencia a EPS), SUNASS (regulador), GL/GR (competencias territoriales), EPS/Prestadores (operación), en coordinación con ANA (recurso hídrico).
- Servicio Universal – D. Leg. N.º 1280: principios para acceso, calidad y sostenibilidad; habilita reúso y valorización de subproductos y la participación de terceros en obras cuando no hay capacidad.

Implicancia para Munay: el marco habilita soluciones descentralizadas de tratamiento/reúso articuladas con el prestador, compatibles con APP o inversión privada y con recepción posterior por la EPS.

3.7. Reutilización de aguas residuales tratadas

La reutilización consiste en tratar las aguas residuales hasta parámetros que permitan su uso seguro en actividades no potables (riego de áreas verdes, usos industriales, recarga de acuíferos) e, indirectamente, potables (RPI) con barreras múltiples (tratamiento avanzado + atenuación subterránea + PTAP).

El Reglamento del Servicio Universal (D.S. N.º 009-2024-VIVIENDA), bajo principios de sostenibilidad y economía circular, prioriza el uso de agua residual tratada para riego de áreas verdes y otras actividades que no requieran agua potable. Para reutilizar, se requiere

autorización de la ANA y cumplimiento de parámetros de calidad y control sanitario (guías técnicas como ReuSMART).

Implicancia para Munay: justifica el uso del efluente PTAR en riego (liberando agua potable para consumo humano) y la infiltración controlada para RPI, siguiendo criterios de barreras múltiples y monitoreo.

3.8. Economía Circular

La economía circular busca mantener el valor de recursos y materiales el mayor tiempo posible mediante reducción, reutilización, reparación, reciclaje y recuperación. En el sector saneamiento, implica cerrar el ciclo del agua y valorizar subproductos (energía, biosólidos, nutrientes).

En el Perú, la circularidad se incorpora en la Política y Plan Nacional de Competitividad y Productividad (2018–2019) y en Hojas de Ruta sectoriales (Industria 2020; Pesca y Acuicultura 2023). Para agua y saneamiento, el D.S. N.º 007-2024-VIVIENDA aprueba la Hoja de Ruta hacia una Economía Circular en APS, alineada con la Hoja de Ruta Nacional de Economía Circular al 2030 (D.S. N.º 003-2025-MINAM). El D. Leg. 1280 dispone que los prestadores valoricen subproductos y minimicen residuos (reducción de agua no facturada, eficiencia energética, reúso de efluentes).

Implicancia para Munay: el modelo propone PTAR modular MBBR + reserva/impulsión + infiltración + PTAP, con CAPEX de factibilidad asumido por el promotor y OPEX cubierto transicionalmente por el negocio y luego por tarifas de usuarios, configurando un esquema autosostenible y replicable que libera capacidad en redes públicas, incrementa áreas verdes y mejora la habitabilidad urbana.

Capítulo 4 Análisis del Entorno

4.1. Cuenca del Chillón – Rímac y Lurín

a) Ubicación, ámbito y gobernanza hídrica

Las cuencas de los ríos Chillón, Rímac, Lurín y Chilca se ubican en el centro-oeste del Perú, entre 11,0°–12,3° S y 76,0°–77,2° O (WGS84). Administrativamente pertenecen al departamento de Lima (provincias de Lima, Huarochirí, Canta, Cañete) y a la Provincia Constitucional del Callao. En su ámbito se concentra aproximadamente un tercio de la población nacional, fundamentalmente en la provincia de Lima (INEI).

En el marco de la Ley de Recursos Hídricos, la gestión se realiza a través del Consejo de Recursos Hídricos de Cuenca Interregional (CRHCI) Chillón-Rímac-Lurín, que integra 4 cuencas principales (Chillón, Rímac, Lurín y Chilca), 32 subcuencas y 7 intercuenas, con 9,384.61 km² y gradientes altitudinales de 0 a 5,585 m s.n.m.

Por razones de balance hídrico, la ANA considera la parte alta de la cuenca del Mantaro dentro del ámbito funcional, debido al trasvase y regulación del sistema Marcapomacocha, que incrementa la oferta hacia la cuenca del Rímac.

b) Caracterización fisiográfica e hidrológica por cuenca

Cuenca del río Rímac.

- Coordenadas: 11°30'–12°15' S y 76°–77° O.
- Área: 3,240.6 km² (departamentos de Lima y parcialmente Junín; provincias de Lima, Huarochirí y Yauli).
- Origen: vertiente occidental de la Cordillera de los Andes (nevado Pacay, ~5,508 m s.n.m.).

- Longitud y destino: eje longitudinal andino-costero, desemboca en el Océano Pacífico (Callao).
- Caudal medio: $\sim 30 \text{ m}^3/\text{s}$, con alta estacionalidad (avenidas en época de lluvias y estiajes marcados).
- Aportes regulados y trasvase: sistema propio de regulación y trasvase desde Mantaro vía Marcapomacocha con media $\sim 6.8 \text{ m}^3/\text{s}$.
- Notas de calidad: presión por descargas urbanas e industriales en la parte baja y pasivos mineros en alta y media cuenca.

Cuenca del río Chillón.

- Coordenadas: $11^{\circ}15' - 12^{\circ}00' \text{ S}$ y $76^{\circ} - 77^{\circ} \text{ O}$.
- Área: $2,181.5 \text{ km}^2$ (provincias de Lima y Canta; Callao en la zona de desembocadura).
- Origen: flanco occidental de la Cordillera La Viuda; cabeceras con lagunas altoandinas (Aguascocha, Verde Cocha, Chuchón, Torococha, León Cocha; Azulcocha, Pucrococha, Vanauilla, Aguas Cocha).
- Desembocadura: Océano Pacífico (Callao).
- Notas: fuerte estacionalidad; importante acuífero costero asociado al valle, con riesgos de intrusión salina ante sobreexplotación.

Cuenca del río Lurín.

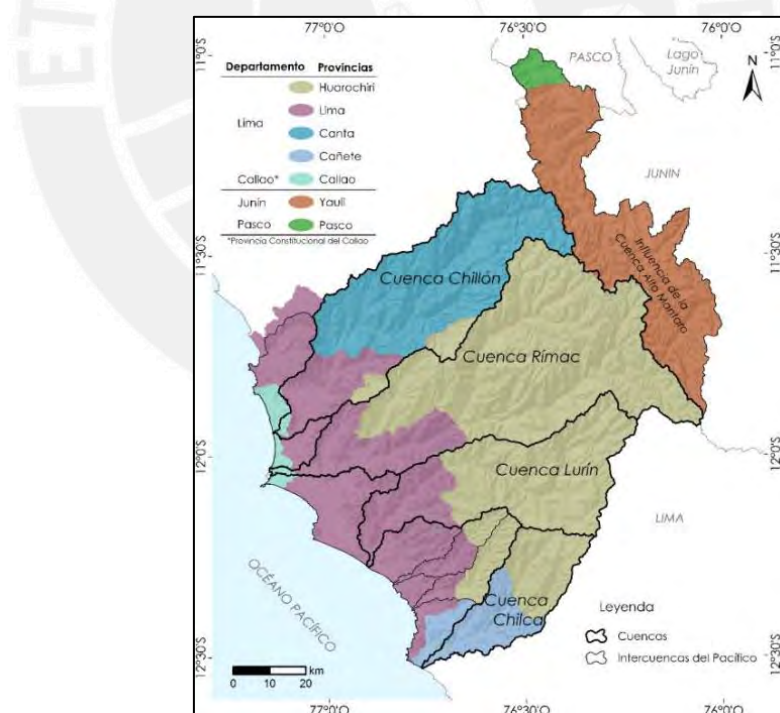
- Coordenadas: $11^{\circ}45' - 12^{\circ}15' \text{ S}$ y $76^{\circ} - 77^{\circ} \text{ O}$.
- Área: $1,568.5 \text{ km}^2$.
- Origen: deshielos del nevado Surococha ($\sim 5,300 \text{ m s.n.m.}$).
- Longitud: 111.24 km hasta el Océano Pacífico.
- Caudal medio: $\sim 5.2 \text{ m}^3/\text{s}$; cuenca con alta sensibilidad a variabilidad climática interanual (El Niño/La Niña) y a cambios de uso de suelo en faja agrícola.

Cuenca del río Chilca.

- Coordenadas: 12°15'–12°30' S y 76°–77° O.
- Área: 723.3 km².
- Origen: contrafuertes andinos (~3,300 m s.n.m.).
- Afluentes: quebradas Cucayacu y Encantada; predominan cauces intermitentes con escorrentía concentrada en lluvias (quebrada Calahuaya destaca por aportes).
- Notas: régimen torrencial estacional y vulnerabilidad a eventos extremos (huaycos).

Figura 2

Ubicación y límites del Consejo de Recursos Hídricos de Cuenca Interregional Chillón Rímac Lurín (CRHCI CHIRILU)



Nota: Tomado de Mapa 2. Ubicación y límites del CRHCI CHIRILU (p. 4), en Diagnóstico Inicial para el Plan de Gestión de Recursos Hídricos de las cuencas Chillón, Rímac, Lurín y Chilca, por Observatorio del Agua Chillón Rímac Lurín, 2019.

c) Rasgos transversales relevantes para la gestión

- Clima y estacionalidad: marcadas diferencias entre época de lluvias (ene-mar) y estiaje (ago-oct). La variabilidad interanual (ENSO) altera caudales y demanda gestión flexible de oferta y riesgos.
- Acuíferos costeros: en Chillón y Rímac existe interacción río-acuífero en el valle bajo; la sobreexplotación puede inducir descenso piezométrico e intrusión salina.
- Calidad de agua: presión por vertimientos urbanos/industriales y drenajes ácidos en zonas mineras; la calidad condiciona el costo y tecnología de potabilización y reúso.
- Infraestructura de regulación y trasvase: el sistema Marcapomacocha es crítico para la seguridad hídrica metropolitana al complementar la oferta del Rímac.
- Riesgos naturales: avenidas, huaycos y deslizamientos en media y alta cuenca; sistemas de alerta y fajas marginales son esenciales para seguridad de infraestructura de saneamiento.

d) Implicancias para el modelo Munay (Economía Circular Hídrica)

- Disponibilidad y localización de la “fuente” de reúso: el Rímac concentra población e infraestructura; la red de alcantarillado metropolitano (SEDAPAL) permite capturar aguas residuales en puntos estratégicos (p.ej., colector Miguel Grau – buzón 112), habilitando tratamiento local y reúso para riego en la zona de influencia.
- Reducción de presión sobre fuentes superficiales y acuíferos: el reúso desacopla parcialmente la demanda de riego de las fuentes potables y libera capacidad en conducción y tratamiento centralizado.
- Gestión modular y resiliente a estiajes: la PTAR modular (MBBR) y reservorios de aguas grises/agua potable permiten suplir picos de demanda de riego y mitigar estacionalidad.

- Calidad y barreras múltiples: dada la presión sobre la calidad en partes media/baja de cuenca, el diseño incorpora pretratamiento, tratamiento biológico y desinfección (riego) y, para RPI, infiltración controlada + PTAP (barreras múltiples).
- Articulación institucional: la solución se alinea con el CRHCI y la ANA (balance e instrumentos de gestión), y con SEDAPAL (operación de colectores), habilitando la opinión favorable para obras ejecutadas por terceros según el D. Leg. 1280.

4.2. Lima Metropolitana y Callao (MML y MC)

Lima Metropolitana y la Provincia Constitucional del Callao conforman la principal conurbación del país, concentrando más del 40 % de la población nacional (INEI, 2024) y generando alrededor del 48 % del PBI. Su superficie conjunta supera los 2,800 km², con una densidad poblacional promedio de 4,200 hab/km², alcanzando picos de más de 15,000 hab/km² en distritos como San Juan de Lurigancho, Comas, Independencia y El Agustino.

Esta concentración demográfica y económica genera una presión creciente sobre los recursos hídricos, la infraestructura sanitaria y los servicios urbanos. La ciudad se ubica en un entorno árido costero, con una precipitación anual promedio menor a 10 mm, y depende casi totalmente de las cuencas interregionales del Chillón, Rímac y Lurín, que abastecen tanto el consumo humano como las actividades industriales, agrícolas y de servicios.

a) Estructura institucional y planificación urbana

La Municipalidad Metropolitana de Lima (MML), en su calidad de gobierno local provincial, ejerce competencias sobre el ordenamiento territorial, la gestión ambiental y la planificación del desarrollo urbano, en articulación con el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS) y la Autoridad Nacional del Agua (ANA). El Callao, como provincia constitucional, mantiene autonomía administrativa mediante la

Municipalidad Provincial del Callao (MC), aunque comparte fuentes hídricas y redes de saneamiento con Lima.

Los instrumentos de planificación vigentes —el Plan de Desarrollo Metropolitano (PLANMET 2040) y los Planes de Desarrollo Urbano Distritales— identifican tres desafíos estructurales:

- Expansión urbana informal sin servicios básicos.
- Déficit de infraestructura sanitaria y de áreas verdes.
- Vulnerabilidad ante el cambio climático y estrés hídrico extremo.

b) Situación hídrica urbana

Según la ANA (Balance Hídrico Nacional 2023), la demanda total de agua para Lima Metropolitana y Callao asciende a 26 m³/s, frente a una oferta promedio anual de 20 m³/s, generando un déficit estructural del 23 %. Este déficit se agrava durante los estiajes, cuando el caudal del río Rímac puede descender a menos de 10 m³/s.

La expansión urbana sobre terrenos no habilitados, combinada con la falta de factibilidad de servicios en nuevas zonas, ha producido más de 1,600 asentamientos humanos que dependen de abastecimiento por cisternas, con tarifas de agua hasta 10 veces superiores a las de la red formal.

c) Implicancias para el modelo Munay

El Proyecto Munay se inserta dentro de este contexto de crecimiento urbano sin servicios, proponiendo una solución hídrica local, modular y autosostenible que permite:

- Captar aguas residuales en su zona de influencia (buzón 112 – Colector Miguel Grau).

- Tratarlas y reutilizarlas para riego de áreas verdes, reduciendo la presión sobre la red de SEDAPAL.
- Demostrar la viabilidad técnica y económica de un modelo replicable en otros distritos sin factibilidad (Lurigancho, Carabaylo, Ancón, Pachacámac).

4.3. Servicios de Agua Potable, Alcantarillado y Tratamiento de Aguas Residuales

La Empresa de Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima (SEDAPAL S.A.) es la empresa estatal que presta los servicios de agua potable y saneamiento a Lima Metropolitana y Callao, bajo la regulación de SUNASS y supervisión del MVCS.

SEDAPAL atiende actualmente a más de 11 millones de personas en 49 distritos, a través de redes de agua potable de 9,500 km y redes de alcantarillado de más de 10,000 km (SEDAPAL, Estudio Tarifario 2022–2027).

a) Producción y distribución de agua potable

- Fuentes principales: ríos Rímac (80 %), Chillón (15 %) y Lurín (5 %).
- Plantas de tratamiento: Santa Rosa, La Atarjea, Huachipa y Chillón, con capacidad conjunta superior a 30 m³/s.
- Pérdidas por fugas y agua no facturada (ANF): 28 %, equivalente a 8.4 m³/s.
- La capacidad instalada es suficiente para cubrir la demanda promedio, pero no garantiza continuidad ni cobertura en zonas periféricas, debido a deficiencias en los sistemas de conducción y almacenamiento, y a la saturación de las redes troncales.

b) Sistema de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales

SEDAPAL dispone de 20 Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) con un caudal total tratado de 25.8 m³/s, de los cuales el 95 % se dispone al mar o ríos sin reuso productivo.

Las principales PTAR son: La Chira (6.3 m³/s), Taboada (14.0 m³/s) y San Bartolo (0.3 m³/s), enfocadas en tratamiento primario o secundario.

c) Limitaciones institucionales y técnicas

- Colapso de colectores troncales: Miguel Grau, Comas, Canto Grande y Villa El Salvador operan al límite de su capacidad.
- Falta de plantas terciarias o de reúso: solo 1.1 m³/s del efluente total tratado se destina a riego.
- Restricciones de factibilidad: los colectores sobrecargados impiden otorgar nuevas conexiones a proyectos inmobiliarios.
- Modelo financiero centralizado: los ingresos tarifarios son insuficientes para cubrir nuevas inversiones (déficit de S/ 46 mil millones en infraestructura).

d) Implicancias para el modelo Munay

El proyecto Munay se articula como solución complementaria al sistema público, proponiendo:

- Captar aguas residuales del colector Miguel Grau (500 mm).
- Tratar localmente 100 L/s mediante una PTAR modular tipo MBBR.
- Reutilizar el efluente en riego de parques y áreas verdes dentro del ámbito del proyecto.
- Liberar capacidad hidráulica en la red de SEDAPAL, habilitando la factibilidad de servicios.

Este esquema se enmarca en el art. 36 del D. Leg. 1280, que permite a terceros financiar y operar infraestructura bajo supervisión del prestador, transfiriéndola posteriormente.

4.4. Riego de Parques y Jardines (MML y Distritos, SERPAR, Diagnostico de la ANA)

El mantenimiento y riego de parques, jardines y áreas verdes en Lima Metropolitana es competencia de los gobiernos locales, bajo la coordinación de la MML y la Entidad Metropolitana SERPAR.

El diagnóstico de la ANA (2023) indica que el 70 % del agua utilizada en el riego urbano proviene de agua potable, lo cual es ineficiente y ambientalmente insostenible en un contexto de escasez extrema.

a) Cobertura y déficit de áreas verdes

- Área verde promedio: 3 m²/hab (MML, 2024).
- Estándar OMS: 9 m²/hab.
- Distritos con menor cobertura: San Juan de Lurigancho, Comas, Villa María del Triunfo, Independencia (<1 m²/hab).
- Distritos con mayor cobertura: San Isidro, Miraflores, Santiago de Surco (>10 m²/hab).

El Plan de Áreas Verdes Metropolitanas (PAVM) de la MML identifica un déficit superior a 5,000 ha en parques y jardines públicos, asociado tanto a la falta de espacios como al alto costo del riego con agua potable.

b) Costos y sostenibilidad del riego

- Costo del agua potable para riego: S/ 5.8/m³ (tarifa comercial).
- Costo del agua residual tratada: S/ 1.5–2.0/m³ (según PTAR La Chira y Taboada).

El uso de agua tratada permitiría reducir hasta 70 % los costos operativos de mantenimiento de parques.

c) Diagnóstico ANA y SERPAR

El inventario de la ANA (2023) y los reportes de SERPAR (2022) señalan que:

- Solo el 4 % de parques metropolitanos se riegan con agua tratada.
- Las principales fuentes de agua regenerada son las PTAR La Chira, Taboada y Carapongo.
- Los distritos con mayor uso de reúso son San Borja, San Isidro y Miraflores.
- La mayoría de los municipios no cuenta con infraestructura de almacenamiento ni redes secundarias de agua tratada.

d) Implicancias para el modelo Munay

La solución Munay contempla un sistema autónomo de riego con aguas residuales tratadas que:

- Reduce la dependencia del agua potable.
- Garantiza sostenibilidad de áreas verdes internas y externas al proyecto.

Sirve como modelo demostrativo de cómo los promotores pueden aportar a la infraestructura verde urbana mediante reúso eficiente.

4.5. Reúso de Aguas Residuales (Inventario de la ANA)

El Inventario Nacional de Aguas Residuales Tratadas (ANA, 2023) identifica un potencial de reúso de 25.8 m³/s en Lima Metropolitana, de los cuales solo 1.1 m³/s (4.2%) son efectivamente aprovechados.

a) Situación actual

- Volumen total tratado (SEDAPAL + PTAR privadas): 25.8 m³/s.
- Reutilización efectiva: 1.1 m³/s (principalmente riego urbano).
- Vertimientos sin reúso: 24.7 m³/s al mar o ríos.
- El bajo porcentaje de reúso obedece a tres factores:
 - Falta de redes secundarias de distribución de agua tratada.

- Altos costos de transporte desde las PTAR costeras hacia zonas interiores.
- Ausencia de incentivos tarifarios y regulatorios para promover el reúso descentralizado.

b) Potencial técnico identificado por la ANA

La Guía ReuSMART (ANA–GIZ, 2018) estima que el potencial de reúso en Lima supera los 7 m³/s, equivalente al riego de 10,000 ha de áreas verdes o a la demanda de 3 millones de habitantes para fines no potables.

c) Iniciativas existentes de reúso

- PTAR La Chira: 6.3 m³/s, con 0.6 m³/s para riego en Miraflores, Barranco y Chorrillos.
- PTAR Taboada: 14 m³/s, vertido directo sin reúso.
- PTAR Carapongo: 1.2 m³/s, utilizada parcialmente para riego agrícola en Ate.
- PTAR San Bartolo: 0.3 m³/s, reúso para riego de áreas verdes locales.

d) Barreras identificadas

- Escasa articulación entre SEDAPAL, ANA y municipalidades.
- Falta de modelos financieros autosostenibles para transporte y distribución del efluente tratado.
- Percepción social negativa sobre el reúso, que requiere educación y comunicación pública.

e) Implicancias para el modelo Munay

El modelo Munay plantea un sistema de reúso descentralizado de escala intermedia (100 L/s) con:

- Captación local de aguas residuales (colector Miguel Grau).
- Tratamiento modular MBBR.
- Reúso proyectadosa para riego de parques y áreas recreativas.

- Infiltración para recarga y reúso indirecto.

Este esquema reduce pérdidas en transporte, minimiza vertimientos, y demuestra la factibilidad técnica y económica del reúso in situ, alineado con la Estrategia Nacional de Economía Circular en APS (D.S. 007-2024-VIVIENDA) y con los objetivos de la ANA de elevar el reúso al 10 % para 2030.

4.6. Proyectos Inmobiliarios (CAPECO – ADI – ASEI)

a) Panorama general del mercado inmobiliario metropolitano (2025–I)

El mercado inmobiliario de Lima Metropolitana y Callao mantiene una dinámica sólida, aunque heterogénea, con 1,182 proyectos activos al primer trimestre de 2025 (CAPECO, Reporte de Ingresos 2025-I).

- El área promedio por unidad ofertada alcanza 65.3 m², con un precio medio de S/ 7,506/m² y un precio total promedio por unidad de S/ 502,758.
- El 51.5 % de la oferta corresponde a departamentos en edificios multifamiliares, concentrados en Lima Moderna, Lima Centro y Lima Este.

b) Distribución espacial y por segmento de precios

La oferta se distribuye de manera desigual entre los sectores urbanos:

- Lima Moderna: 1,296,549 m² ofertados (21,053 unidades).
- Lima Top: 1,253,997 m² (17,040 unidades).
- Lima Centro: 507,461 m² (8,436 unidades).
- Lima Este: 63,957 m² (1,018 unidades).
- Lima Norte: 70,899 m² (1,018 unidades).
- Lima Sur: 149,223 m² (2,700 unidades).
- Lima Sur–Balnearios: 29,777 m² (879 unidades).

- Callao: 30,897 m² (491 unidades).

El rango de precios predominante en el mercado formal se ubica entre S/ 240,001 y S/ 400,000 por unidad, con fuerte concentración de oferta en Lima Moderna y Lima Este.

Los proyectos de menor valor (S/ 120,000–240,000) y de áreas reducidas (<60 m²) se concentran en los sectores Lima Norte y Lima Este, representando las zonas de mayor potencial de expansión y acceso para vivienda social.

c) Situación específica de Lima Este y San Juan de Lurigancho

De acuerdo con los cuadros sectoriales de CAPECO:

- Cantidad de proyectos activos (2025-I): 34 proyectos en Lima Este, de los cuales 6 en San Juan de Lurigancho (SJL).
- Área promedio por unidad: 62.8 m².
- Precio promedio por metro cuadrado: S/ 4,782/m², el más competitivo de Lima Metropolitana.
- Precio promedio por unidad: S/ 298,596.
- % área ofertada: 45.2 %.
- Total de área edificada en SJL: 32,986 m² (CAPECO, 2025-I).

Tabla 4

Distribución por rangos de precio en Lima Este:

Rango de Precio (S/)	Área (m ²)	Participación (%)
120,001 – 180,000	1,806	5.5
180,001 – 240,000	4,787	14.5
240,001 – 300,000	19,084	57.9
300,001 – 400,000	6,023	18.3
400,001 – 500,000	1,108	3.4

500,001 – 700,000	178	0.5
Total	32986	

El 63 % del área edificada se ubica en el rango intermedio de precios (S/ 240,001–400,000), correspondiente al segmento medio emergente del mercado.

Este perfil coincide con la demanda objetivo del Proyecto Munay, que propone viviendas accesibles (S/ 250,000–350,000) con servicios sostenibles y gestión hídrica autosuficiente.

d) Comportamiento de ventas y absorción

El reporte de Ventas de CAPECO 2025-I indica:

- Área vendida promedio: 68.4 m² por unidad.
- % área vendida respecto a oferta: 11.6 %.
- Precio promedio de venta: S/ 7,352/m².
- Precio promedio por unidad vendida: S/ 516,314.
- Segmentos con mayor dinamismo: Lima Moderna (27.6 % de ventas) y Lima Este (15.9 % de ventas).

En Lima Este, la relación entre precio medio (S/ 4,782/m²) y la demanda creciente por viviendas formales sugiere un potencial importante para nuevos proyectos con eficiencia constructiva e hídrica, donde el costo de servicios y sostenibilidad ambiental pueden representar una ventaja competitiva.

e) Actores institucionales del mercado (ADI, ASEI, CAPECO)

- El desarrollo inmobiliario formal está representado por tres gremios principales:
 - CAPECO: Cámara Peruana de la Construcción; reúne a promotores, constructoras y empresas proveedoras, responsable de la estadística oficial de oferta y ventas.

- ASEI: Asociación de Empresas Inmobiliarias del Perú, con foco en proyectos residenciales de mediana y alta gama; promueve herramientas digitales de oferta (Urbania, Adondevivir).
- ADI Perú: Asociación de Desarrolladores Inmobiliarios; agrupa grandes operadores y promueve la innovación y sostenibilidad en proyectos urbanos.

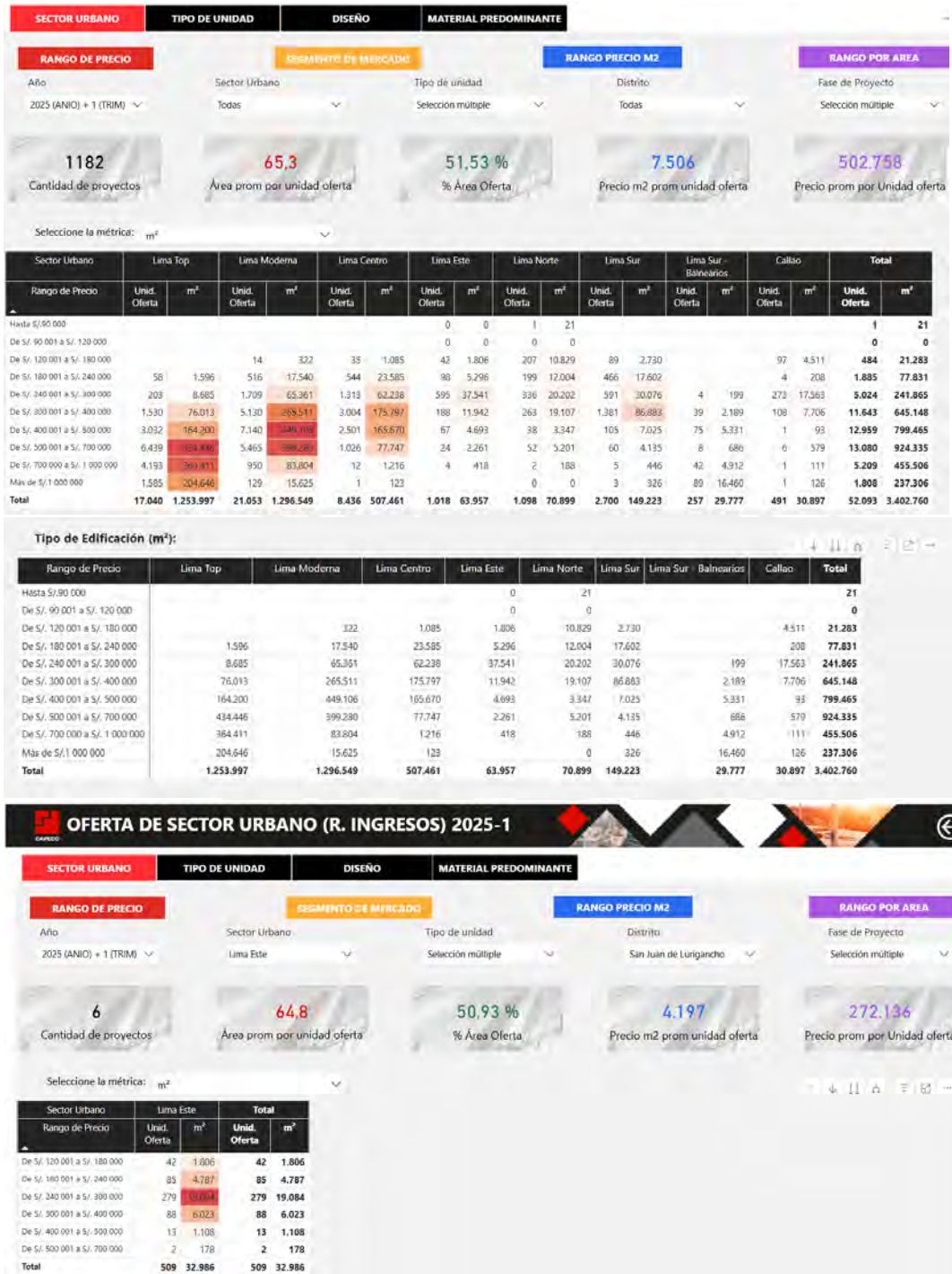
Estos organismos coinciden en que el principal obstáculo para ampliar la oferta formal en Lima Norte y Lima Este es la falta de factibilidad de servicios de agua y saneamiento, situación que limita la ejecución de más del 40 % de proyectos planificados (CAPECO, 2025).

f) Implicancias para la propuesta Munay

- Demanda comprobada: El rango de precios y tamaños de vivienda ofertados en Lima Este (S/ 240,000–400,000 y 60–70 m²) coincide con la tipología de unidades proyectadas en Munay, validando su viabilidad comercial.
- Localización estratégica: San Juan de Lurigancho concentra una alta demanda insatisfecha y una restricción de factibilidad hídrica, que la propuesta Munay resuelve mediante autonomía hídrica parcial y reúso local.
- Ventaja competitiva ambiental: El ahorro en OPEX por reúso (reducción de consumo de agua potable en riego y operación) permite mantener precios de venta competitivos con márgenes sostenibles.
- Replicabilidad: El modelo Munay puede escalarse en otros distritos con las mismas condiciones de demanda y restricción de servicios (Carabayllo, Pachacámac, Lurín, Ancón), contribuyendo al cierre del déficit habitacional formal.

Figura 3

Oferta del sector inmobiliario – CAPECO 2025



Tipo de Edificación (m²):

Rango de Precio	Lima Este	Total
De S/. 120 001 a S/. 180 000	1.806	1.806
De S/. 180 001 a S/. 240 000	4.787	4.787
De S/. 240 001 a S/. 300 000	19.084	19.084
De S/. 300 001 a S/. 400 000	6.023	6.023
De S/. 400 001 a S/. 500 000	1.108	1.108
De S/. 500 001 a S/. 700 000	178	178
Total	32.986	32.986

OFERTA DE SECTOR URBANO (R. INGRESOS) 2025-1

SECTOR URBANO TIPO DE UNIDAD DISEÑO MATERIAL PREDOMINANTE

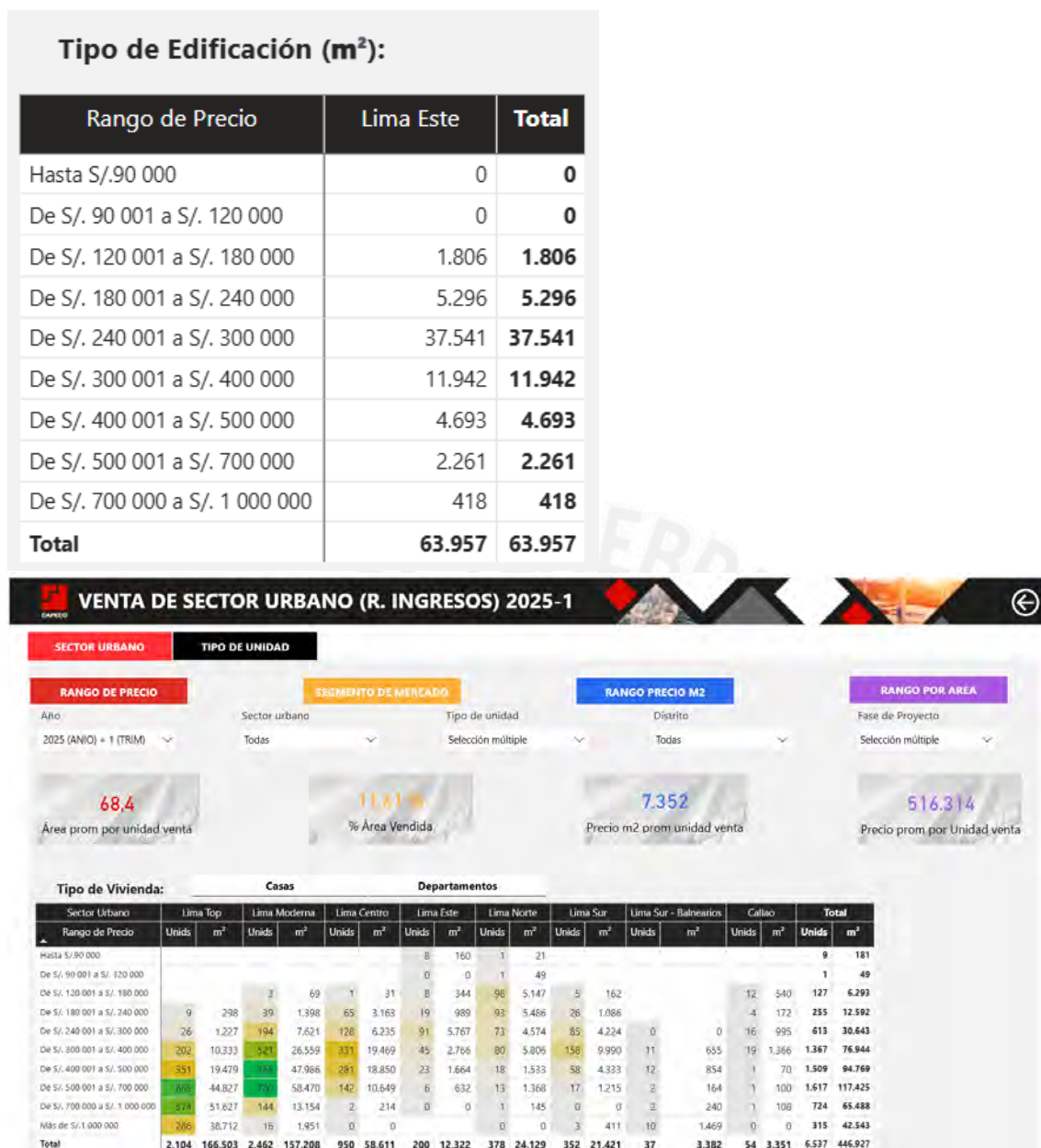
RANGO DE PRECIO SEGMENTO DE MERCADO RANGO PRECIO M2 RANGO POR AREA

Año: 2025 (ANIO) + 1 (TRIM) Sector Urbano: Lima Este Tipo de unidad: Selección múltiple Distrito: Todas Fase de Proyecto: Selección múltiple

34 Cantidad de proyectos 62,8 Área prom por unidad oferta 45,17 % % Área Oferta 4.782 Precio m2 prom unidad oferta 298.596 Precio prom por Unidad oferta

Selección la métrica: m²

Sector Urbano	Lima Este		Total	
Rango de Precio	Unid. Oferta	m ²	Unid. Oferta	m ²
Hasta S/.90 000	0	0	0	0
De S/. 90 001 a S/. 120 000	0	0	0	0
De S/. 120 001 a S/. 180 000	42	1.806	42	1.806
De S/. 180 001 a S/. 240 000	98	5.296	98	5.296
De S/. 240 001 a S/. 300 000	595	37.541	595	37.541
De S/. 300 001 a S/. 400 000	188	11.942	188	11.942
De S/. 400 001 a S/. 500 000	67	4.693	67	4.693
De S/. 500 001 a S/. 700 000	24	2.261	24	2.261
De S/. 700 000 a S/. 1 000 000	4	418	4	418
Total	1.018	63.957	1.018	63.957



Síntesis. El análisis de la oferta y ventas inmobiliarias en Lima Metropolitana confirma una alta concentración en sectores con infraestructura disponible, mientras que las zonas con mayor demanda social (Lima Este y Norte) permanecen rezagadas por la falta de factibilidad de servicios.

El Proyecto Munay se posiciona como una solución integral y demostrativa dentro del enfoque de Economía Circular Hídrica, que permite liberar capacidad en la red pública,

viabilizar la factibilidad de nuevos desarrollos y mantener precios accesibles para segmentos medios, contribuyendo al objetivo nacional de vivienda formal sostenible.

4.7. En cada ítem desarrollar oferta y demanda

El análisis del entorno inmobiliario en Lima Metropolitana y Callao evidencia una disparidad estructural entre oferta formal y demanda efectiva, particularmente en los distritos de Lima Norte y Lima Este, donde la falta de factibilidad de servicios básicos constituye el principal obstáculo para el desarrollo formal.

a) Oferta inmobiliaria formal

De acuerdo con el reporte de CAPECO 2025-I (Registro de Ingresos), Lima Metropolitana cuenta con 1,182 proyectos inmobiliarios activos, que en conjunto suman más de 3.4 millones de m² de área edificada en oferta, distribuidos principalmente en los sectores Lima Moderna (38 %), Lima Top (37 %) y Lima Centro (15 %).

El precio promedio por m² ofertado es de S/ 7,506, mientras que el precio promedio por unidad asciende a S/ 502,758, con un área media de 65.3 m² por unidad.

Sin embargo, solo el 6 % de la oferta se localiza en Lima Este, pese a ser una de las zonas con mayor densidad poblacional y déficit de vivienda.

Tabla 5*Oferta de Sector Urbano 2025-I*

Sector Urbano	Unidades ofertadas	Área ofertada (m ²)	Precio prom. m ² (S/)	Área prom. unidad (m ²)
Lima Top	17,040	1,253,997	9,800	74
Lima Moderna	21,053	1,296,549	7,800	62
Lima Centro	8,436	507,461	6,900	60
Lima Este	1,018	63,957	4,782	63
Lima Norte	1,018	70,899	4,800	70
Lima Sur	2,700	149,223	5,100	55
Lima Sur-Balnearios	8,79	29,777	8,200	34
Callao	4,91	30,897	4,500	63

Nota: Datos adaptados de Estudio de Mercado de Edificaciones Urbanas de Lima y Callao: Oferta del Primer Trimestre 2025, por la Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO), 2025. El informe completo y detallado es de carácter privado y de acceso restringido para los miembros de la institución.

Conclusión: El mercado formal se concentra en los sectores con factibilidad asegurada y alto poder adquisitivo, mientras que Lima Este y Norte presentan una brecha de oferta frente a una demanda real insatisfecha, que podría cubrirse mediante nuevos modelos urbanos con soluciones sostenibles de agua y saneamiento.

b) Demanda inmobiliaria y absorción

Según el reporte de CAPECO – Ventas 2025-I, la demanda efectiva (ventas registradas) en Lima Metropolitana alcanzó una tasa de absorción de 11.6 % respecto a la oferta.

La superficie total vendida fue de 446,927 m², con un área promedio por unidad vendida de 68.4 m² y un precio promedio de S/ 7,352/m².

Los sectores de mayor demanda fueron:

- Lima Moderna (27.6 % de ventas).
- Lima Este (15.9 %).
- Lima Centro (13.1 %).
- Lima Norte (12.6 %).

Tabla 6

Ventas de Sector Urbano 2025-1

Sector	% participación en ventas	Precio prom. m ² (S/)	Rango principal de precios	Perfil comprador
Lima Moderna	27.60%	7,800	S/ 300-500 mil	Clase media estable, parejas jóvenes
Lima Este	15.90%	4,782	S/ 240-400 mil	Familias jóvenes, segmento C formal emergente
Lima Norte	12.60%	4,800	S/ 240-400 mil	Trabajadores formales con crédito Mivivienda
Lima Top	19.50%	9,800	S/ 700 mil a más	Alta renta, inversión patrimonial
Lima Sur	9.10%	5,100	S/ 300-450 mil	Segmento medio diversificado
Callao	5.30%	4,500	S/ 200-350 mil	Segmento medio-bajo

Nota: Datos adaptados de Estudio de Mercado de Edificaciones Urbanas de Lima y Callao: Oferta del Primer Trimestre 2025, por la Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO), 2025. El informe completo y detallado es de carácter privado y de acceso restringido para los miembros de la institución.

La demanda de vivienda formal asequible (precio menor a S/ 400,000) representa el 60 % del total vendido, con alta concentración en Lima Este y Norte, confirmando el potencial del Proyecto Munay para captar este segmento.

c) Brecha habitacional y potencial de mercado

El déficit habitacional formal en Lima Metropolitana supera las 600,000 viviendas (MVCS, 2024).

En San Juan de Lurigancho y Comas, los proyectos inmobiliarios enfrentan denegatoria de factibilidad de servicios por parte de SEDAPAL, lo cual impide materializar más de 100,000 unidades potenciales.

El modelo Munay, al liberar capacidad de conducción y tratamiento mediante sistemas locales de reúso, podría habilitar la ejecución de 6,552 lotes de vivienda (72 m² promedio) con factibilidad técnica y sostenibilidad hídrica, contribuyendo directamente a reducir el déficit formal.

d) Síntesis del comportamiento del mercado

- Oferta concentrada: 75 % en sectores con infraestructura instalada (Lima Moderna y Top).
- Demanda insatisfecha: 60 % del total busca vivienda formal asequible (<S/ 400,000).
- Brecha de servicios: principal barrera para desarrollo inmobiliario formal en Lima Este.
- Oportunidad de replicabilidad: el modelo Munay puede aplicarse en zonas con alta demanda, pero sin factibilidad de redes.

4.8. Indicadores del Entorno Inmobiliario y Económico

El entorno urbano e inmobiliario de Lima Metropolitana puede medirse mediante un conjunto de indicadores estructurales, que reflejan las condiciones actuales del mercado y su alineación con el objetivo de sostenibilidad del Proyecto Munay.

Tabla 7*Datos de indicadores de entorno inmobiliario y económico*

Indicador	Valor actual	Fuente	Interpretación
Población Lima y Callao (2024)	12.1 millones	INEI	Concentra 35 % de la población del país
Crecimiento anual poblacional	1.40%	INEI	Incremento neto de 170 mil personas/año
Déficit habitacional formal	600,000 viviendas	MVCS 2024	Principal reto urbano de la capital
Cobertura agua potable	93.50%	SEDAPAL 2024	Con brechas en periferia este y norte
Cobertura alcantarillado	89%	SEDAPAL 2024	Déficit de factibilidad en nuevos proyectos
Cobertura de tratamiento de aguas residuales	94%	SUNASS 2024	Pero solo 4 % se reutiliza
Área verde por habitante	3 m ² /hab	MML 2024	Por debajo del estándar OMS (9 m ² /hab)

Tabla 8*Indicadores del mercado inmobiliario de CAPECO*

Indicador	Valor (2025- D)	Fuente	Análisis
Proyectos activos en Lima y Callao	1,182	CAPECO	Mercado formal dinámico
Área total ofertada	3.4 millones m ²	CAPECO	Concentrada en Lima Moderna y Top
Precio promedio m ²	S/ 7,506	CAPECO	Disparidad entre zonas: Lima Este 4782 S/
Área promedio unidad	65.3 m ²	CAPECO	Unidades compactas, eficiencia constructiva
Precio promedio unidad	S/ 502,758	CAPECO	Segmento medio-medio alto
Tasa de absorción	11.60%	CAPECO	Mercado saludable pero moderado
Rango de precios dominante	S/ 240,000-400,000	CAPECO	Segmento medio emergente (C y C+)

Tabla 9*Indicadores de disponibilidad hídrica*

Indicador	Valor	Fuente	Implicancia para Munay
Disponibilidad hídrica per cápita en Lima	90 m ³ /hab/año	ANA 2023	Escasez absoluta (índice Falkenmark)
% de aguas residuales reutilizadas	4.20%	ANA 2023	Potencial de ampliación a 10 % al 2030
Costo de agua potable para riego	S/ 5.8/m ³	SEDAPAL 2024	Alto costo operativo municipal
Costo agua residual tratada	S/ 1.5-2.0/m ³	ANA-GIZ 2018	Opción costo-eficiente y sostenible
Brecha de inversión en saneamiento	S/ 46,000 millones	MVCS 2025	Necesidad de modelos mixtos público-privados

Tabla 10*Indicadores del Proyecto Munay – Factibilidad de Servicios*

Eje	Indicador clave	Situación actual	Objetivo del modelo
Factibilidad técnica	0 factibilidad por red en SJL	Denegada por SEDAPAL	Liberar capacidad mediante reúso local
Factibilidad económica	CAPEX S/ 64.5 MM - OPEX S/ 45.6 MM - Recaudación S/ 33.4 MM	Financiado por promotor, sostenido por usuarios	Autosostenibilidad financiera
Sostenibilidad ambiental	Reúso 100 L/s para riego y recarga	Sin reúso actual	Reutilizar 100 % del efluente tratado
Replicabilidad	Modelo modular escalable	No existente	Replicable en 4 zonas metropolitanas
Beneficio social	6,552 lotes habilitados + áreas verdes irrigadas	Sin factibilidad actual	Vivienda formal y sostenibilidad urbana

Síntesis. Los indicadores demuestran que Lima enfrenta un desequilibrio estructural entre expansión urbana y capacidad hídrica, lo que condiciona la oferta formal de vivienda.

El modelo de Economía Circular Hídrica propuesto en el Proyecto Munay ofrece una alternativa técnica, financiera y ambientalmente viable para equilibrar el sistema, al mismo tiempo que mejora la calidad de vida urbana y promueve la replicabilidad en otros proyectos.

Capítulo 5 Desarrollo del Proyecto

5.1. FODA

El análisis FODA permite identificar los factores internos y externos que inciden en la viabilidad técnica, económica, institucional y social del modelo propuesto.

La metodología integra variables de gestión de recursos hídricos, planificación urbana y sostenibilidad financiera, basadas en la información de los capítulos anteriores, la Guía ReuSMART (ANA–GIZ, 2018) y los lineamientos del MVCS y la ANA.

Tabla 11

Fortalezas del Proyecto Munay

Código	Fortalezas principales	Implicancia para el modelo Munay
F1	Modelo innovador basado en Economía Circular Hídrica, que integra tratamiento, reúso e infiltración en un solo sistema local.	Sustenta la diferenciación del proyecto frente a los modelos tradicionales de saneamiento.
F2	Validación técnica en el caso Munay, con datos reales de caudales, población y OPEX/CAPEX.	Permite demostrar viabilidad práctica, replicabilidad y sostenibilidad económica.
F3	Reducción de presión sobre colectores de SEDAPAL, liberando capacidad hidráulica para nuevos proyectos.	Genera externalidades positivas y favorece la obtención de factibilidad de servicios.

F4	Escalabilidad modular del sistema, permitiendo su adaptación a distintas fases de urbanización.	Disminuye riesgo financiero y facilita implementación progresiva por etapas.
F5	Alineación con la Política Nacional de Saneamiento y la Hoja de Ruta hacia una Economía Circular en APS (D.S. 007-2024-VIVIENDA).	Fortalece la compatibilidad institucional y facilita el acceso a mecanismos de cofinanciamiento o APP.
F6	Contribución a la sostenibilidad urbana: incremento de áreas verdes, reducción de vertimientos y mejora de habitabilidad.	Aumenta la aceptación social y el valor inmobiliario del entorno.

Síntesis:

El proyecto Munay constituye una propuesta integral y replicable que combina eficiencia técnica, beneficios ambientales y un esquema financiero autosostenible. Es un caso piloto de transición hacia la economía circular hídrica urbana en Lima Metropolitana.

Tabla 12*Oportunidades del Proyecto Munay*

Código	Oportunidades detectadas	Impacto en el proyecto
O1	Alta demanda habitacional no atendida en Lima Este (más de 100,000 unidades potenciales sin factibilidad).	Posibilita la aplicación del modelo en múltiples proyectos similares.
O2	Incorporación del reúso de aguas residuales en la normativa nacional (D.S. 009-2024-VIVIENDA y Ley 1280 modificada por 1620).	Permite formalizar proyectos con componentes de reúso en el marco legal vigente.
O3	Políticas públicas de sostenibilidad y economía circular en sectores vivienda y saneamiento.	El modelo puede insertarse como experiencia piloto o APP para proyectos urbanos sostenibles.
O4	Avance de tecnologías compactas y de bajo mantenimiento (MBBR, UV, cloración, membranas).	Reduce costos de operación y riesgos técnicos de las PTAR modulares.
O5	Posibilidad de financiamiento mixto (público-privado, bonos verdes, programas de vivienda sostenible).	Incrementa la viabilidad económica y la escalabilidad del sistema.
O6	Alineamiento con los ODS 6, 11 y 12 (Agua limpia y saneamiento, Ciudades sostenibles y Producción responsable).	Mejora la elegibilidad para cooperación internacional y certificaciones ambientales.

Síntesis:

El entorno normativo y tecnológico actual brinda condiciones favorables para impulsar modelos descentralizados de gestión hídrica. El Proyecto Munay puede convertirse en referente nacional de innovación en saneamiento urbano, especialmente en zonas sin factibilidad de redes.

Tabla 13*Debilidades del Proyecto Munay*

Código	Debilidades principales	Riesgo asociado / mitigación
D1	Alta inversión inicial (CAPEX S/ 64.5 millones) para infraestructura hidráulica (PTAR, PTAP, reservorios y redes).	Riesgo financiero inicial. Se mitiga mediante escalabilidad por etapas y participación privada.
D2	Complejidad técnica en la gestión operativa y mantenimiento de sistemas de tratamiento.	Requiere capacitación y contratación de operador especializado en PTAR compactas.
D3	Dependencia de la coordinación institucional con SEDAPAL y gobiernos locales.	Puede generar retrasos en aprobación o recepción. Se mitiga con convenios marco y participación temprana de las entidades.
D4	Percepción inicial de mayor riesgo técnico y sanitario.	Se contrarresta con certificaciones, monitoreo continuo y protocolos de ANA y DIGESA.
D5	Limitada experiencia nacional en esquemas de autosostenibilidad por tarifas de reúso.	Requiere diseño financiero robusto y respaldo normativo progresivo.

Síntesis:

Las debilidades identificadas son mitigables mediante una gestión integral del proyecto, convenios institucionales y financiamiento escalonado. La existencia de un flujo financiero positivo en el Anexo 1 – Perfil Financiero Munay respalda la sostenibilidad del modelo.

Tabla 14*Amenazas del Proyecto Munay*

Código	Amenazas identificadas	Estrategias de mitigación
A1	Barreras normativas para el reúso potable indirecto (RPI) aún no reglamentadas plenamente por ANA y DIGESA.	Desarrollar el proyecto bajo modalidad de reúso no potable (riego e infiltración), previendo adaptación futura al RPI.
A2	Percepción pública adversa o desconfianza social hacia el reúso de aguas residuales tratadas.	Implementar campañas de comunicación, educación ambiental y transparencia en la calidad del agua.
A3	Incertidumbre macroeconómica y variaciones en costos de construcción o energía.	Aplicar contratos con precios ajustables y análisis de sensibilidad económica (VANF, TIRF).
A4	Riesgo de lentitud en aprobación de permisos y licencias (ANA, MVCS, MML).	Presentar expediente técnico con soporte normativo (Guía ReuSMART, DS 009-2024) y gestión interinstitucional temprana.
A5	Competencia de soluciones convencionales subsidiadas por el Estado.	Enfatizar la sostenibilidad y reducción de gasto público en tratamiento centralizado.

Síntesis:

Las amenazas derivan principalmente de la transición normativa y social hacia modelos de reúso; sin embargo, la coherencia con políticas nacionales y el componente

demostrativo del Proyecto Munay lo posicionan favorablemente frente al contexto sectorial.

Conclusión del FODA

El Proyecto Munay se sitúa en un entorno de alta pertinencia técnica y política, donde la escasez de agua y la falta de factibilidad de servicios abren espacio para innovaciones de gestión hídrica descentralizada.

Su fortaleza estructural radica en combinar sostenibilidad ambiental, rentabilidad financiera y replicabilidad, constituyéndose en un modelo de referencia para futuros proyectos urbanos bajo el enfoque de Economía Circular Hídrica.

5.2. Análisis Micro

El Proyecto Munay se ubica entre los distritos de San Juan de Lurigancho (SJL) y Comas, al este de Lima Metropolitana, dentro del ámbito de la cuenca del río Rímac y del Esquema de Saneamiento Jicamarca, bajo competencia de SEDAPAL.

El área total del proyecto es de 94.4 hectáreas, distribuidas en cuatro etapas de desarrollo, que comprenden un conjunto de 6,552 lotes de vivienda de 72 m² promedio, además de equipamientos urbanos, áreas verdes, zonas recreativas y espacios de comercio local.

Actualmente, el área no cuenta con factibilidad de servicios de agua potable ni alcantarillado, debido al colapso del colector principal Miguel Grau, que limita la recepción de nuevos caudales desde los proyectos en la zona este de Lima. Este cuello de botella técnico constituye la principal barrera para la ejecución de habilitaciones urbanas formales en el entorno inmediato.

El diagnóstico territorial identifica los siguientes aspectos:

Déficit de vivienda formal: alta densidad poblacional en asentamientos informales con viviendas precarias y sin servicios básicos.

Deficiencia sanitaria estructural: insuficiencia del sistema de alcantarillado existente, sin capacidad para nuevos aportes de aguas residuales.

Condiciones topográficas moderadas: pendientes favorables al escurrimiento por gravedad y a la implementación de sistemas de infiltración.

Proximidad a infraestructura existente: el colector Miguel Grau (500 mm) constituye una fuente viable de captación de aguas residuales crudas para su tratamiento local.

Potencial de desarrollo urbano planificado: el área está incluida en la zonificación urbana del Plan Metropolitano de Desarrollo de Lima 2035 (PLAM 2035) como suelo urbano de expansión condicionada.

En este contexto, el Proyecto Munay representa una intervención de transformación urbana planificada, orientada a demostrar la viabilidad técnica, ambiental y económica de una solución hídrica autónoma basada en Economía Circular, que permita habilitar suelo urbano formal sin depender de la ampliación inmediata de la red de SEDAPAL.

5.3. Análisis Macro

En el ámbito macro, Lima Metropolitana enfrenta un escenario de escasez absoluta de agua, con una disponibilidad promedio de 90 m³ por habitante por año, según el indicador de Falkenmark, muy por debajo del umbral de 500 m³ considerado “escasez extrema”.

El 65 % de la población nacional se concentra en la costa, donde solo se dispone del 1.8 % de los recursos hídricos del país. Esta desigual distribución genera una alta vulnerabilidad estructural frente a sequías, crecimiento urbano acelerado y conflictos por el uso del agua.

A nivel metropolitano, el sistema de saneamiento presenta los siguientes indicadores:

Tabla 15*Indicadores del Sistema de Saneamiento*

Indicador	Valor estimado (2024)	Fuente	Observación
Aguas residuales tratadas	756 Mm ³ /año	SEDAPAL / SUNASS	Cobertura de tratamiento ~94 %
Aguas residuales reutilizadas	1.2 Mm ³ /año	ANA 2023	<2 % del total tratado
Pérdidas de agua potable (ANF)	30–35 %	SUNASS	Ineficiencia por fugas y conexiones clandestinas
Crecimiento urbano anual	1.40%	INEI	Equivalente a 170 mil nuevos habitantes/año
Déficit habitacional formal	600 mil viviendas	MVCS 2024	Alta concentración en Lima Este y Norte

Estos datos reflejan un modelo centralizado de gestión hídrica que se encuentra saturado y territorialmente rígido, con limitaciones para atender la expansión urbana en los bordes metropolitanos.

En este contexto, la ciudad necesita nuevas fuentes de agua y modelos descentralizados de tratamiento y reúso, que permitan liberar capacidad hidráulica en los colectores troncales y viabilizar proyectos habitacionales sostenibles sin sobrecargar el sistema existente.

El Proyecto Munay responde precisamente a esta necesidad metropolitana: propone una solución modular e integrada que combina captación, tratamiento, reúso y almacenamiento, reduciendo la presión sobre la infraestructura principal y generando una nueva fuente hídrica local para riego de áreas verdes y reservas técnicas.

5.4. Análisis de la Escala del Proyecto por Desarrollar

El proyecto Munay se desarrolla entre los distritos de San Juan de Lurigancho y Comas, dentro del ámbito de la cuenca del río Rímac y el Esquema Jicamarca (Anexo 22 del Plan Maestro de SEDAPAL).

El diseño de la infraestructura hidráulica responde a la necesidad de garantizar factibilidad sanitaria integral en un contexto donde el colector principal Miguel Grau se encuentra colapsado, lo cual impide el desarrollo de nuevas habilitaciones urbanas por métodos convencionales.

El sistema se compone de obras principales de captación, tratamiento, almacenamiento, distribución, reúso e infiltración, concebidas bajo un modelo autónomo, modular y escalable, en coherencia con los principios de la Economía Circular Hídrica.

a) Obras generales del sistema hídrico

- Desvío de aguas residuales desde el Colector Miguel Grau (buzón 112) hacia la PTAR Munay – CBD JIC-Munay, con caudal progresivo hasta 100 L/s.
- PTAR Munay (MBBR modular), para tratamiento biológico con desinfección, obteniendo efluente apto para reúso en riego.
- Impulsión CBD JIC–Munay / RAG–Munay, mediante tubería de HDPE Ø450 mm, PN10, SDR 17.
- Reservorio de Riego RAG–Munay, 760 m³, con tiempo de retención de 2 horas.
- Sistema de Infiltración en andenes con medios filtrantes (Rockwool y geomembrana).
- PTAP Munay (Ósmosis Inversa modular), para producción de agua potable a partir del agua infiltrada.
- Reservorio de Agua Potable RAP–001, 2,500 m³, para almacenamiento y distribución por gravedad.

- Colector Munay, PVC Ø250 mm, que devuelve las aguas residuales tratadas a la PTAR, cerrando el ciclo hídrico.

b) Escalabilidad por etapas

El proyecto se desarrollará en cuatro etapas equivalentes, cada una con igual número de viviendas unifamiliares ($6,552/4 = 1,638$) y comerciales ($392/4 = 98$).

El diseño modular permite que las plantas PTAR y PTAP entren en operación progresiva, así como la captación del buzón 112, que no tomará 100 L/s de inicio, sino que aumentará proporcionalmente conforme avance la urbanización y la demanda; y que posteriormente, el aporte de dicho buzón se reducirá, ya que el propio desagüe generado por el propio proyecto Munay se conducirá a la PTAR para completar la economía circular.

Tabla 16

Etapas de Proyecto Munay

Etapa	Lotes familiares	Lotes comerciales	Caudal de diseño (L/s)	Componentes principales	Observaciones
I	1,638	98	25	Módulo 1 de PTAR y PTAP, redes primarias, RAP-001 (25 %)	Primera fase operativa; calibración hidráulica.
II	1,638	98	+25 (50 acumulado)	Módulo 2 de PTAR/PTAP, extensión de redes, RAG-Munay (50 %)	Expansión norte; integración parcial.
III	1,638	98	+25 (75 acumulado)	Módulo 3 de PTAR/PTAP, refuerzo de impulsión (75 %)	Consolidación del sistema.
IV	1,638	98	+25 (100 total)	Módulo 4 de PTAR/PTAP, optimización final (100 %)	Cierre y plena capacidad instalada.

Nota: Elaboración propia en base a Anexo 1 – Perfil Financiero Munay Grupo N°02 (2025).

Este esquema permite alinear la inversión (CAPEX) con el avance físico y comercial, garantizando equilibrio financiero, eficiencia energética y sostenibilidad técnica.

Cada módulo es independiente en operación, pero totalmente integrable al sistema global. En esta secuencia, cada etapa es autónoma y autosuficiente, pero totalmente integrable al sistema global.

El diseño modular facilita el financiamiento escalonado, permite realizar pruebas hidráulicas por fases y garantiza continuidad operativa y sostenibilidad económica, incluso en escenarios de avance parcial del proyecto inmobiliario.

Desde el punto de vista financiero, esta progresividad asegura una correlación directa entre el flujo de ingresos por ventas y el flujo de egresos por inversión en infraestructura, manteniendo el equilibrio económico y reduciendo la exposición al riesgo en las primeras etapas de desarrollo.

c) Enfoque de replicabilidad territorial

El modelo Munay está diseñado para ser replicable en otras zonas de Lima Metropolitana que enfrentan restricciones similares de factibilidad, tales como: Carabayllo y Ancón (Lima Norte).

Ate y Santa Anita (Lima Este).

Lurín y Pachacámac (Lima Sur).

Su carácter modular, técnico-financiero y autosostenible permite su adaptación a distintas escalas, desde proyectos de 500 viviendas hasta urbanizaciones de más de 10,000 unidades.

En todos los casos, la estrategia central consiste en liberar capacidad en las redes de SEDAPAL mediante el tratamiento y reúso local de aguas residuales, asegurando la sostenibilidad urbana y ambiental del desarrollo.

Esta replicabilidad no solo tiene un componente técnico, sino también económico y normativo, ya que el modelo puede ser integrado bajo esquemas de colaboración público-privada, conforme a la Ley de Servicio Universal de Agua Potable y Saneamiento y los lineamientos de la Hoja de Ruta hacia una Economía Circular en Agua Potable y Saneamiento (DS 007-2024-VIVIENDA).

d) Justificación tecnológica y energética

La selección de las tecnologías aplicadas —MBBR para la PTAR y Ósmosis Inversa para la PTAP— se fundamenta en criterios técnicos, ambientales, energéticos y financieros.

1. Elección del sistema MBBR (Moving Bed Biofilm Reactor) para la PTAR

Tabla 17

Características y justificación para la selección del sistema MBBR

Criterio	Justificación técnica	Ventajas respecto a otras alternativas
Eficiencia	Remueve DBO y DQO hasta >88 %, obteniendo efluente ≤ 40 mg/L DQO (apto para riego).	Mayor eficiencia que los sistemas de lodos activados convencionales (75–80 %).
Producción de lodos	Genera solo 0.3 kg SST/kg DBO, 40 % menos que un sistema convencional.	Reduce costos de deshidratación y disposición final.
Operación	Compacto, automatizado y estable ante variaciones de carga.	Requiere menos personal y espacio.

Área requerida	5,000 m ² total, con módulos escalables.	Menor huella que sistemas por lagunaje.
Energía	Potencia instalada: 110 kW.	Menor consumo frente a aireación extendida o SBR.
Manejo de lodos	Lodos deshidratados al 25 % mediante tornillo prensa, reduciendo a 16 m ³ /semana.	Facilita disposición con terceros autorizados (ADMERO S.A.C.).

Nota: Soporte técnico de nuestro asesor de tesis interno, Ing. Guillermo León S.

La elección del MBBR se justifica porque combina alta eficiencia de tratamiento, baja producción de lodos, flexibilidad operativa y modularidad, lo que la hace la tecnología más adecuada para un proyecto descentralizado de carácter inmobiliario.

Además, su estabilidad biológica permite mantener la calidad del efluente sin requerir reactivos químicos costosos ni recirculaciones complejas.

2. Elección del sistema de Ósmosis Inversa (RO) para la PTAP

Tabla 18

Características y justificación sistema de Ósmosis Inversa (RO) para la PTAP

Criterio	Justificación técnica	Ventajas respecto a otras alternativas
Calidad de agua	Permite obtener agua de calidad potable cumpliendo DS 031-2010-SA.	Garantiza calidad superior frente a filtros rápidos o UV simple.
Modularidad	Diseño escalable en módulos de 25 L/s, operativos de manera independiente.	Alineado con crecimiento progresivo de demanda.

Tratamiento de rechazo	Sistema complementario de cristalización y evaporación, evitando vertimiento contaminante.	Soluciona observación del revisor sobre mezcla con colector.
Eficiencia energética	Potencia instalada: 280 kW. Incorporación de bombas de alta eficiencia y recuperación de energía.	Menor costo operativo por m ³ comparado con tecnologías multietapa.
Área requerida	1,000 m ² (25 m × 40 m).	Instalación compacta y de bajo impacto visual.
Sostenibilidad	Reducción de dependencia de agua superficial y subterránea.	Incrementa resiliencia hídrica local.

Nota: Soporte técnico de nuestro asesor de tesis interno, Ing. Guillermo León S.

El uso de Ósmosis Inversa se justifica por su capacidad de producir agua potable con alta calidad y confiabilidad, indispensable para un sistema cerrado que parte del reúso. Su implementación modular reduce el CAPEX inicial y permite escalar la producción conforme aumente la población servida.

3. Disposición final de lodos y residuos

El sistema incluye tornillo de prensa para deshidratación al 25 % de sólidos, con volúmenes manejables:

Tabla 19*Gestión de residuos de tornillo de prensa*

Tipo de residuo	Volumen estimado	Frecuencia	Método de disposición	Empresa autorizada
Lodos deshidratados	16 m ³ /semana	1 retiro/semana	Transporte y disposición en relleno sanitario autorizado	ADMERO S.A.C. (EO-RS-0103-19-120810)
Sólidos gruesos	1 m ³ /semana	Semanal	Segregado y dispuesto con lodos	ADMERO S.A.C.
Arena	1 m ³ /semana	Semanal	Disposición en relleno autorizado	ADMERO S.A.C.
Grasas	1 t/semana	Semanal	Recolección diferenciada	ADMERO S.A.C.

Nota: Elaboración propia con cotizaciones del proveedor de disposición de residuos final (ver

Apéndice F)

La producción de lodos se encuentra dentro de los límites permisibles y no representa un problema operativo ni ambiental, dado el contrato de disposición con operador autorizado por el MINAM.

1. Consumo energético y sostenibilidad operativa

Tabla 20

Características de consumo energético y sostenibilidad operativa de sistemas MBBR y RO en PTAR

Instalación	Potencia instalada	Observación	Eficiencia
PTAR (MBBR)	110 kW	Aireación y bombeo biológico	Menor a SBR y aireación extendida
PTAP (RO)	280 kW	Bombeo y presurización de membranas	Recuperación de energía y automatización

Ambas tecnologías fueron seleccionadas no solo por su desempeño hidráulico, sino por su balance energético positivo frente a alternativas equivalentes.

Los costos de energía eléctrica han sido incorporados en el flujo OPEX del Apéndice E, demostrando que el sistema es económicamente sostenible y compatible con la tarifa proyectada a los usuarios.

5.5. De la escala a desarrollar

5.5.1. Memoria Descriptiva

El Proyecto Inmobiliario Munay plantea una solución integral y autónoma de abastecimiento y saneamiento urbano, bajo un modelo de Economía Circular Hídrica, que permite cerrar el ciclo del agua dentro del ámbito del proyecto, sin depender de la capacidad limitada de conducción ni tratamiento de SEDAPAL.

La propuesta se basa en el tratamiento, reúso e infiltración de aguas residuales domésticas, para luego recuperar agua apta para consumo humano mediante una Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) de Ósmosis Inversa, garantizando sostenibilidad técnica, ambiental y económica.

El sistema está concebido para operar modular y escalonadamente, en cuatro etapas equivalentes que suman 6,552 viviendas unifamiliares y 392 lotes comerciales, con un horizonte de diseño de 20 años. El esquema hidráulico general está conformado por ocho estructuras principales que integran el ciclo completo del agua:

- Desvío de aguas residuales desde el Colector Miguel Grau (buzón 112).
- Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR Munay – tipo MBBR).
- Cámara de bombeo y línea de impulsión CBD JIC–Munay / RAG–Munay.
- Reservorio de Riego RAG–Munay.
- Sistema de Infiltración con medios filtrantes (Rockwool, fibra de vidrio y suelo preparado).
- Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP Munay – Ósmosis Inversa).
- Reservorio de Agua Potable RAP–001.
- Colector Munay, que cierra el ciclo retornando las aguas residuales tratadas a la PTAR.

Parámetros de diseño y demanda total

El cálculo de la demanda total de agua se ha determinado en base a los parámetros del Apéndice C:

- Lotes familiares: 6,552 unidades \times 4.5 hab/lote
- Lotes comerciales: 392 unidades

- Población de diseño: 29,484 habitantes
- Demanda doméstica: 65.8 L/s
- Demanda comercial: 4.09 L/s
- Demanda de riego y cementerio: 6.15 L/s
- Demanda total: 76.04 L/s (redondeado a 76 L/s)

Considerando pérdidas por infiltración (5%) y tratamiento en la PTAP (20%), el sistema requiere captar inicialmente 100 L/s desde el buzón 112 del Colector Miguel Grau (PVC Ø500 mm, SN4), lo que se ejecutará de manera progresiva por etapas, según la demanda urbanística.

Desvío de desagüe – Colector Miguel Grau

El punto de captación se localiza en el buzón 112, perteneciente al colector principal Miguel Grau (Ø500 mm PVC SN4), que actualmente opera con un tirante de 16.3 cm equivalente a 120 L/s.

Desde este punto se desviará 100 L/s (dejando 20 L/s de arrastre hidráulico), mediante una tubería de PVC SN4 Ø300 mm con una longitud aproximada de 395 m, que conduce por gravedad las aguas residuales hacia la PTAR Munay – CBD JIC–Munay.

PTAR Munay – CBD JIC–Munay

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR Munay) se ubicará a la cota 525 m.s.n.m., se emplazará sobre un terreno de 5,000 m², y operará bajo la tecnología MBBR (Moving Bed Biofilm Reactor), seleccionada por su eficiencia, modularidad y bajo volumen de lodos generados.

El diseño considera un caudal afluente de 100 L/s, con DQO = 400 mg/L, y una eficiencia de remoción superior al 88 %, obteniendo un efluente con DQO \leq 40 mg/L, apto para riego de áreas verdes según los parámetros de la Guía ReuSMART (ANA-GIZ, 2018).

Procesos principales:

- Tratamiento primario (desarenado y sedimentación).
- Reactor biológico aeróbico tipo MBBR.
- Filtración terciaria y desinfección UV.
- Deshidratación de lodos con tornillo prensa.

Ventajas técnicas del MBBR:

- Alta eficiencia en cargas variables.
- Menor generación de lodos (0.3 kg SST/kg DBO).
- Bajo consumo energético (110 kW de potencia instalada).
- Operación automatizada y estable ante variaciones hidráulicas.

Manejo de lodos y residuos:

El sistema incluye tornillo de prensa que reduce el contenido de humedad hasta 25 % de sólidos, generando 16 m³/semana de lodos deshidratados, más 1 m³/semana de sólidos gruesos, 1 m³/semana de arena, y 1 t/semana de grasas.

Estos volúmenes se gestionan mediante contrato con ADMERO S.A.C. (EO-RS-0103-19-120810 – MINAM), garantizando disposición final autorizada y segura.

El volumen y frecuencia de retiro (una vez por semana) fueron validados por el asesor técnico interno, Ing. Guillermo León S., confirmando que no representan limitante ambiental ni logística para la operación del sistema.

Cámara de bombeo (CBD JIC–Munay):

La PTAR descargará su efluente tratado a una cámara húmeda de 16.04 m³, con altura útil de 2.5 m, equipada con 4 bombas operativas + 1 reserva, de 145 HP cada una, que impulsan el caudal durante 18 h/día hacia el Reservorio de Riego RAG–Munay (cota 780 m.s.n.m.).

Tubería de Impulsión CBD JIC–Munay / RAG–Munay

La línea de impulsión tiene una longitud de 3.05 km y se ejecutará con tubería de HDPE Ø450 mm, PN10, SDR 17 (PE100), diseñada para transportar el efluente tratado con pérdidas de carga inferiores a 5 m.c.a.

El trazado sigue el relieve natural, reduciendo consumo energético y optimizando la eficiencia del bombeo.

Reservorio de Riego RAG–Munay

El Reservorio de Riego RAG–Munay se ubicará a la cota 780 m.s.n.m., con capacidad de 760 m³, un tiempo de retención de 2 horas, y estructura de concreto armado de 14 m de diámetro y 5 m de altura.

Su función es almacenar temporalmente el efluente tratado antes de ser distribuido hacia el sistema de infiltración.

Sistema de Infiltración

El sistema de infiltración, con un área de 6,804 m², permite canalizar el efluente tratado desde el reservorio hacia las capas inferiores del suelo, mediante un diseño de andenes filtrantes que incluyen:

- Capa de lana de fibra de vidrio.
- Capa de material Rockwool.

- Suelos preparados y geomembrana de HDPE.

Este sistema logra eficiencia hidráulica del 95 %, con pérdidas controladas del 5 %, y garantiza la recarga de acuíferos superficiales sin contaminación.

El caudal de salida (95 L/s) se conduce por gravedad hacia la PTAP Munay (cota 750 m.s.n.m.).

PTAP Munay

La Planta de Tratamiento de Agua Potable Munay, se ubicará a la cota 750 m.s.n.m., operará con tecnología de Ósmosis Inversa (RO), seleccionada por su capacidad de garantizar calidad de agua potable a partir del efluente infiltrado, asegurando cumplimiento del D.S. N° 031-2010-SA.

Características principales:

- Caudal de ingreso: 95 L/s
- Caudal de salida (permeado): 76 L/s
- Pérdidas estimadas: 20 %
- Potencia instalada: 280 kW
- Área ocupada: 1,000 m² (25 m × 40 m)

Ventajas de la Ósmosis Inversa:

- Remueve sólidos disueltos, metales pesados, virus y bacterias.
- Modularidad y escalabilidad (módulos de 20 L/s).
- Control automatizado con monitoreo en línea.
- Cumplimiento estricto de los estándares de potabilidad.

Tratamiento del rechazo:

El concentrado salino resultante de la Ósmosis Inversa no se mezcla con el colector del proyecto.

Se dispone de un sistema complementario de cristalización y evaporación, incluido en la cotización Tecflusac (ver Apéndice G), que minimiza residuos líquidos y evita impactos ambientales.

Reservorio de Agua Potable RAP-001

El RAP-001 se emplazará a la cota 740 m.s.n.m., con una capacidad útil de 2,500 m³, diámetro de 20 m y altura de 8.35 m, construido en concreto armado.

Su función es almacenar y distribuir por gravedad el agua tratada hacia las redes de las cuatro etapas del proyecto.

El sistema contará con válvulas reguladoras y control de presión.

Colector Munay

El Colector Munay (PVC SN4 Ø250 mm) conducirá las aguas residuales domésticas de todo el proyecto hacia la PTAR Munay, completando el circuito hidráulico cerrado.

El caudal máximo proyectado es de 60.8 L/s, asegurando que el 100 % del desagüe generado sea tratado y reutilizado dentro del mismo ámbito, cumpliendo con el principio de Economía Circular Hídrica.

Síntesis del funcionamiento integral

El Sistema Hídrico Munay opera como un circuito cerrado de economía circular hídrica que transforma las aguas residuales domésticas del propio proyecto en una fuente continua de agua tratada para riego de áreas verdes y abastecimiento de agua potable.

Mediante la secuencia de captación, tratamiento, infiltración y potabilización, el sistema logra cerrar el ciclo del agua dentro del ámbito del proyecto, liberando a

SEDAPAL de la carga hidráulica sobre el colector principal Miguel Grau y garantizando la autonomía hídrica del desarrollo urbano.

El modelo combina eficiencia técnica y sostenibilidad económica gracias a su diseño modular y escalable, su bajo consumo energético, y su manejo responsable de lodos mediante deshidratación al 25 % y disposición final autorizada.

El tratamiento completo del rechazo salino de la Ósmosis Inversa mediante cristalización y evaporación asegura además las cero descargas contaminantes, consolidando un sistema ambientalmente seguro y replicable.

En síntesis, el Proyecto Munay constituye un referente defendible de sostenibilidad urbana: un esquema técnico-financiero capaz de desarrollar habilitaciones inmobiliarias sin depender de la factibilidad inmediata de SEDAPAL, al tiempo que promueve una gestión hídrica autosuficiente, resiliente y circular, alineada con la Hoja de Ruta hacia una Economía Circular en Agua Potable y Saneamiento (DS 007-2024-VIVIENDA).

Figura 4

Vistas isométricas de modelos BIM de Reservorios, Zona de Filtración y PTAP

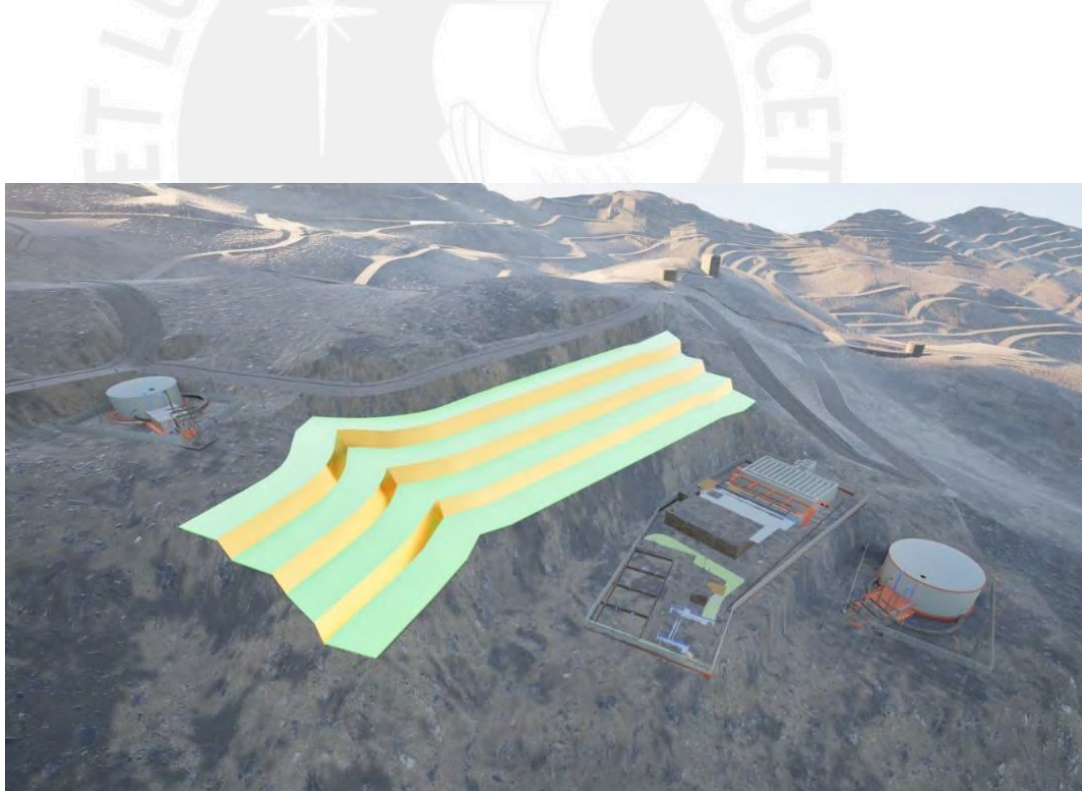
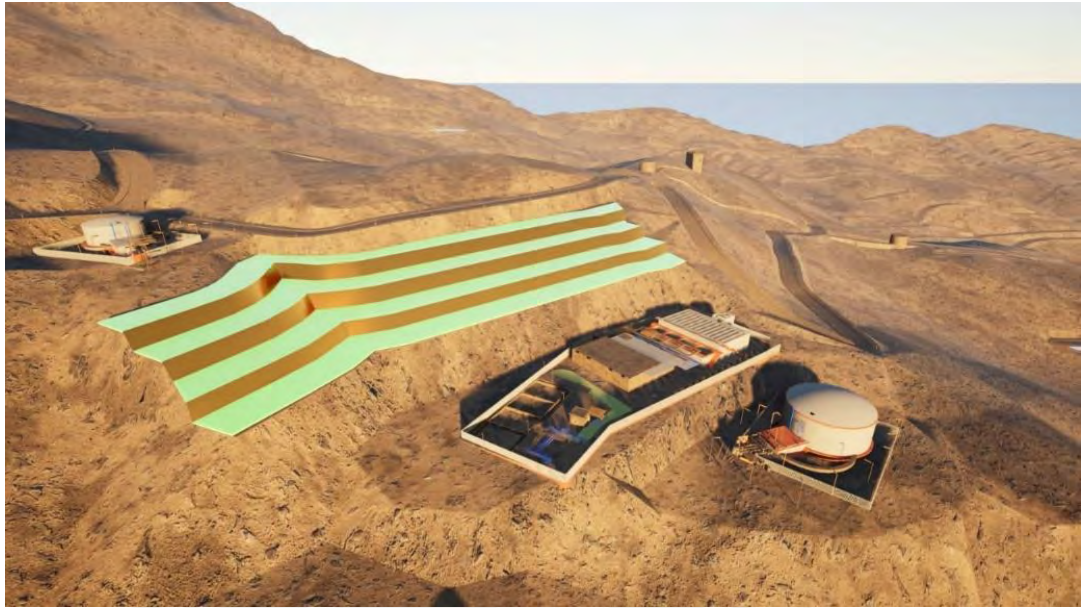
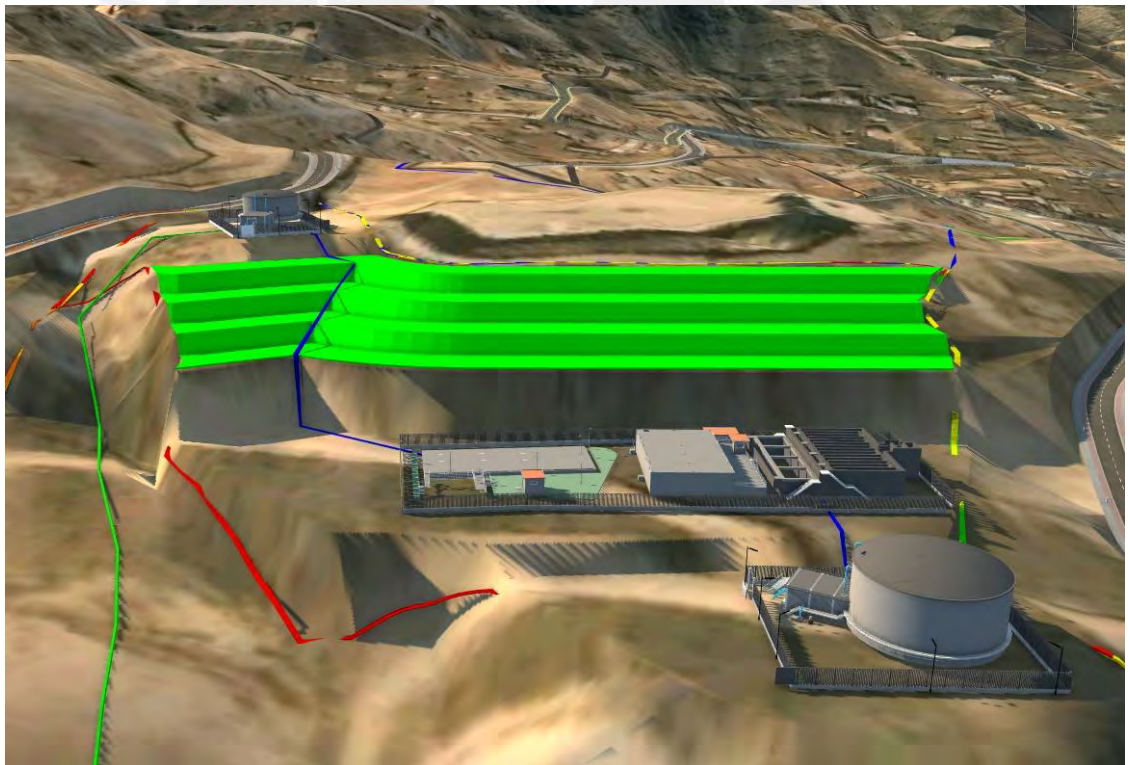
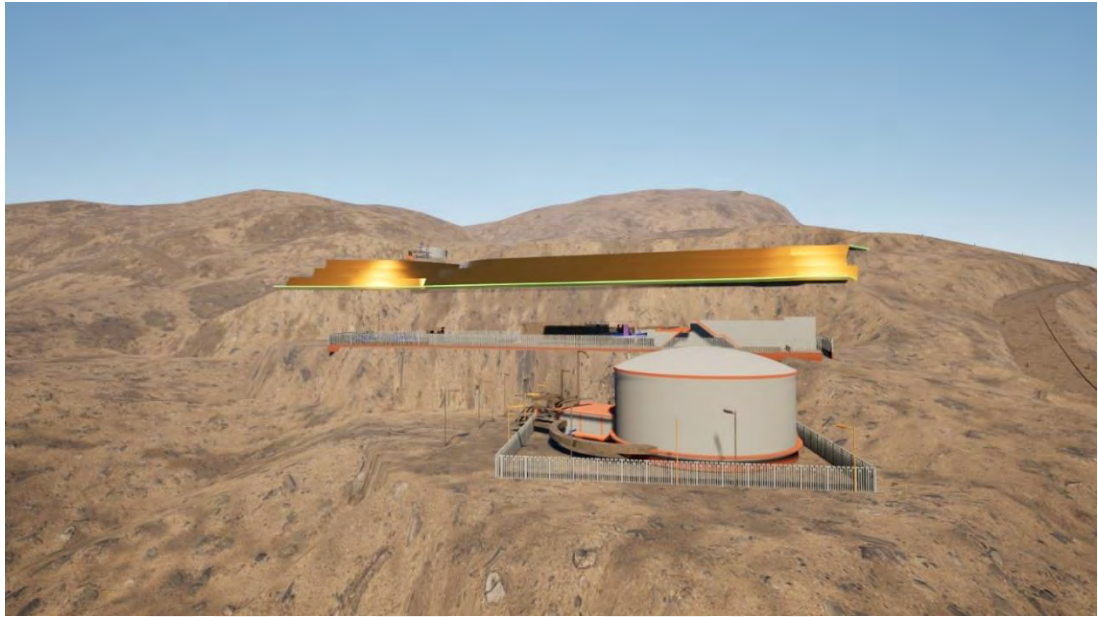


Figura 5

Vista frontal de modelos BIM de Reservorios, Zona de Filtración y PTAP



5.5.2. Memoria de Cálculo

a) Supuestos de diseño y fuentes de datos

- Dotación residencial: 150 L/hab·día.
- Población de diseño: 6 552 viviendas unifamiliares \times 4.5 hab/lote = 29 484 hab (año base), con proyección a 20 años (ver Apéndice H).
- Unidades comerciales: 392 lotes.
- Riego de áreas verdes y cementerio: demanda.
- Horas efectivas de bombeo: 18 h/d.
- Pérdidas por infiltración en andenes: 5 %.
- Rechazo del sistema RO (PTAP): 20 % (recuperación neta del 80 %).

El resto de información pueden revisarla del Apéndice C.

b) Demanda residencial (vivienda)

La demanda diaria se calcula como:

$$Qd, res = \text{Población} \times \text{Dotación} \quad [\text{L/d}]$$

$$Qd, res = Qd, res / 86\,400 \quad [\text{L/s}]$$

Con 150 L/hab x día y la proyección a 20 años, se obtiene en el año 20:

- Demanda diaria: 5 681 550 L/d (2 073 766 m³/año).
- Caudal promedio equivalente: 65.8 L/s.

El resto de información pueden revisarla del Apéndice H.

c) Demanda no residencial

- Comercial agregado (392 lotes): 4.09 L/s.
- Riego de áreas verdes y cementerio: 6.15 L/s (balance hídrico por superficies proyectadas).

El resto de información pueden revisarla del Apéndice C.

d) Caudal total de diseño a la salida de PTAP

$$Q_{\text{total}}=Q_{\text{res}}+Q_{\text{com}}+Q_{\text{riego}}=65.8+4.09+6.15\approx 76 \text{ L/s}$$

Este caudal 76 L/s es el objetivo de entrega de agua potable después de pérdidas de proceso.

El resto de información pueden revisarla del Apéndice C.

e) Balance hídrico—cadena de procesos

- **Derivación en colector Miguel Grau (Bz-112):**

Se capta un caudal modular. Para la primera etapa se dimensiona la línea para 100 L/s, dejando 20 L/s de arrastre en el colector (tirante actual 16.3 cm \approx 120 L/s). La conducción por gravedad hasta PTAR se proyecta en PVC SN4 Ø300 mm, L \approx 395 m (ver Apéndice I).

- **PTAR Munay (MBBR + terciario):**

Afluente característico DQO 400 mg/L; efluente objetivo DQO \leq 40 mg/L (apto riego). El efluente se bombea 18 h/d desde la CBD JIC–Munay (4 bombas + 1 stand-by, 35.3 L/s c/u, 145 HP; ADT 190.3 m) hacia el RAG-Munay (ver Apéndice J y K, la información brindada fue validado por el asesor técnico interno, Ing. Guillermo León S).

- **Impulsión a reservorio de riego:**

HDPE Ø450 mm PN10 (SDR 17/PE100), con pérdidas verificadas para el régimen 18 h/d (ver Apéndice L).

- **Reservorio de riego RAG-Munay:**

Volumen 760 m³ (\approx 2 h de retención al régimen de impulsión).

- **Infiltración en andenes filtrantes:**

Área 6 804 m². Se considera 5 % de pérdida por transmisión/evapotranspiración:

$$Q_{\text{post-infil}}=100(1-0.05)=95 \text{ L/s}$$

El sistema de manejo de efluentes del Proyecto Munay se fundamenta en un diseño auxiliar de infiltración superficial que opera a través de andenes y gravedad. Este diseño tiene un doble propósito: facilitar la correcta percolación del efluente tratado hacia los estratos del suelo y canalizar el agua para su derivación controlada a la Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) Munay.

Técnicamente, la PTAP Munay, equipada con tecnología de Ósmosis Inversa (RO), posee la capacidad intrínseca para tratar el efluente residual previamente estabilizado, garantizando el cumplimiento del Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (D.S. N° 031-2010-SA). Por lo tanto, el sistema de andenes no es indispensable para el rendimiento operativo final de la PTAP.

Estratégicamente, la implementación de este proceso de pre-infiltración y recolección controlada cumple una función crucial de gestión de la percepción pública y aceptación social. Al separar visualmente la infraestructura de recolección de la de saneamiento tradicional, se busca contrarrestar la asociación errónea del agua de reúso con el "desagüe", promoviendo la confianza en la potabilidad del agua final.

De cara a la replicabilidad en futuros proyectos donde la infraestructura de infiltración no sea viable o necesaria, la desestimación de este sistema auxiliar es factible, siempre y cuando se demuestre la solvencia técnica de la PTAP para la ingesta directa del efluente estabilizado (ver Apéndice M).

- **PTAP Munay (RO + post-cloración):**

Con rechazo de 20 % (recuperación 80 %), el caudal potable neto es:

$$Q_{\text{potable}} = 95 (1 - 0.20) = 76 \text{ L/s}$$

El rechazo RO se gestiona con sistema de cristalización–evaporación dedicado (componente incluido en la oferta) para evitar recirculación a la PTAR/colector del proyecto (ver Apéndices G, N y O).

- **RAP-001 (potable):**

Reservorio 2 500 m³ a cota 740 msnm (Ø20 m, H = 8.35 m). Alimentación por gravedad desde PTAP.

- **Colector Munay (retorno de desagüe del proyecto):**

PVC SN4 Ø250 mm hacia PTAR. Cuando Munay esté completamente operativo, el caudal a derivar desde Bz-112 podrá reducirse progresivamente (objetivo: tratar la mayor parte del desagüe propio). Véase Apéndice P.

f) Verificación de almacenamiento y operación

Riego (RAG-Munay, 760 m³): cubre \approx 2 h al régimen de impulsión, suficiente para amortiguar variabilidad de la PTAR y gestionar ventanas de bombeo nocturno con menor tarifa.

Potable (RAP-001, 2 500 m³): equivale a \approx 9.1 h al régimen de 76 L/s, compatible con 18 h/d de operación de PTAP + reserva para continuidad del servicio.

Capítulo 6 Análisis del Impacto Ambiental y Social

El Sistema Hídrico Integral Munay promueve una transformación sostenible del territorio urbano, alineando su diseño con los principios de la economía circular hídrica y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), principalmente los ODS 6 (Agua limpia y saneamiento), 11 (Ciudades sostenibles), 13 (Acción por el clima) y 15 (Vida de ecosistemas terrestres)

Este capítulo analiza los impactos positivos esperados y las medidas de mitigación asociadas a su implementación.

6.1. Dimensión Social

El Proyecto Munay tiene impactos sociales directos y estructurales sobre Lima Metropolitana, especialmente en los distritos de San Juan de Lurigancho y Comas, donde históricamente se han registrado déficits de vivienda formal y servicios de saneamiento.

Principales impactos sociales positivos:

- **Reducción de la tugurización y expansión informal:**

La viabilidad del proyecto, gracias a su sistema autónomo de agua y saneamiento, genera una oferta formal de más de 6,900 lotes habitacionales y comerciales, contribuyendo a contener el crecimiento desordenado y las invasiones en zonas periféricas.

- **Mejora de la calidad de la vivienda y habitabilidad urbana:**

Las nuevas viviendas contarán con acceso continuo a agua potable mediante un sistema local de potabilización y reúso, asegurando condiciones de salubridad y confort que cumplen con los estándares del MVCS y OMS.

- **Acceso equitativo al agua:**

El sistema circular permite distribuir agua tratada y potable en sectores que actualmente enfrentan racionamiento estructural, reduciendo brechas sociales de acceso.

- **Generación de empleo formal:**

Durante la fase de construcción y operación, se estiman más de 250 empleos directos y 500 indirectos, tanto en infraestructura hidráulica como en servicios de mantenimiento, control y monitoreo.

- **Reducción de conflictos sociales y mejora en la gobernanza del agua:**

Al liberar capacidad hidráulica del sistema de SEDAPAL, se disminuye la competencia por el recurso entre asentamientos cercanos, fortaleciendo la gestión colaborativa entre el Estado, la empresa privada y la comunidad.

- **Empoderamiento de la mujer y equidad de género:**

El acceso seguro al agua reduce la carga doméstica asociada al acarreo y almacenamiento, mejorando la calidad de vida de mujeres y niñas, y ampliando sus oportunidades educativas y laborales.

- **Percepción positiva del bienestar y salud pública:**

La disponibilidad de agua limpia y la gestión ambiental responsable fortalecen la percepción comunitaria de seguridad sanitaria y dignidad urbana, mejorando el tejido social del entorno.

6.2. Dimensión Ambiental

El proyecto contribuye directamente a la sostenibilidad ambiental urbana y a la resiliencia hídrica de Lima Metropolitana mediante un manejo integral del ciclo del agua.

Principales impactos ambientales positivos:

- **Reutilización de aguas residuales tratadas:**

Se evita la descarga de aguas sin tratamiento a los colectores y cuerpos receptores, al procesarse localmente en la PTAR Munay (tecnología MBBR), reduciendo la carga orgánica y mejorando la calidad ambiental.

- **Aumento de la cobertura verde y servicios ecosistémicos urbanos:**

Gracias al uso del efluente tratado para riego, se garantiza la sostenibilidad de más de 15 ha de áreas verdes y espacios públicos, favoreciendo la captura de CO₂ y el control térmico local.

- **Recarga controlada del acuífero:**

El sistema de infiltración mediante andenes filtrantes y materiales porosos (geomembrana, fibra de vidrio y Rockwool) contribuye a la recuperación del nivel freático, reforzando la seguridad hídrica de la cuenca del Rímac–Chillón.

- **Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI):**

La eliminación del transporte de aguas negras a grandes distancias y el uso de energía optimizada en bombeo local reducen las emisiones de CO₂ derivadas del tratamiento centralizado tradicional.

- **Protección de cuerpos receptores y ecosistemas urbanos:**

Al interceptar y tratar el caudal del Colector Miguel Grau, se evita la contaminación de ríos y quebradas, reduciendo los impactos negativos sobre el ecosistema del valle del Rímac.

- **Gestión eficiente del recurso hídrico:**

La estrategia de ciclo cerrado del agua maximiza el aprovechamiento local, minimiza pérdidas y establece un precedente técnico para otras zonas sin factibilidad de saneamiento.

6.3. Indicadores de Impacto

Para el seguimiento y verificación de los impactos sociales y ambientales, se proponen los siguientes indicadores cuantificables:

Tabla 21

Indicadores medioambientales de impacto

Categoría	Indicador	Unidad / Meta estimada
Acceso al agua	Incremento de conexiones formales	+6,944 nuevas conexiones
Cobertura verde	Superficie de áreas verdes por habitante	> 8 m ² /hab
Reúso de aguas tratadas	Volumen reutilizado	100 L/s (95 % del caudal tratado)
Calidad ambiental	Reducción de vertimientos al sistema público	-100 L/s descargados
Reducción de emisiones GEI	CO ₂ evitado por transporte y bombeo centralizado	≈ 1,200 tCO ₂ /año
Equidad social	% de hogares con acceso permanente al agua	100 % del proyecto
Conflictos por agua	Reducción de conflictos vecinales por escasez	-80 % reportes locales
Empleo local	Puestos generados durante la ejecución	> 750 empleos totales

Nota: Elaboración propia con base en Apéndice B, Guía ReuSMART ANA-GIZ (2018) y

Política Nacional de Saneamiento (D.S. 007-2017-VIVIENDA).

6.4. Riesgos Ambientales y Medidas de Mitigación

Aunque el proyecto presenta impactos mayoritariamente positivos, se han identificado potenciales riesgos ambientales, para los cuales se han definido medidas de mitigación y control:

Tabla 22

Principales Riesgos Ambientales y Medidas de Mitigación del proyecto

Riesgo identificado	Medida de mitigación propuesta	Entidad responsable
Emisión de olores y ruido en PTAR	Implementación de sistema cerrado MBBR con control de aireación y biofiltros; ubicación fuera del área residencial.	Promotor / Supervisor ambiental
Infiltración no controlada o contaminación del acuífero	Estudios geotécnicos previos y monitoreo piezométrico trimestral del acuífero.	ANA / Consultor geotécnico
Rechazo de la Ósmosis Inversa	Sistema complementario de cristalización y evaporación, evitando su retorno al colector.	PTAP Munay / Operador técnico
Gestión de lodos	Deshidratación mecánica (tornillo prensa) al 25 % SST y disposición por empresa autorizada (Admero S.A.C.).	Operador PTAR / DIGESA
Aceptación social del reúso	Programas de comunicación y educación ambiental con municipios y juntas vecinales.	MVCS / Gobiernos locales
Incremento del consumo energético	Implementación de variadores de frecuencia y operación optimizada en horas valle.	Operador energético / PTAR-PTAP

6.5. Contribución a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

El Sistema Hídrico Munay contribuye directamente a:

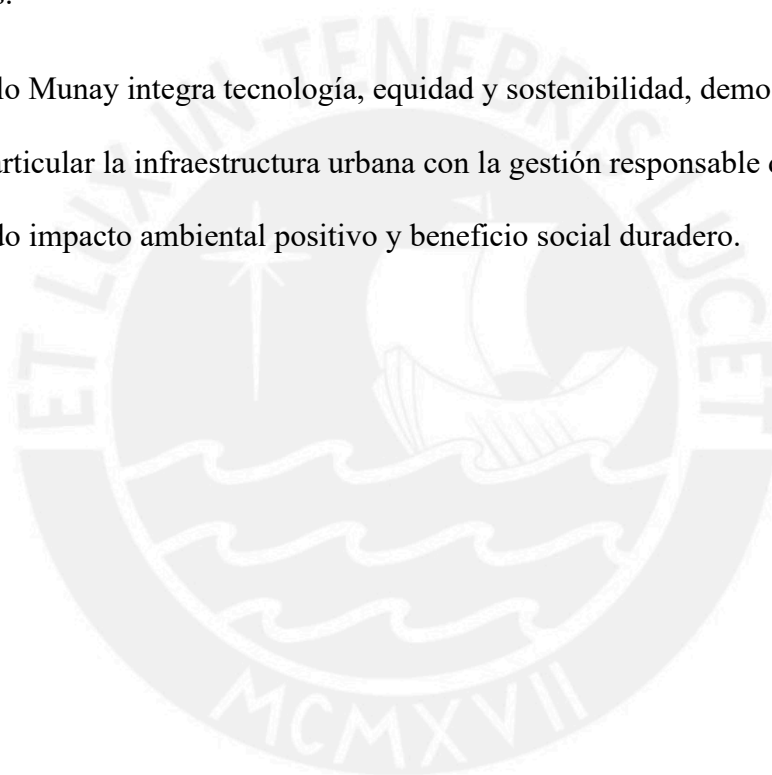
ODS 6: Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible.

ODS 11: Promover ciudades inclusivas y sostenibles.

ODS 13: Adoptar medidas urgentes frente al cambio climático.

ODS 15: Proteger, restablecer y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres.

El modelo Munay integra tecnología, equidad y sostenibilidad, demostrando que es posible articular la infraestructura urbana con la gestión responsable del agua, generando impacto ambiental positivo y beneficio social duradero.



Capítulo 7 Análisis Económico Financiero

El presente capítulo desarrolla el análisis económico y financiero del Sistema Hídrico Integrado del Proyecto Munay, evaluando su inversión inicial (CAPEX), sus costos de operación y mantenimiento (OPEX), los ingresos generados por el servicio de agua potable y alcantarillado autónomo, el flujo de caja total del proyecto inmobiliario y los indicadores de rentabilidad.

Este análisis se sustenta en la información técnica y financiera registrada en los Apéndices D y E.

7.1. Presupuesto de Inversión (CAPEX)

El CAPEX de factibilidad hídrica corresponde exclusivamente a la infraestructura requerida para hacer viable el desarrollo urbano autosuficiente del Proyecto Munay.

Este valor no representa la inversión total del proyecto inmobiliario, sino únicamente la inversión asociada al sistema de agua potable, reúso e infiltración.

Ver Apéndice Q.

Tabla 23
Capex de Factibilidad

Componente	Descripción técnica	Costo (S/ millones, con IGV)	%
Terreno PTAR	5,000 m ²	2.63	4.08%
Adecuación del Bz 112	Obra civil para toma de desagüe	0.005	0.01%
Tubería PVC Ø355 y Ø500	395 m	0.13	0.20%
Equipamiento PTAR + CBD	MBBR modular 100 L/s, deshidratación de lodos, cámara húmeda	15.75	24.40%
Obras civiles PTAR	Estructuras, urbanización, electromecánico	4.73	7.33%

Componente	Descripción técnica	Costo (S/ millones, con IGV)	%
Impulsión HDPE Ø450	3,051 m	1.76	2.72%
Reservorio de riego (760 m ³)	Cota 780 msnm	2.57	3.98%
Sistema de infiltración	6,804 m ² (Rockwool + geomembrana + suelos)	2.62	4.06%
PTAP Munay (RO + cristalización)	95 L/s, ósmosis inversa + tratamiento de rechazo	6.83	10.60%
Obras civiles PTAP	Estructuras + urbanización	1.02	1.58%
Reservorio de agua potable RAP (2,500 m ³)	Cota 740 msnm	3.31	5.13%
Colector Munay Ø250	1,563 m	0.60	0.93%
Factibilidad eléctrica MT	500 kVA	0.75	1.16%
Subtotal		44.46	—
Gastos generales (15%)		6.67	—
Utilidad (8%)		3.55	—
CAPEX total con IGV		64.53	100%

Nota: Elaboración propia.

7.2. Costos de Operación y Mantenimiento (OPEX)

El OPEX del Sistema Hídrico Munay no es constante en el tiempo.

Incrementa conforme se habilitan progresivamente las cuatro etapas del proyecto inmobiliario, ya que:

- Se instalan más módulos PTAR/PTAP,
- Aumenta el consumo energético,
- Aumenta el volumen de lodos a manejar,
- Se incrementa la demanda de personal operativo.

El OPEX total acumulado para el horizonte de 8 años es: S/ 45,599,457

OPEX anual por año (valores más relevantes)

2027: S/ 3,073,105

2028: S/ 4,887,247

2029: S/ 6,020,035

2030: S/ 7,399,976

2031: S/ 8,367,266

2032: S/ 9,058,188

2033: S/ 6,793,641

El detalle se muestra en la tabla siguiente.

Tabla 24

Evolución del OPEX anual y mensual del sistema hídrico Munay

Año	OPEX anual (S/)	Meses de operación	OPEX mensual promedio (S/mes)
2026	0	0	0
2027	3,073,105	10	256,092
2028	4,887,247	12	407,271
2029	6,020,035	12	501,670
2030	7,399,976	12	616,665
2031	8,367,266	12	697,272
2032	9,058,188	12	754,849
2033	6,793,641	9	754,849
Total	45,599,457	—	—

Nota: Ver Apéndice E.

Costos unitarios:

- Costo por m³ tratado: S/ 3.32/m³
- Tarifa residencial propuesta: S/ 4.45/m³ → S/ 91.27/mes
- Tarifa comercial propuesta: S/ 13.34/m³ → S/ 400.11/mes

Punto de equilibrio operativo:

Ocurre en el mes 88 del proyecto (marzo 2033), cuando:

Ingreso mensual por servicio hídrico: S/ 754,848.97

OPEX mensual del sistema completo: S/ 754,848.97

Hasta ese mes, el promotor inmobiliario asume la diferencia como parte del financiamiento inicial del sistema.

Ingresos por Servicios de Agua Potable y Alcantarillado

Los ingresos crecen conforme aumenta el número de viviendas entregadas.

Ingresos anuales relevantes

- 2027: S/ 421,502
- 2028: S/ 2,240,304
- 2029: S/ 3,693,187
- 2030: S/ 5,280,864
- 2031: S/ 6,756,589
- 2032: S/ 8,224,479
- 2033: S/ 6,781,776

Ingresos acumulados del servicio hídrico: S/ 33,398,700

7.3. Flujo de Caja Proyectado (Proyecto Total)

A diferencia de estudios tradicionales, aquí es fundamental señalar que:

Los indicadores de rentabilidad (VAN y TIR) no corresponden al CAPEX de factibilidad.

Corresponden al proyecto inmobiliario completo, donde el sistema hídrico es una inversión necesaria para liberar factibilidad y permitir la venta de 6,944 lotes (familiares + comerciales) (ver Apéndice D).

El flujo económico-financiero considera:

- Horizonte de evaluación: 8 años.
- Moneda de análisis: Nuevos soles (S/), valores constantes 2025.
- Tasa de descuento: 12 %.

- Escenario base: desarrollo total de 6,552 viviendas unifamiliares y 392 lotes comerciales.
- Ingresos:
 - Recaudación por tarifas de usuarios.
 - Valor económico de factibilidad obtenida (permite habilitar 94.5 ha).
 - Valor de venta de viviendas unifamiliares y lotes comerciales por continuidad del proyecto inmobiliario. Ver Apéndice D
- Egresos:
 - CAPEX inicial (S/ 64.53 millones).
 - OPEX anual:
 - Con las 4 etapas (S/ 9.81 millones).
 - Con 3 etapas (S/ 7.40 millones).
 - Con 2 etapas (S/ 5.74 millones).
 - Con 1 etapa (S/ 3.68 millones).
 - Mantenimiento mayor y contingencias.

El flujo neto actualizado arroja los siguientes resultados:

Tabla 25

El flujo neto actualizado

Indicador	Valor (S/ millones)	Interpretación
Ingresos totales (20 años)	769.03	Incluye ventas y tarifas
Egresos totales	629.05	CAPEX + OPEX + contingencias
VAN (Valor Actual Neto)	38.40	Proyecto rentable
TIR (Tasa Interna de Retorno)	20.46%	Superior a tasa de descuento
Periodo de recuperación	8.1 años	Mitad del horizonte de diseño
Relación Beneficio/Costo	1.09	Rentable bajo escenarios conservadores

Nota: Ver Apéndice D.

El flujo demuestra que la inversión hídrica genera rentabilidad económica y permite liberar capacidad hidráulica en los colectores de SEDAPAL, valorizando simultáneamente el suelo del proyecto.

7.4. Indicadores de Rentabilidad

Tabla 26

Indicadores de Rentabilidad

Indicador	Resultado
VAN	S/ 38.40 millones
TIR	20.46 %
Relación Beneficio/Costo	1.09
Periodo de Recuperación	8 años

Estos resultados demuestran que el modelo es económicamente sólido incluso ante escenarios de incremento de costos, manteniéndose rentable frente a una tasa de descuento inmobiliaria de referencia del 12 %, incluso con la incorporación del CAPEX hídrico de S/ 64.5 millones el proyecto se mantiene altamente rentable.

7.5. Análisis de Sensibilidad

El análisis de sensibilidad permite evaluar la estabilidad económica del proyecto frente a variaciones en las principales variables que afectan los flujos de caja. Dado que la TIR del proyecto (20.46 %) supera de manera holgada la tasa de descuento adoptada (12 %), resulta fundamental identificar aquellos factores que podrían reducir su rentabilidad y cuantificar su impacto. Las variaciones aplicadas corresponden a escenarios razonablemente conservadores, consistentes con riesgos típicos asociados a proyectos de infraestructura hídrica y desarrollos inmobiliarios de gran escala, tales como incrementos de costos energéticos, sobrecostos de inversión, reducciones en la demanda efectiva y postergaciones en el ritmo de ventas.

Tabla 27*Análisis de Sensibilidad*

Variable modificada	Escenario Impacto en TIR (%)	
Costo energético	+20%	↓ 2.0 %
CAPEX total del proyecto	+10%	↓ 1.8 %
Volumen de agua reutilizada	-10 %	↓ 2.4 %
Tarifa promedio del servicio hídrico	-10 %	↓ 2.1 %
Diferimiento en ventas inmobiliarias	1 año	↓ 1.5 %

Los resultados muestran que, aun bajo escenarios adversos, la TIR del proyecto se mantiene por encima del umbral mínimo de rentabilidad, evidenciando una estructura financiera robusta y resiliente.

Replicabilidad por reducción de lotes:

El análisis de replicabilidad se realizó considerando como base el total de 6,944 lotes del Proyecto Munay, correspondientes a 6,552 viviendas unifamiliares y 392 lotes comerciales, los cuales constituyen la totalidad de las unidades generadoras de ingresos del desarrollo inmobiliario.

Tabla 28*Análisis de sensibilidad por reducción de ventas*

Factor Proyecto	Viviendas	Lotes Comerciales	VAN (millones)	TIR %
1	6652	392	38.4	20.46
0.975	6486	382	32.4	19.21
0.95	6319	378	26.4	17.93
0.925	6153	363	20.4	16.63
0.9	5987	353	14.4	15.30

Factor Proyecto	Viviendas	Lotes Comerciales	VAN (millones)	TIR %
0.875	5821	343	8.4	13.95
0.85	5654	333	2.4	12.56
0.84	5588	329	0	12.00

Los resultados indican que el modelo mantiene viabilidad económica con una reducción de hasta 16 % menos del total de viviendas unifamiliares y lotes comerciales, equivalente a aproximadamente 5,588 viviendas unifamiliares y 329 lotes comerciales. En este escenario, la TIR del proyecto se aproxima al 12 % y el VAN en cero, valor que coincide con la tasa de descuento adoptada y representa el límite inferior de viabilidad financiera.

Esta capacidad de absorción se sustenta en:

- la naturaleza modular del sistema hídrico,
- la progresividad del OPEX conforme se habilitan etapas,
- y el hecho de que el CAPEX hídrico constituye una fracción controlada del costo

total del proyecto.

Por debajo de este umbral, la rentabilidad se reduce de manera significativa, validando el 16 % como un rango técnico razonable y conservador para evaluar la replicabilidad del modelo en proyectos de menor escala.

7.6. Conclusión del Análisis Financiero

El análisis económico y financiero demuestra que el Sistema Hídrico Integrado Munay es una inversión rentable, robusta y sostenible, tanto en términos de operación autónoma como dentro del flujo financiero del proyecto inmobiliario completo.

Los principales resultados financieros son los siguientes:

- CAPEX hídrico: S/ 64.5 millones
- OPEX acumulado: S/ 45.6 millones

- Ingresos por tarifas del servicio hídrico: S/ 33.4 millones
- Ingresos totales del proyecto (nominales): S/ 769 millones
- Egresos totales del proyecto (nominales): S/ 629 millones
- VAN del proyecto: S/ 38.4 millones
- TIR del proyecto: 20.46 %
- Relación Beneficio/Costo (B/C): 1.093 (valor presente)
- Punto de equilibrio operativo: mes 88 (marzo 2033)

Estos resultados confirman que la incorporación del sistema hídrico no solo no deteriora la rentabilidad del proyecto inmobiliario, sino que lo habilita técnica y económicamente, al liberar factibilidad sanitaria en un contexto de restricciones estructurales del sistema público.

En síntesis:

- La Economía Circular Hídrica permite liberar factibilidad sanitaria y habilitar 94.5 ha de desarrollo urbano en zonas donde SEDAPAL no puede otorgarla por limitaciones hidráulicas.
- El modelo transforma una restricción estructural en una oportunidad de inversión rentable.
- El CAPEX hídrico se integra eficientemente dentro del negocio inmobiliario, generando valor agregado y reducción de riesgos.
- El sistema es modular, escalable y replicable, pudiendo aplicarse en múltiples zonas de Lima afectadas por la falta de factibilidad de servicios.
- Incluso ante variaciones adversas de costos, tarifas o ventas, el proyecto mantiene VAN positivo y TIR superior al 20 %, confirmando su alta resiliencia financiera.

Capítulo 8 Estrategia de Implementación

El éxito del modelo de Economía Circular Hídrica del Proyecto Munay depende no solo de su solidez técnica y financiera, sino también de su adecuada inserción normativa, institucional y social.

Este capítulo plantea la estrategia integral para su puesta en marcha, asegurando su sostenibilidad y replicabilidad a nivel metropolitano.

8.1. Arreglos Normativos

Para viabilizar el sistema de reúso hídrico propuesto, es necesario operar dentro del marco legal vigente, adaptando las normas a las innovaciones técnicas del modelo.

El marco normativo aplicable incluye:

- Ley N.º 29338 – Ley de Recursos Hídricos y su reglamento (D.S. N.º 001-2010-AG): reconoce el reúso de aguas residuales tratadas como una fuente no convencional válida dentro de la gestión integrada de recursos hídricos.
- Decreto Supremo N.º 003-2010-MINAM: establece los Límites Máximos Permisibles (LMP) para la reutilización de agua tratada en riego y otros fines, garantizando su inocuidad ambiental.
- Resolución Ministerial N.º 030-2015-MINAM: define los lineamientos técnicos para el reúso seguro, con criterios de calidad y control sanitario supervisados por DIGESA.
- Decreto Legislativo N.º 1280 – Ley de Servicio Universal de Agua Potable y Saneamiento: faculta a los prestadores (SEDAPAL y municipios) a reconocer soluciones descentralizadas como parte de la infraestructura de habilitación urbana.

- Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE): deberá incorporar disposiciones que reconozcan proyectos inmobiliarios con plantas de tratamiento modulares y redes de reúso local.
- Política Nacional de Saneamiento (D.S. 007-2017-VIVIENDA) y Hoja de Ruta hacia la Economía Circular en Agua Potable y Saneamiento (D.S. 007-2024-VIVIENDA): promueven explícitamente el reúso de aguas tratadas para riego, limpieza y recarga de acuíferos.

Coordinación interinstitucional necesaria:

La implementación del sistema requiere la autorización y acompañamiento técnico de la Autoridad Nacional del Agua (ANA) para la disposición e infiltración, y de DIGESA para la validación sanitaria del reúso.

Asimismo, se propone que SEDAPAL reconozca este tipo de soluciones como parte de su modelo de gestión integrada, contabilizando el caudal tratado como liberación efectiva de capacidad hidráulica en su sistema matriz.

8.2. Arreglos Institucionales

La gestión del Sistema Hídrico Munay requiere un modelo de gobernanza colaborativo entre actores públicos, privados y comunitarios.

Se presenta la estructura institucional propuesta:

Tabla 29

Roles institucionales clave para la gestión del reúso en proyectos descentralizados

Actor	Rol en la implementación
Promotor Inmobiliario (Munay Desarrollos S.A.C.)	Financia, ejecuta y mantiene la infraestructura de reúso hídrico; garantiza su operación inicial bajo supervisión técnica.

SEDAPAL	Autoriza el desvío de caudal, valida la liberación hidráulica y otorga factibilidad de servicios.
Municipalidades de San Juan de Lurigancho y Comas	Aprueban licencias urbanas, articulan con juntas vecinales y gestionan áreas verdes regadas con agua tratada.
Autoridad Nacional del Agua (ANA)	Autoriza el reúso e infiltración; supervisa el cumplimiento de los estándares de calidad.
Ministerio del Ambiente (MINAM) y DIGESA	Evalúan la calidad del efluente tratado y otorgan conformidad sanitaria.
Entidad Técnica Operadora (ETO)	Empresa especializada encargada de operar la PTAR, PTAP y redes de distribución bajo contrato supervisado.
Comunidad de Usuarios / Junta Administradora	Participa en el control social del sistema, reportando incidencias y promoviendo educación ambiental.

Nota: Elaboración propia basada en la Ley de Servicio Universal de Agua Potable y Saneamiento (D. Leg. N.º 1280) y la Resolución Ministerial N.º 030-2015-MINAM.

Este modelo institucional puede adaptarse a otros proyectos urbanos, favoreciendo esquemas de Asociación Público-Privada (APP) o de Concesión parcial para la operación del sistema.

8.3. Incentivos Económicos y Financieros

Para incentivar la adopción de sistemas de reúso en proyectos inmobiliarios y urbanos, se proponen los siguientes instrumentos:

- **Bono Verde Inmobiliario:** otorgado a proyectos que acrediten ahorro hídrico con instalación de equipos para tal fin, según criterios del MINAM y del Fondo MIVIVIENDA.

- **Acceso al Fondo de Agua para Lima y Callao (AQUAFONDO):** financiamiento parcial de estudios o equipos de eficiencia energética (bombas, variadores, paneles solares).
- **Reconocimiento de Inversiones en Mitigación Ambiental:** las inversiones en PTAR y PTAP pueden ser consideradas medidas compensatorias o de mitigación dentro del marco de habilitaciones urbanas.
- **Incentivos Municipales por Sostenibilidad (MEF):** incluir a los municipios participantes en el programa de cumplimiento de metas de gestión ambiental y uso eficiente del agua.
- **Beneficios tributarios y reputacionales:** los promotores que implementen sistemas circulares pueden acceder a reducción del impuesto predial verde y certificaciones de sostenibilidad.

Estos incentivos fortalecen la viabilidad económica del modelo y promueven su replicabilidad empresarial en el sector inmobiliario.

8.4. Promoción y Replicabilidad del Modelo

El Modelo Munay demuestra que es posible viabilizar desarrollos urbanos sin factibilidad inmediata de SEDAPAL, mediante infraestructura descentralizada, modular y autosostenible.

Condiciones ideales para su réplica:

- Presencia de zonas urbanas con déficit de cobertura de agua y alcantarillado.
- Limitaciones de factibilidad por colapso o saturación de colectores troncales.
- Existencia de demanda habitacional formal respaldada por promotores solventes.
- Capacidad municipal o regional de articular licencias y supervisión ambiental.

Zonas de réplica potencial en Lima Metropolitana:

- Lima Norte: Carabaylo, Ancón, Puente Piedra.
- Lima Este: Ate, Santa Anita, Huaycán.
- Lima Sur: Lurín, Pachacámac, Villa El Salvador.

Se recomienda que el MVCS, en coordinación con CAPECO, ADI y ASEI, elabore una Guía Técnica de Proyectos Inmobiliarios con Reúso de Agua, estableciendo procedimientos estandarizados para factibilidad, diseño, operación y control.

8.5. Educación Sanitaria y Ambiental

El éxito a largo plazo del sistema de reúso depende de la aceptación social y apropiación ciudadana del modelo.

Por ello, se plantea un Programa de Educación Ambiental y Sanitaria permanente con tres componentes:

- **Componente educativo y comunitario:**
 - Charlas y talleres en colegios, centros vecinales y organizaciones sociales.
 - Material educativo sobre el ciclo del agua, reúso y sostenibilidad.
 - Señalización informativa en parques y reservorios.
- **Componente institucional:**
 - Capacitación a funcionarios municipales y operadores técnicos.
 - Difusión de buenas prácticas de reúso en ferias, seminarios y redes del MVCS y MINAM.
- **Componente de monitoreo público:**
 - Publicación periódica de resultados de calidad del agua tratada (en coordinación con ANA y DIGESA).
 - Creación de un portal o aplicación de seguimiento ciudadano.

8.6. Síntesis Final

La estrategia de implementación asegura que el Modelo Munay no solo sea viable técnica y económicamente, sino también institucional, normativa y socialmente sostenible.

El proyecto constituye un precedente de infraestructura hídrica circular, que puede ser reconocido formalmente por el Estado como solución integral de habilitación urbana, con impacto directo en la resiliencia y sostenibilidad de Lima Metropolitana.



Conclusiones

a) Viabilidad integral demostrada

El Proyecto Munay ha demostrado la viabilidad técnica, económica, ambiental y social de una solución basada en economía circular hídrica, capaz de destrabar proyectos inmobiliarios ubicados en zonas sin factibilidad de servicios de agua potable y alcantarillado.

El modelo integra procesos de reúso, tratamiento y distribución local de agua, garantizando un ciclo cerrado que permite el abastecimiento sostenible de 6,552 viviendas unifamiliares y 392 lotes comerciales.

b) Solución técnica eficiente y modular

La infraestructura diseñada —compuesta por el desvío del colector Miguel Grau, PTAR con tecnología MBBR, sistema de infiltración, PTAP con ósmosis inversa y cristalización del rechazo, y reservorios de riego y agua potable— constituye un sistema modular, escalable y autónomo, adaptable a la evolución del proyecto inmobiliario y replicable en otros desarrollos urbanos.

c) Gestión sostenible de lodos y residuos

Se validó que el sistema produce volúmenes controlados de lodos ($\approx 16 \text{ m}^3/\text{semana}$ al 25 % de sólidos), que pueden gestionarse mediante deshidratación mecánica (tornillo prensa) y disposición a terceros autorizados.

Este manejo cumple las normas sanitarias y evita impactos ambientales, garantizando la sostenibilidad operativa del sistema.

d) Optimización del uso de recursos hídricos

El esquema implementa un circuito cerrado del agua, donde las aguas residuales tratadas se reutilizan para riego e infiltración, y posteriormente se potabilizan para consumo humano.

Este proceso permite reducir la presión sobre los colectores de SEDAPAL y evitar la sobreexplotación de fuentes naturales, contribuyendo a la seguridad hídrica de Lima Metropolitana.

e) Rentabilidad económica comprobada

El análisis financiero (Apéndice D) arroja una inversión total (CAPEX) de S/ 64.5 millones con IGV, OPEX anual con las 4 etapas (S/ 9.81 millones), con 3 etapas (S/ 7.40 millones), con 2 etapas (S/ 5.74 millones), con 1 etapa (S/ 3.68 millones), con un VAN positivo de S/ 38.40 millones y una TIR de 20.46 %, confirmando la rentabilidad y sostenibilidad del sistema.

El modelo es financieramente viable incluso con una reducción del 16 % en el número de lotes, lo que valida su replicabilidad en proyectos de menor escala.

f) Impacto social positivo

El proyecto contribuye significativamente a la reducción de la tugurización, la formalización de la vivienda y la generación de empleo local.

Además, asegura el acceso equitativo al agua, mejora la calidad de vida y la salud pública, y fortalece la gobernanza del agua a nivel local, reduciendo conflictos sociales y mejorando la percepción ciudadana sobre los servicios.

g) Beneficios ambientales concretos

Se evita la descarga de aguas residuales al sistema público y se reducen emisiones de gases de efecto invernadero asociadas al transporte y tratamiento convencional.

Asimismo, se incrementa la cobertura vegetal urbana, se favorece la recarga del acuífero y se promueve la conservación de los ecosistemas locales, alineándose con los ODS 6, 11, 13 y 15.

h) Concordancia con las políticas nacionales

El modelo Munay está alineado con la Política Nacional de Vivienda y Urbanismo (D.S. 012-2021-VIVIENDA), la Política Nacional de Saneamiento (D.S. 007-2017-VIVIENDA) y la Hoja de Ruta hacia la Economía Circular en Agua Potable y Saneamiento (D.S. 007-2024-VIVIENDA), convirtiéndose en un referente práctico para la implementación de estas políticas.

i) Replicabilidad y escalabilidad territorial

El modelo puede replicarse en zonas de Lima Norte (Carabaylo, Ancón, Puente Piedra), Lima Este (Ate, Santa Anita, Huaycán) y Lima Sur (Lurín, Pachacámac, Villa El Salvador), e incluso en otras ciudades del país con restricciones de factibilidad sanitaria.

Su carácter modular y financiero progresivo permite adaptarlo a distintas escalas, desde proyectos de 500 viviendas hasta urbanizaciones de más de 10,000 unidades.

j) Contribución estratégica a la política urbana sostenible

El Proyecto Munay constituye un precedente técnico y económico que demuestra que la sostenibilidad hídrica urbana puede lograrse mediante soluciones integradas de reúso, eficiencia energética y gestión local.

Su implementación marca un punto de inflexión hacia la descentralización de la gestión del agua en el Perú y ofrece una ruta replicable para futuros desarrollos urbanos sostenibles en Lima Metropolitana y el país.

Referencias

RSE Noticias (2014, mayo). Áreas verdes no llegan ni al 42% de lo que recomienda la OMS.

<https://noticias.rse.pe/areas-verdes-no-llegan-ni-al-42-de-lo-que-recomienda-la-oms/>

Autoridad Nacional del Agua [ANA]. (2018). Guía Técnica Para Reúso Municipal de Aguas Residuales Tratadas en el riego de Áreas Verdes de Lima Metropolitana. Cooperación alemana para el desarrollo (GIZ).

Autoridad Nacional del Agua [ANA]. (2023, 14 de diciembre). Informe Técnico N° 164-2023-MCP: Plan de Aprovechamiento de Disponibilidades Hídricas de la Cuenca del Río Rímac 2023-2024.

Banco Mundial. (2023). Resumen ejecutivo, Perú: Acciones Estratégicas para la Seguridad Hídrica. Diagnóstico de Seguridad Hídrica.

Cámara Peruana de la Construcción [CAPECO]. (2025). Estudio de Mercado de Edificaciones Urbanas de Lima y Callao: Oferta del Primer Trimestre 2025. Gerencia de Investigación y Desarrollo de CAPECO.

Consejo de Recursos Hídricos de Cuenca Interregional Chillón Rímac Lurín [CRHCI]. (2017). Diagnóstico Inicial para el plan de gestión de recursos hídricos de las cuencas Chillón y Rímac, Lurín y Chilca. Autoridad Nacional del Agua.

Consejo de Recursos Hídricos de la Cuenca Quilca Chili. (2023). Plan de Aprovechamiento de Disponibilidad Hídrica 2023-2024. Autoridad Nacional del Agua (ANA).

Congreso de la República del Perú (2016, 29 de diciembre). Decreto Legislativo N° 1280. Decreto Legislativo que aprueba la Ley Marco de la Gestión y Prestación de los Servicios de Saneamiento.

Presidencia de la República del Perú (2020, 17 de febrero). Decreto Supremo N° (Sin número). Decreto Supremo que aprueba la Hoja de Ruta hacia una Economía Circular en el Sector Industria.

Presidencia de la República del Perú (2025, 15 de enero). Decreto Supremo N° 001-2025-VIVIENDA. Decreto Supremo que aprueba el Texto Único Ordenado del Decreto Legislativo N° 1280, Ley del Servicio Universal de Agua Potable y Saneamiento.

Presidencia de la República del Perú (2010, 16 de marzo). Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM. Decreto Supremo que aprueba Límites Máximos Permisibles (LMP) para efluentes de Plantas de Tratamiento de Agua Residuales Domésticas o Municipales (PTAR).

Presidencia de la República del Perú (2025). Decreto Supremo N° 003-2025-MINAM. Decreto Supremo que aprueba la Hoja de Ruta hacia una Economía Circular Nacional al 2030.

Presidencia de la República del Perú (2017, 30 de marzo). Decreto Supremo N° 007-2017-VIVIENDA. Decreto Supremo que aprueba la Política Nacional de Saneamiento.

Presidencia de la República del Perú (2024, 6 de julio). Decreto Supremo N° 007-2024-VIVIENDA. Decreto Supremo que aprueba la “Hoja de Ruta hacia una Economía Circular en Agua Potable y Saneamiento al 2030”.

Presidencia de la República del Perú (2024, 12 de noviembre). Decreto Supremo N° 009-2024-VIVIENDA. Decreto Supremo que aprueba el Reglamento del Decreto Legislativo N° 1280, Ley del Servicio Universal de Agua Potable y Saneamiento.

Presidencia de la República del Perú (2023, 15 de diciembre). Decreto Supremo N° 011-2023-PRODUCE. Decreto Supremo que aprueba la Hoja de Ruta hacia una Economía Circular en los Subsectores Pesca y Acuicultura.

Presidencia de la República del Perú (2021, 14 de julio). Decreto Supremo N° 012-2021-VIVIENDA. Decreto Supremo que aprueba la Política Nacional de Vivienda y Urbanismo, con horizonte temporal al 2030.

Presidencia de la República del Perú (2021, 23 de diciembre). Decreto Supremo N° 025-2021-MIDAGRI. Decreto Supremo que aprueba valores de retribuciones económicas a pagar por el uso del agua y por el vertimiento de aguas residuales tratadas a aplicarse en el año 2022.

Presidencia de la República del Perú (2010, 23 de septiembre). Decreto Supremo N° 031-2010-SA. Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano.

Presidencia de la República del Perú (2019, 28 de julio). Decreto Supremo N° 237-2019-EF. Decreto Supremo que aprueba el Plan Nacional de Competitividad y Productividad.

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit [GIZ]. (2018, diciembre). Guía Técnica Para Reúso Municipal de Aguas Residuales Tratadas en el riego de Áreas Verdes de Lima Metropolitana. Autoridad Nacional del Agua.

Instituto Metropolitano de Planificación [IMP]. (2022, agosto). Plan de Desarrollo Metropolitano de Lima 2021-2040 (PLANMET 2040).

Instituto Metropolitano de Planificación [IMP]. (2022). Planos de zonificación de Lima Metropolitana y Ordenanza de aprobación - Planos actualizados con modificaciones aprobadas hasta julio de 2022. Municipalidad Metropolitana de Lima.

<https://portal.imp.gob.pe/normas-zonificacion-y-sistema-vial-metropolitano/planos-de-zonificacion/>

Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI]. (2017, abril). Compendio Estadístico Perú 2017.

Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI]. (2024, agosto). Informe Técnico: Producto Bruto Interno Trimestral, Segundo Trimestre 2024.

Congreso de la República del Perú (2007, 25 de septiembre). Ley N° 29090. Ley de Regulación de Habilitaciones Urbanas y de Edificaciones.

Congreso de la República del Perú (2009, 30 de marzo). Ley N° 29338. Ley de Recursos Hídricos.

Congreso de la República del Perú (2021, 23 de julio). Ley N° 31313. Ley del Desarrollo Urbano Sostenible – Ley DUS.

Más de la mitad de licencias de construcción en Lima no pasó por verificación técnica. (2025, 21 de octubre). Infobae. <https://www.infobae.com/peru/2025/10/21/mas-de-la-mitad-de-licencias-de-construccion-en-lima-no-paso-por-verificacion-tecnica/>

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento [MVCS]. (s.f.). Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE). <https://www.gob.pe/institucion/vivienda/informes-publicaciones/2309793-reglamento-nacional-de-edificaciones-rne>

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>

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento [MVCS]. (2023, enero). Plan Nacional de Saneamiento 2022-2026 (2a ed.).

- Municipalidad Metropolitana de Lima [MML]. (2015). Plan Metropolitano de Desarrollo Urbano Lima y Callao 2035 (PLAM 2035): Catálogo de Datos. Instituto Metropolitano de Planificación. <https://portal.imp.gob.pe/sim/catalogo-de-datos-plan-2035/>
- Municipalidad Metropolitana de Lima [MML]. (2023). Plan de Desarrollo Concertado Metropolitano de Lima 2023-2035.
- Naciones Unidas, Asamblea General. (2010). El derecho humano al agua y el saneamiento (A/RES/64/292).
- Naciones Unidas. (2022). Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2022. Departamento de Asuntos Económicos y Sociales.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO]. (2002). Agua y cultivos: Aprovechamiento integral de los recursos hídricos en la agricultura y la alimentación. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/c5269729-81e9-4383-aaf3-e1a134ab539f/content/y3918s.htm>
- Programa de Agua Segura para Lima y Callao [PASLC]. (s.f.). Proyecto Anexo 22 Pampa de Jicamarca - Huarochirí. <https://www.gob.pe/institucion/programa-agua-segura-para-lima-y-callao/noticias/563375-proyecto-anexo-22-pampa-de-jicamarca-huarochiri>
- Ministerio del Ambiente (2015). Resolución de Secretaría General N° 030-2015-MINAM. Aprueban la Modificación del Plan Anual de Contrataciones del Ministerio del Ambiente correspondiente al Ejercicio Fiscal 2015.
- Ministerio del Ambiente (2024, 11 de septiembre). Resolución Directoral N° 00704-2024-MINAM/VMGA/DGGRS. Aprueban la solicitud de la empresa ADMERO SOCIEDAD ANONIMA CERRADA.

Autoridad Nacional del Agua (2020, 1 de octubre). Resolución Jefatural N° 151-2020-ANA.

Aprueban el documento denominado "Glosario de Términos de la Ley N° 29338".

Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima [SEDAPAL]. (2015). Plan Maestro

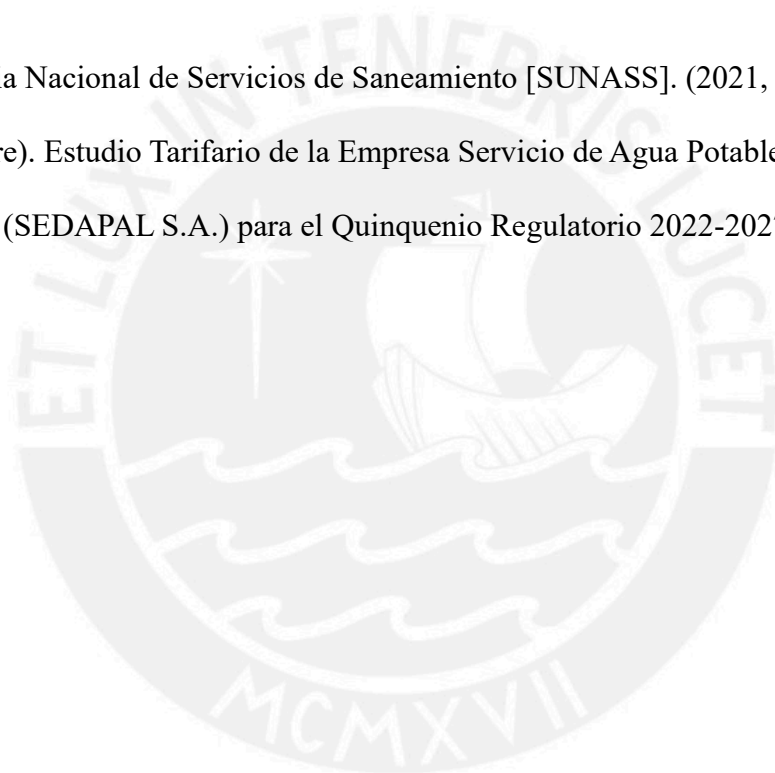
Optimizado 2015-2044. <https://www.gob.pe/institucion/sedapal/informes-publicaciones/3990965-plan-maestro-2015-2044>

Servicio de Parques de Lima [SERPAR]. (2023). Reporte de Seguimiento Anual del Plan

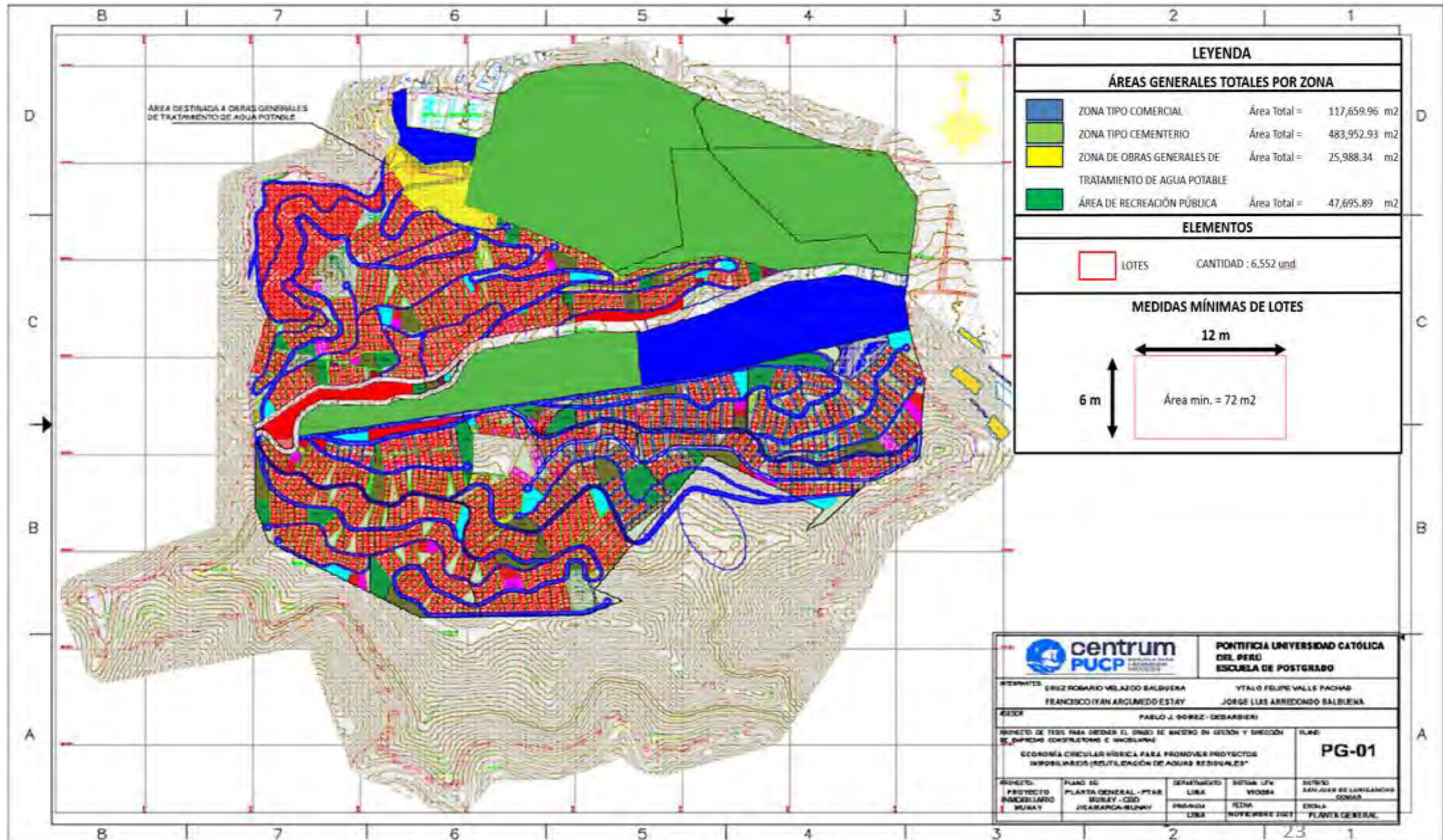
Operativo Institucional (POI) - 2022.

Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento [SUNASS]. (2021, 23 de

diciembre). Estudio Tarifario de la Empresa Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima (SEDAPAL S.A.) para el Quinquenio Regulatorio 2022-2027.



Apéndices
 Apéndice A: Plano General Proyecto Munay



Apéndice B: Rechazo de Factibilidad de Servicio de Agua Potable y Alcantarillado



Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima
Equipo Técnico Centro

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres"

"Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho"

Carta N° 703 - 2024 - ET-C

Lima, 18 de julio del 2024

Señor
Martín Valdeiglesias Monzón
Acres Sociedad Titulizadora S.A.
Av. Camino Real 1281 - Oficina 604
San Isidro

Asunto : Devolución de expediente de solicitud de factibilidad de servicios de agua potable y alcantarillado – Futura Habilitación Urbana Ciudad Munay - Terreno ubicado en Comunidad Campesina de Jicamarca - Quebrada de Canto Grande - San Juan de Lurigancho

Referencia : Carta s/n recibida el 19.06.2024 - Reg. 68282

Me dirijo a usted en atención al documento de la referencia, mediante el cual solicita factibilidad de servicios de agua potable y alcantarillado para los inmuebles de P.E. 14912553 de área 638 920,47 m², P.E. 11269804 de área 553 527,50 m² y P.E. 14912549 de área 700 691,60 m², en donde se pretende desarrollar la Habilitación Urbana Ciudad Munay en San Juan de Lurigancho.

Al respecto, le comunico que no es factible evaluar su pedido debido a que las obras del Esquema Anexo 22 Pampa Jicamarca Canto Grande, colindantes con su terreno, no están todavía bajo la administración de SEDAPAL; asimismo, como se le indicara en la reunión del 16.07.2024, es improbable que dicho esquema cuente con excedentes para cubrir el caudal requerido (205,52 lps en agua potable), y definitivamente, no es posible que nuestro sistema de alcantarillado pueda recibir siquiera parte de los 164,42 lps proyectados para la futura habilitación urbana Ciudad Munay, por encontrarse saturado.

Por estas razones, procedo nuevamente a la devolución de su expediente.

Atentamente,

Javier Pajares Rivera
Jefe Equipo Técnico Centro

C.C. GSC
JEP

Ing. Sanitario Proyectista: Marco Cerón Palomino, Móvil: 995061935, e-mail: mceron@tremasociados.com
Jesús Antonio Vivanco, Móvil: 941879305, e-mail: jvivanco@ds-inmobiliario.com
Jimena de la Haza Fuentes, Móvil: 980134946, e-mail: jdelahaza@ds-inmobiliario.com
Diego Quiroz Barnachea, Móvil: 941435875, e-mail: dquiroz@tremasociados.com
so - 970569893, e-mail: nyves@ds-inmobiliario.com

Firmado por:

PACHECO RAMOS
Júlio Ernesto FAU
20100152356 soft
Fecha: 2024.07.26
15:01:43



Ciudad La Alajuela: Autopista Ramiro Prada 210, El Agustino | **Central telefónica:** 317 3000 | **Aquafonos:** 317 8000
Vicios: **Comas:** Av. Víctor Andrés Belaúnde Oeste cdra. 5, El Retablo | **El Callao:** Av. General Chalaca 1133
Tingo María 600 | **San Juan de Lurigancho:** Av. Próceres de la Independencia 3105, Canto Grande
Ayllón 2309 | **Surquillo:** Av. Angamos Este 1450 | **Villa El Salvador:** Av. Separadora Industrial 300, primer sector



Firmado por:
PAJARES RIVERA
Javier Eduardo FAU
20100152356 soft
Fecha: 2024.07.26
16:55:50



Apéndice C: Parámetros de Diseño

Lotes (6x12m=72m2) 6552 und
 Ratio consumo 4.5 per x lote proy. 20 año 0.0100 lps
 Consumo promedio agua potable a 20 año **65.8 lps**

Area Comercial 117,660.00 m2
 al 50% 58,830.00
 Consumo de agua 6 l/dxm2
 Consumo de agua **4.09 lps**

Consumo
Agua potable 76.04 lps

Area Cementerio 483,953.00 m2
 al 50% 241,976.50
 Consumo de agua 2 l/dxm2
 Consumo de agua **5.60 lps**

Area Verdes 47,696.00 m2
 al 50% 23,848.00
 Consumo de agua 2 l/dxm2
 Consumo de agua **0.55 lps**

Resumen datos

Todas las etapas

Toma del BZ 112	100.0 lps	D = 500mm / Tirante = 16.3cm / S = 11.33 por mil / Q =120 lps	Tuberia PVC 300mm, SN4
Ingresa a PTAR	100.0 lps		
Sale de PTAR para bombeo	100.0 lps	D = 300mm / Tirante = 22cm / S = 7.7 por mil / Q =100 lps	
Bomba a R-Riego	100.0 lps		Tiempo de retencion (horas)
Caudal para Infiltracion	100.0 lps	Reservorio de Riego	2 720 720 m3
Perdida por Infiltracion	5% 5.0 lps	Tuberia HDPE 450mm, PN10- SDR 17/PE100	
Caudal ingreso a PTAP	95.0 lps	4 bombas + 1 St-by	35.3 lps c/bomba ADT (m) 199.3 145HP c/u
Rechazo por Osmosis inversa	20% 19.0 lps	CBD Vutil = 16.04 m3 (Camara Humeda, Hutil=2.5m , D=2.90)	
Caudal de agua para poblacion	76.0 lps		
Proyeccion de alcantarillado	80% 60.8 lps	Volumen de Reservorio de agua	1641.6 2500 m3 (Incl. Reserv: Tuberia PVC 250mm, SN4
		D = 250mm / Tirante =14.57 cm / S = 15 por mil / Q =60.8 lps	

Economia Circular

Toma del BZ 112 39.2 lps
 Proyeccion de alcantarillado 60.8 lps
 Total desague a tratar 100.0 lps
 Ingresa a PTAR 100.0 lps
 Sale de PTAR para bombeo 100.0 lps
 Bomba a R-Riego 100.0 lps
 Caudal para Infiltracion 100.0 lps
 Perdida por Infiltracion 5% 5.0 lps
 Caudal ingreso a PTAP 95.0 lps
 Rechazo por Osmosis inversa 20% 19.0 lps
 Caudal de agua para poblacion 76.0 lps

Velocidad de ventas		2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Techo Propio Etapa 1 vendido (un)	1638	150	890	598	0	0	0	0	0
Lote comercial Etapa 1 vendido (un)	98	25	57	16	0	0	0	0	0
Techo Propio Etapa 2 vendido (un)	1638	0	0	560	970	108	0	0	0
Lote comercial Etapa 2 vendido (un)	98	0	0	40	58	0	0	0	0
Techo Propio Etapa 3 vendido (un)	1638	0	0	0	120	930	588	0	0
Lote comercial Etapa 3 vendido (un)	98	0	0	0	10	60	28	0	0
Techo Propio Etapa 4 vendido (un)	1638	0	0	0	0	0	570	963	105
Lote comercial Etapa 4 vendido (un)	98	0	0	0	0	0	40	58	0
Techo Propio Total vendido (un)	6552	150	890	1158	1090	1038	1158	963	105
Lote comercial Total vendido (un)	392	25	57	56	68	60	68	58	0

Cash Flow (PEN)		Total	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Cajal Inicial		0	0	16,909,555	20,757,185	23,419,989	26,595,550	59,379,669	139,973,823	
Ingresos		769,028,700	7,667,500	86,972,502	129,782,354	117,903,887	131,721,364	134,819,464	118,216,779	41,944,851
Separacion techo propio	71,416,800	1,090,000	9,374,000	12,622,200	11,227,000	11,968,200	12,622,200	10,496,700	2,016,500	
Desembolso Bono	333,005,400	5,082,500	43,709,500	58,855,350	52,349,750	55,805,850	58,855,350	48,944,475	9,402,625	
Desembolso Saldo 1	65,520,000	300,000	7,700,000	11,580,000	9,600,000	11,680,000	11,580,000	9,600,000	3,480,000	
Desembolso Saldo 2	65,520,000	100,000	7,100,000	11,580,000	9,600,000	11,680,000	11,580,000	9,600,000	4,280,000	
Desembolso Saldo 3	98,280,000	0	9,600,000	17,250,000	14,520,000	17,520,000	17,145,000	14,625,000	7,620,000	
Desembolso Saldo 4	80,425,800	0	5,892,000	12,643,250	13,355,200	14,337,200	12,557,325	13,441,125	8,199,700	
Lote comercial vendido	21,462,000	1,095,000	3,175,500	3,011,250	3,558,750	3,449,250	3,723,000	3,285,000	164,250	
Ingreso p/servicios de agua potable y alcantarillado	33,398,700	0	421,502	2,240,304	3,693,187	5,280,864	6,756,589	8,224,479	6,781,776	
Egresos		-629,054,877	-110,967,380	-92,413,587	-88,554,805	-91,961,003	-73,555,802	-92,034,824	-70,587,393	-8,980,083
Terreno	-44,263,786	-44,263,786	0	0	0	0	0	0	0	
Precio Directo del Terreno	-42,976,108	-42,976,108	0	0	0	0	0	0	0	
Alcabala	-1,287,678	-1,287,678	0	0	0	0	0	0	0	
Costo Ejecucion Obras	-477,980,167	-52,635,695	-82,786,627	-75,140,183	-77,914,338	-58,512,118	-75,140,183	-54,437,788	-1,413,234	
Capex Factibilidad agua - alcantarillado PEN	-64,527,782	-15,486,668	-13,550,834	-9,679,167	-12,905,556	-3,226,389	-9,679,167	0	0	
Costo de Obra Habilitacion Urbana PEN	-43,071,920	-25,843,152	-17,228,768	0	0	0	0	0	0	
Costo de Obra Constructor PEN	-370,380,465	-11,305,875	-52,007,025	-65,461,016	-65,008,781	-55,285,729	-65,461,016	-54,437,788	-1,413,234	
Costo Indirecto	-61,211,466	-14,067,898	-6,553,854	-8,527,374	-8,026,631	-7,649,709	-8,527,374	-7,091,418	-773,208	
Diseños	-11,111,414	-11,111,414	0	0	0	0	0	0	0	
Permisos	-1,851,902	-1,851,902	0	0	0	0	0	0	0	
Supervision	-9,259,512	-211,985	-1,257,779	-1,636,525	-1,540,425	-1,466,937	-1,636,525	-1,360,945	-148,390	
Seguros	-3,570,840	-81,750	-485,050	-631,110	-594,050	-565,710	-631,110	-524,835	-57,225	
Marketing	-3,570,840	-81,750	-485,050	-631,110	-594,050	-565,710	-631,110	-524,835	-57,225	
Postventa	-1,851,902	-42,397	-251,556	-327,305	-308,085	-293,387	-327,305	-272,189	-29,678	
Gastos notariales e independizaciones	-1,428,336	-32,700	-194,020	-252,444	-237,620	-226,284	-252,444	-209,934	-22,890	
Gerenciamiento	-17,854,200	-408,750	-2,425,250	-3,155,550	-2,970,250	-2,828,550	-3,155,550	-2,624,175	-286,125	
Gasto de ventas	-3,570,840	-81,750	-485,050	-631,110	-594,050	-565,710	-631,110	-524,835	-57,225	
Gasto Financiero	-7,141,680	-163,500	-970,100	-1,262,220	-1,188,100	-1,131,420	-1,262,220	-1,049,670	-114,450	
Opex	-45,599,457	0	-3,073,105	-4,887,247	-6,020,035	-7,399,976	-8,367,266	-9,058,188	-6,793,641	
Opex Factibilidad agua - alcantarillado PEN	-45,599,457	0	-3,073,105	-4,887,247	-6,020,035	-7,399,976	-8,367,266	-9,058,188	-6,793,641	
Devolución de Aportes	-125,650,520	0	0	-37,400,000	-23,260,000	-54,990,000	-10,000,520	0	0	
Devolución_Aporte	-125,650,520	0	0	-37,400,000	-23,260,000	-54,990,000	-10,000,520	0	0	
Aportes	125,650,520	103,299,880	22,350,640	0	0	0	0	0	0	
Aporte Terreno	44,263,786	44,263,786	0	0	0	0	0	0	0	
Aporte Diseños	11,111,414	11,111,414	0	0	0	0	0	0	0	
Aporte Indirectos	4,797,455	2,956,485	1,840,970	0	0	0	0	0	0	
Aporte Capex Factibilidad agua - alcantarillado	22,584,724	15,486,668	7,098,056	0	0	0	0	0	0	
Aporte Habilitacion Urbana	39,038,485	25,626,871	13,411,614	0	0	0	0	0	0	
Aporte Construccion	3,854,656	3,854,656	0	0	0	0	0	0	0	
Flujo del Periodo	139,973,823	0	16,909,555	3,827,549	2,682,884	3,175,561	32,784,120	47,629,386	32,964,768	
Saldo de Caja Final	139,973,823	0	16,909,555	20,737,105	23,419,989	26,595,550	59,379,669	107,009,055	139,973,823	

WACC anual (Proyecto)	12.00%
Tasa mensual Proyecto	0.95%

	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Ingresos	7,667,500	86,972,502	129,782,354	117,903,887	131,721,364	134,819,464	118,216,779	41,944,851
Egresos	-110,967,380	-92,413,587	-88,554,805	-91,961,003	-73,555,802	-92,034,824	-70,587,393	-8,980,083
Aportes	103,299,880	22,350,640	0	0	0	0	0	0
Devoluciones de aportes	0	0	-37,400,000	-23,260,000	-54,990,000	-10,000,520	0	0
Distribuciones	0	16,909,555	3,827,549	2,682,884	3,175,561	32,784,120	47,629,386	32,964,768
Flujo Proyecto	-103,299,880	-5,441,085	41,227,549	25,942,884	58,165,561	42,784,640	47,629,386	32,964,768

VAN Proyecto (VNA mensual)	S/ 38,396,377.99
TIR Proyecto anual eq.	20.46%

Velocidad de ventas		2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Techo Propio Total vendido (un)	6552	150	890	1158	1090	1038	1158	963	105
Lote comercial Total vendido (un)	392	25	57	56	68	60	68	58	0

Cash Flow (PEN)	Total	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Caja Inicial		0	0	16,909,555	20,737,105	23,419,989	26,595,550	59,379,669	139,973,823
Ingresos	769,028,700	7,667,500	86,972,502	129,782,354	117,903,887	131,721,364	134,819,464	118,216,779	41,944,851
Egresos	-629,054,877	-110,967,380	-92,413,587	-88,554,805	-91,961,003	-73,555,802	-92,034,824	-70,587,393	-8,980,083
Terreno	-44,263,786	-44,263,786	0	0	0	0	0	0	0
Costo Ejecucion Obras	-477,980,167	-52,635,695	-82,786,627	-75,140,183	-77,914,338	-58,512,118	-75,140,183	-54,437,788	-1,413,234
Costo_Indirecto	-61,211,466	-14,067,898	-6,553,854	-8,527,374	-8,026,631	-7,643,709	-8,527,374	-7,091,418	-773,208
Opex	-45,599,457	0	-3,073,105	-4,887,247	-6,020,035	-7,399,976	-8,367,266	-9,058,188	-6,793,641
Opex Factibilidad agua - alcantarillado PEN	-45,599,457	0	-3,073,105	-4,887,247	-6,020,035	-7,399,976	-8,367,266	-9,058,188	-6,793,641
Devolución de Aportes	-125,650,520	0	0	-37,400,000	-23,260,000	-54,990,000	-10,000,520	0	0
Aportes	125,650,520	103,299,880	22,350,640	0	0	0	0	0	0
Flujo del Periodo	139,973,823	0	16,909,555	3,827,549	2,682,884	3,175,561	32,784,120	47,629,386	32,964,768
Saldo de Caja Final	139,973,823	0	16,909,555	20,737,105	23,419,989	26,595,550	59,379,669	107,009,055	139,973,823

WACC anual (Proyecto)	12.00%
Tasa mensual Proyecto	0.95%

	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Ingresos	7,667,500	86,972,502	129,782,354	117,903,887	131,721,364	134,819,464	118,216,779	41,944,851
Egresos	-110,967,380	-92,413,587	-88,554,805	-91,961,003	-73,555,802	-92,034,824	-70,587,393	-8,980,083
Aportes	103,299,880	22,350,640	0	0	0	0	0	0
Devoluciones de aportes	0	0	-37,400,000	-23,260,000	-54,990,000	-10,000,520	0	0
Distribuciones	0	16,909,555	3,827,549	2,682,884	3,175,561	32,784,120	47,629,386	32,964,768
Flujo Proyecto	-103,299,880	-5,441,085	41,227,549	25,942,884	58,165,561	42,784,640	47,629,386	32,964,768

VAN Proyecto (VNA mensual)	S/ 38,396,377.99
TIR Proyecto anual eq.	20.46%

Apéndice E: Definición de Tarifas a los Usuarios

Estimaciones de Residuos solidos

Eliminacion Residuos	Cantidad Semanal (M3)	Cantidad Mensual (Ton)	Costo unitario por viaje	Costo Total	Disposicion
Lodos 25%	16.00	64.00	1,800.00	3,600.00	9,600.00
Solidos gruesos de PTAR	1.00	4.00	1,400.00	200.00	600.00
Solidos gruesos de PTAP	1.00	4.00	1,400.00	200.00	600.00
Arena	1.00	4.00	1,400.00	200.00	600.00
Grasas	1.00	4.00	1,400.00	200.00	600.00
				4,400.00	12,000.00
					16,400.00

Estimaciones de la Mano de Obra para la Operación y Mantenimiento

Mano de OBRA	Cantidad	Turnos	P.U.		
Jefe de Planta	1	1	10,570.00		10,570.00
Operadores	3	2	6,040.00		36,240.00
Laboratorista	1	2	7,550.00		15,100.00
Administracion	1	1	6,040.00		6,040.00
Servicios Generales	1	1	4,530.00		4,530.00
					72,480.00

Estimacion del Consumo de Energía

Energía	Potencia instalada	
PTAR	110	Kw
PTAP	280	Kw
	390	Kw
Maxima demanda	312	Kw
	224,640.00	Kw-hr x mes
	0.52	Soles x Kw-hr
Consumo energetico x mes	116,812.80	Soles x mes

ENTRADA EN OPERACIÓN

		35%	25%	20%	20%	
		64,527,781.50	22,584,723.53	16,131,945.38	12,905,556.30	12,905,556.30
	%					
		Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3	Etapa 4	
TOTAL	Mantenimiento / Consumibles	0.83%	188,206.03	134,432.88	107,546.30	107,546.30
	Energía		40,884.48	29,203.20	23,362.56	23,362.56
	Mano de Obra		72,480.00	3,624.00	3,805.20	3,895.46
	Eliminacion de Residuos		5,740.00	4,100.00	3,280.00	3,280.00
	Parcial (S/)		307,310.51	171,360.08	137,994.06	138,184.32
	Acumulado (S/)		307,310.51	478,670.59	616,664.65	754,848.97
		45.55%	35%	25%	20%	20%
		29,391,350.03	10,286,972.51	7,347,837.51	5,878,270.01	5,878,270.01
	%					
		Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3	Etapa 4	
AGUA POTABLE	Mantenimiento / Consumibles	0.83%	85,724.77	61,231.98	48,985.58	48,985.58
	Energía		18,622.21	13,301.58	10,641.26	10,641.26
	Mano de Obra		33,013.46	1,650.67	1,733.21	1,819.87
	Eliminacion de Residuos		280.00	200.00	160.00	160.00
		Soles x mes	137,640.44	76,384.23	61,520.05	61,606.71
		Soles x mes	137,640.44	214,024.67	275,544.73	337,151.44
		m3 x mes	68,947.20	49,248.00	39,398.40	39,398.40
		Soles / m3	2.00	1.55	1.56	1.56
		54.45%	35%	25%	20%	20%
		35,136,431.47	12,297,751.02	8,784,107.87	7,027,286.29	7,027,286.29
	%					
		Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3	Etapa 4	
ALCANTARILLADO	Mantenimiento / Consumibles	0.83%	102,481.26	73,200.90	58,560.72	58,560.72
	Energía		22,262.27	15,901.62	12,721.30	12,721.30
	Mano de Obra		39,466.54	1,973.33	2,071.99	2,175.59
	Eliminacion de Residuos		5,460.00	3,900.00	3,120.00	3,120.00
		Soles x mes	169,670.07	94,975.85	76,474.01	76,577.61
		Soles x mes	169,670.07	264,645.92	341,119.92	417,697.53
		m3 x mes	90,720.00	64,800.00	51,840.00	51,840.00
		Soles / m3	1.87	1.47	1.48	1.48
						196,992.00
						1.71
						259,200.00
						1.61
						3.32

Ingresos por Consumo y servicios

	Cantidad	unidades	P.U.
6552 Consumo lote familiar	20.53	m3/mes x lote	X
392 Consumo lote comercial	30	m3/mes x lote	3X

Calculo de precio por lote familiar	4.45	Soles x mes / m3
Calculo de precio por lote comercial	13.34	Soles x mes / m3
Calculo de precio por lote familiar	91.27	Soles x mes
Calculo de precio por lote comercial	400.11	Soles x mes

Apéndice F: Cotización de Disposición Final de Lodos



ADMERO
INGENIERIA Y SERVICIOS



TU ALIADO EN LA
GESTIÓN DE
RESIDUOS



COT:0133-001/2025

**ADMERO**
INGENIERIA Y SERVICIOS

Lima, 07 /11/2025

PROPUESTA TÉCNICA - ECONÓMICASeñores: **GRUPO N° 02 TESIS DMI**

Atención: Ing. Katty Encarnacion

Referencia: Cotización "Servicio de recojo, transporte disposición final de residuos peligrosos y no peligrosos"

De nuestra consideración:

Nos es grato poner a su consideración la presente propuesta, elaborada en atención al requerimiento de servicios ambientales detallados en la referencia, generados en el marco de la obra "PROYECTO MUNAY "

Resumen Ejecutivo

ADMERO SAC es una empresa autorizada por el MINAM, con Registro Autoritativo EO-RS-0103-19-120810, que cuenta con más de ocho años de experiencia brindando soluciones ambientales de alta calidad. Actualmente, nos encontramos en un proceso continuo de expansión en el mercado peruano, respaldados por un equipo multidisciplinario altamente capacitado, infraestructura moderna y el firme compromiso con la mejora continua.

Nuestro enfoque se basa en la sostenibilidad, la seguridad operativa y el cumplimiento normativo. El servicio propuesto será ejecutado por personal calificado y equipos especializados, garantizando eficiencia operativa, trazabilidad y responsabilidad ambiental.

A continuación, le presentamos los detalles de nuestra propuesta.



915 336 327

cotizaciones@admero.com.pe



DESCRIPCION DEL SERVICIO OFERTADO

Servicio de recolección, transporte, tratamiento y disposición final de residuos no peligrosos generados semanalmente, conforme al detalle siguiente.

N°	TIPO DE RESIDUO	CANTIDAD ESTIMADA	OBSERVACIONES
1	Lodos con 25% de sólidos suspendidos	16 m ³ /semana	Manejo con Volquete
2	Sólidos gruesos	1 m ³ /semana	Manejo con Volquete
3	Arena	1 m ³ /semana	Manejo con Volquete
4	Grasas	1 tonelada/semana	Manejo con Volquete

GESTIÓN OPERATIVA

❖ Equipo Móvil:

- 01 volquete con capacidad de 29 Toneladas





❖ Recursos Humanos

Asignados:

- 01 jefe de operaciones externo
- 01 conductor de volquete
- 01 auxiliar de residuos

 915 336 327

 cotizaciones@admero.com.pe

 luis.vivas@admero.com.pe






PROPUESTA ECONÓMICA


Item	Conceptos	Semana	Mes	Costo U por viaje	Costo Total	Disposición
		m3	Ton	S/	S/	S/
1	Lodos	16	64	S/ 1,800.00	S/ 3,600.00	S/ 9,600.00
2	Sólidos gruesos de PTAR	1	4	S/ 1,400.00	S/ 200.00	S/ 600.00
3	Sólidos gruesos de PTAP	1	4	S/ 1,400.00	S/ 200.00	S/ 600.00
4	Arena	1	4	S/ 1,400.00	S/ 200.00	S/ 600.00
5	Grasas		4	S/ 1,400.00	S/ 200.00	S/ 600.00
				Subtotal	S/ 4,400.00	S/ 12,000.00
				Total	S/ 16,400.00	


Precios no incluyen el IGV 18%

Consideraciones importantes para el servicio:

- ✓ Los residuos deberán que estar correctamente segregados de acuerdo a la NTP 900.058.2019
- ✓ El servicio incluye recojo, transporte y disposición final de los residuos sólidos.
- ✓ El cliente deberá brindar las facilidades de acceso necesarias para el ingreso del personal operativo y las unidades móviles.
- ✓ Contamos con Registro Autoritativo como Empresa Operadora de Residuos Sólidos EO-RS- 0103-19-120810, otorgado por el MINAM.
- ✓ Licencia de funcionamiento vigente.
- ✓ SCTR de riesgo de salud y pensiones para todo nuestro personal.
- ✓ Póliza de seguros de responsabilidad civil y contra terceros, garantizando la cobertura ante cualquier eventualidad operativa.

 915 336 327

 cotizaciones@admero.com.pe

 luis.vivas@admero.com.pe





ADMERO
INGENIERIA Y SERVICIOS

Entregables:

- ✓ Informe del servicio
- ✓ Guía de trasportista
- ✓ Copia de ticket de pesaje de relleno sanitario
- ✓ Constancia de servicios ejecutado.

Condiciones Comerciales:

- | | |
|--------------------------|--|
| ✓ Orden de Servicio | : A nombre de ADMERO SAC; RUC 20600144961 |
| ✓ Forma de pago | : Crédito a 30 días. |
| ✓ Tiempo de entrega | : Previa coordinación con el cliente. |
| ✓ Validez de la oferta | : 7 días calendarios |
| ✓ Moneda | : Soles. |
| ✓ Cuenta corriente | : BBVA SOLES 0011-0750-0100020945-70 /
CCI: BBVA SOLES 011- 750-000100020945-70 |
| ✓ Cuenta de detracciones | : Banco de Nación 0000-3156-532 |

Confiamos en que esta propuesta sea de su interés. Para cualquier consulta o información adicional, quedamos a su disposición.

Atentamente,
Ing. Luis Ángel Vivas Melo
Jefe operaciones
ADMERO S.A.C

Agradecemos su atención y quedamos atentos a su confirmación.



915 336 327



cotizaciones@admero.com.pe

luis.vivas@admero.com.pe



Apéndice G: Cotización de Solución Técnica para el Rechazo de la Osmosis Inversa



Propuesta Económica

Suministro de equipo de Complementario para la PTAP Munay



Preparado para:

GRUPO N 02 TESIS MDI

Lima, 22 de Octubre del 2025



Tecnología de Fluidos S.A.C.
Calle. Los Talladores Nro. 179 Urb. Industrial del Artesano - Ate – Lima.

Lima, 03 de Noviembre del 2025

GRUPO N 02 TESIS MDI

Nombre Proyecto : Suministro de Equipos complementario para la PTAP MUNAY

Estimado Francisco:

Agradecemos su consulta por servicios ofrecidos por nuestra representada y de acuerdo a lo solicitado, nos es grato presentarle nuestra propuesta por el suministro de equipos para uso en tratamiento, basado en la sólida experiencia de nuestra representada en el tratamiento de aguas para uso industrial en sistemas de intercambio iónico, adsorción por carbón activado, medios filtrantes, osmosis inversa, torres de enfriamiento, calderas y efluentes municipales e industriales.

Nuestra representada, así como sus socios comerciales, conforman un equipo de especialistas regionales y europeos en todo lo concerniente al tratamiento de las aguas, aplicando el desarrollo de los productos de última generación bajo el concepto de Water Controlling & Management.

Es el compromiso del grupo empresarial, una permanente actualización y una constante preocupación por mejorar los estándares de calidad en sus prestaciones, de manera de lograr la mejor relación costo beneficio para nuestros clientes.

Quedamos a su disposición para colaborar con Ustedes y su Empresa. En lo que considere necesario, consúltenos.

Esperando su amable respuesta me despido.

Atte,

Ing. Augusto Arenas
Director de Proyectos
Celular: 939126076

Tecflusac
<https://tecflusac.com/>



1 Descripción del suministro

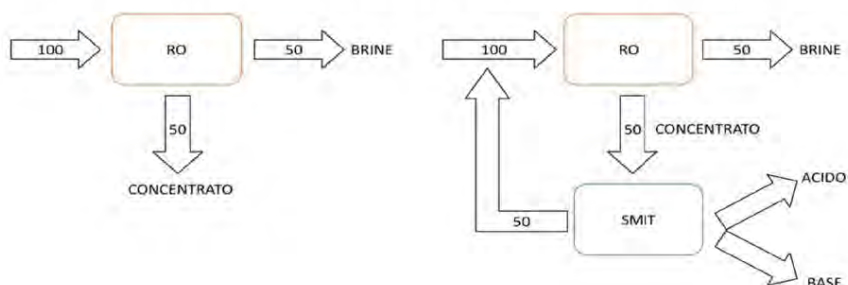
Equipo para cristalización y evaporación del rechazo de la planta de osmosis inversa del proyecto MUNAY

La tecnología permite la recuperación y valorización económica de aguas con concentraciones de cloruros con concentraciones entre 85.000 y 1000 ppm, que provienen del tratamiento de aguas marinas, aguas salobres, residuos industriales o residuos mineros.

Consiste en un dispositivo capaz de tratar una amplia gama de aguas residuales contaminantes, desde el tratamiento de agua de mar, agua salobre, residuos industriales, residuos mineros y muchos otros residuos.

Permite extraer sales de cloro disueltas en solución acuosa, con la producción simultánea de una solución salina de baja concentración reutilizable en el proceso y dos compuestos químicos, un ácido y una base, ampliamente utilizados en los diversos procesos de producción industrial.

Es particularmente ventajoso utilizar la tecnología SMIT para el tratamiento de la salmuera generada en el proceso de ósmosis inversa, evitando su disposición.



compuestos químicos, un ácido y una base, ampliamente utilizados en los diversos procesos de producción industrial.

Los precios ofertados son del tipo BUDGET y deberán ser revisados después de hacer la ingeniería respectiva, la oferta es solo por el equipamiento e instalación y no incluye ningún tipo de obra civil, interconexiones de piping hacia y desde las plantas, acometidas eléctricas, igualmente no se esta ofertando la ingeniería necesaria para definir los costos totales de la planta.



2 Oferta Económica

2.1 SUMINISTRO DE EQUIPO

Item	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (US\$)	Precio Total (US\$)
1	Sistema para cristalización y evaporación de rechazo de Planta de RO para 76 lps según oferta anterior.	1	und	503,000.00	503,000.00

No incluye el IGV, a este valor se le debe sumar ese valor
Validez de la Oferta: 15 días.

2.2 PLAZO Y FORMA DE ENTREGA

Tiempo de entrega : 24 - 26 semanas
Lugar de entrega : Almacenes del Cliente en Lima

El plazo comienza una vez sea recibida la Orden de Compra y Pago de Anticipo.
Descarga de Materiales en terreno por cargo del cliente.

2.3 FORMA DE PAGO

50% con la O/C, 50% con la entrega del producto (factura a 30 días).

- Razón social : TECNOLOGÍA DE FLUIDOS S.A.C.
- RUC : 20511128146

Número de Cuenta	Cuenta Corriente Moneda Nacional	Cuenta Corriente Moneda Extranjera
➤ Banco Continental BBVA	0011-0106-0100018566-28	0011-0106-0100018574-22
CCI Código Interbancario	011-106-000100018566-28	011-106-000100018574-22
➤ Banco de Crédito - BCP	193-1952165-0-37	193-1951515-1-81
CCI Código Interbancario	002-193-001952165037-14	002-193-001951515181-19
➤ Banco Scotiabank	000-2972026	000-4863537
CCI Código Interbancario	009-088-000002972026-65	009-056-00000486353739

En el caso que la empresa este afecta a detracción indicar:

N° Cuenta del Banco de la Nación: 00-066-017486

Apéndice H: Demanda Total de agua por dotación

**DEMANDA TOTAL DE AGUA POR DOTACION
MUNAY-JICAMARCA**

Año 2024 :

Población: 29484

Tasa crecimiento:
Numero de lotes
Densidad poblacional

1.20% (INE)
6552 lotes
4.5 hab/lote
29484

Nº	Año	Población (Hab.)
Base	2024	29484
0	2025	29838
1	2026	30196
2	2027	30558
3	2028	30925
4	2029	31296
5	2030	31672
6	2031	32052
7	2032	32436
8	2033	32825
9	2034	33219
10	2035	33618
11	2036	34021
12	2037	34430
13	2038	34843
14	2039	35261
15	2040	35684
16	2041	36112
17	2042	36546
18	2043	36984
19	2044	37428
20	2045	37877

DEMANDA TOTAL DE AGUA POR DOTACION (MUNAY)

26.38 m3/mes x lote

AÑO	POBLACION TOTAL	COBERTURA (%)		POBLACION SERVIDA CON CONEXION (hab)	VIVIENDAS SERVIDAS CON CONEXION (unidades)	DOTACION AGUA (Litros/Habxdia)	DEMANDA AGUA			HORAS DE BOMBEO	VOLUMEN DE ALMACENAMIENTO (reservorio) (m3)				QP (lps)
		CONEX.	OTROS MEDIOS (*)				(Litros/día)	(m3/año)	(m3/mes)		VOL. REGUL	VOL. RESER.	VOL. C.I.	VOL. TOTAL	
BASE	29,484	100.0%	0.0%	29,484	6,552	150	4,422,600	1,614,249	134,521	18	1,474	402	100	1,977	51.2
0	29,838	100.0%	0.0%	29,838	6,552	150	4,475,700	1,633,631	136,136	18	1,492	407	100	1,999	51.8
1	30,196	100.0%	0.0%	30,196	6,552	150	4,529,400	1,653,231	137,769	18	1,510	412	100	2,022	52.4
2	30,558	100.0%	0.0%	30,558	6,552	150	4,583,700	1,673,051	139,421	18	1,528	417	100	2,045	53.1
3	30,925	100.0%	0.0%	30,925	6,552	150	4,638,750	1,693,144	141,095	18	1,546	422	100	2,068	53.7
4	31,296	100.0%	0.0%	31,296	6,552	150	4,694,400	1,713,456	142,788	18	1,565	427	100	2,092	54.3
5	31,672	100.0%	0.0%	31,672	6,552	150	4,750,800	1,734,042	144,504	18	1,584	432	100	2,116	55.0
6	32,052	100.0%	0.0%	32,052	6,552	150	4,807,800	1,754,847	146,237	18	1,603	438	100	2,140	55.6
7	32,436	100.0%	0.0%	32,436	6,552	150	4,865,400	1,775,871	147,989	18	1,622	443	100	2,165	56.3
8	32,825	100.0%	0.0%	32,825	6,552	150	4,923,750	1,797,169	149,764	18	1,641	448	100	2,189	57.0
9	33,219	100.0%	0.0%	33,219	6,552	150	4,982,850	1,818,740	151,562	18	1,661	453	100	2,214	57.7
10	33,618	100.0%	0.0%	33,618	6,552	150	5,042,700	1,840,586	153,382	18	1,681	459	100	2,240	58.4
11	34,021	100.0%	0.0%	34,021	6,552	150	5,103,150	1,862,650	155,221	18	1,701	464	100	2,265	59.1
12	34,430	100.0%	0.0%	34,430	6,552	150	5,164,500	1,885,043	157,087	18	1,722	470	100	2,291	59.8
13	34,843	100.0%	0.0%	34,843	6,552	150	5,226,450	1,907,654	158,971	18	1,742	476	100	2,318	60.5
14	35,261	100.0%	0.0%	35,261	6,552	150	5,289,150	1,930,540	160,878	18	1,763	481	100	2,344	61.2
15	35,684	100.0%	0.0%	35,684	6,552	150	5,352,600	1,953,699	162,808	18	1,784	487	100	2,371	62.0
16	36,112	100.0%	0.0%	36,112	6,552	150	5,416,800	1,977,132	164,761	18	1,806	493	100	2,399	62.7
17	36,546	100.0%	0.0%	36,546	6,552	150	5,481,900	2,000,894	166,741	18	1,827	499	100	2,426	63.4
18	36,984	100.0%	0.0%	36,984	6,552	150	5,547,600	2,024,874	168,740	18	1,849	505	100	2,454	64.2
19	37,428	100.0%	0.0%	37,428	6,552	150	5,614,200	2,049,183	170,765	18	1,871	511	100	2,482	65.0
20	37,877	100.0%	0.0%	37,877	6,552	150	5,681,550	2,073,766	172,814	18	1,894	517	100	2,511	65.8

Apéndice I: Cálculos Hidráulicos de Aforo Buzón 112 y Conducción a PTAR


AFORO Bz-112

(H-CANALES)

Lugar:	MUNAY - JICAMARCA	Proyecto:	<input type="text"/>
Tramo:	AFORO BZ-112	Revestimiento:	<input type="text"/>

Datos:

Tirante (y):	0.163	m
Diámetro (d):	0.50	m
Rugosidad (n):	0.010	
Pendiente (S):	0.01133	m/m



Resultados:

Caudal (Q):	0.1201	m ³ /s	Velocidad (v):	2.1605	m/s
Área hidráulica (A):	0.0556	m ²	Perímetro mojado (p):	0.6077	m
Radio hidráulico (R):	0.0914	m	Espejo de agua (T):	0.4687	m
Número de Froude (F):	2.0034		Energía específica (E):	0.4009	m·Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico				


COLECTOR Bz-112 a PTAR

(H-CANALES)

Lugar:	MUNAY - JICAMARCA	Proyecto:	<input type="text"/>
Tramo:	BZ112 - PTAR	Revestimiento:	<input type="text"/>

Datos:

Caudal (Q):	0.100	m ³ /s
Diámetro (d):	0.300	m
Rugosidad (n):	0.010	
Pendiente (S):	0.01133	m/m



Resultados:

Tirante normal (y):	0.1934	m	Perímetro mojado (p):	0.5592	m
Área hidráulica (A):	0.0482	m ²	Radio hidráulico (R):	0.0861	m
Espejo de agua (T):	0.2872	m	Velocidad (v):	2.0760	m/s
Número de Froude (F):	1.6185		Energía específica (E):	0.4130	m·Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico				

Apéndice J: PTAR Munay – MBBR

Proyecto Munay – Predimensionamiento de la PTAR tipo MBBR

El predimensionamiento de un sistema de Lodos Activados tipo MBBR (Moving Bed Biofilm Reactor) se basa en el cálculo de parámetros clave. A continuación, se presenta dicho predimensionamiento considerando el caudal estimado y concentraciones típicas para aguas residuales domésticas.

Datos de entrada

Parámetro	Símbolo	Valor	Unidad
Caudal	Q	100	L/s
DBO (Entrada)	DBO _{afuente}	250	mg/L
DQO (Entrada)	DQO _{afuente}	400	mg/L
SST (Entrada)	SST _{afuente}	150	mg/L

Cálculo del Caudal Diario (Q_d):

$$Q_d = 100 \text{ L/s} \times 86400 \text{ s/día} \times (1\text{m}^3/1000\text{L}) = 8,640 \text{ m}^3/\text{día}$$

Carga de DBO Diaria (L_{DBO}):

$$L_{DBO} = Q_d \times \text{DBO}_{\text{afuente}} = 8640 \text{ m}^3/\text{día} \times 250 \text{ g/m}^3 = 2'160,000 \text{ g/día} = 2,160 \text{ kg DBO/día}$$

1. Dimensionamiento del Reactor MBBR

El dimensionamiento se basa en la Tasa de Carga Superficial (SALR) del medio de relleno, un parámetro clave en el diseño de MBBR.

Parámetros de Diseño Asumidos (Típicos para eliminación de DBO):

- **Tasa de Carga Superficial (SALR):** 10 g DBO/m³.día (para un MBBR de eliminación de carbono estándar)
- **Área Superficial Específica Efectiva (A_e):** 500 m²/m³ (valor típico para "carriers" o portadores de biomasa)
- **Fracción de Llenado (F_i):** 60% (0.6)

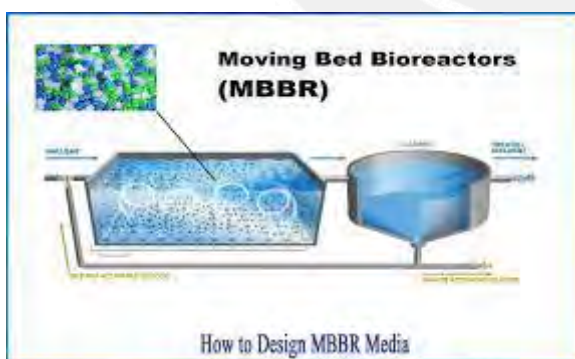
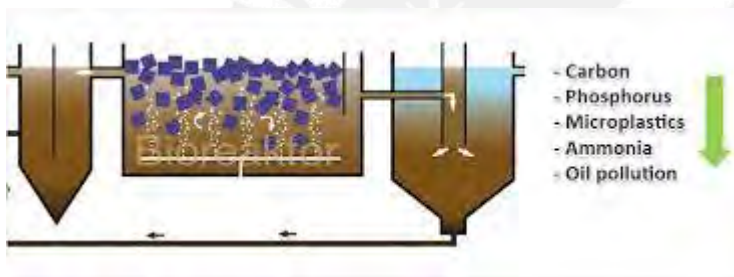
Área Superficial Requerida (A_r):

$$A_r = \frac{L_{DBO} \times 1000 \frac{\text{g}}{\text{kg}}}{\text{SALR}} = \frac{2'160,000 \text{ g DBO/día}}{10 \frac{\text{g DBO}}{\text{m}^2 \cdot \text{día}}} = 216,000 \text{ m}^2$$

El área superficial requerida (A_T) se refiere a la superficie que se requiere para el soporte de la biomasa (bacterias) dentro del reactor.



En la figura es la sumatoria de las áreas internas y externas de estos “carriers” donde crecerán las bacterias en el reactor. Los “carriers” van dentro del reactor biológico (ver figuras referenciales)



Volumen Total del Reactor MBBR (V):

$$V = \frac{A_T}{A_e \times F_f} = \frac{216,000 \text{ m}^2}{\left(500 \frac{\text{m}^2}{\text{m}^3}\right) \times 0.60} = 720 \text{ m}^3$$

Tiempo de Retención Hidráulica (TRH):

$$TRH = \frac{V}{Q_d} = \frac{720 \text{ m}^3}{8,640 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}} \approx 0.0833 \text{ días} \approx 2 \text{ horas}$$

1. Producción de Lodos en Exceso

La producción de lodos se calcula a partir de la DBO removida, utilizando un coeficiente de rendimiento (Y) ajustado para MBBR.

Parámetros Asumidos:

- Eficiencia de Remoción de DBO (E): 88% (Para una DBO_{efluente} objetivo de 30 mg/L)
- Coeficiente de Producción de Biomasa (Y): 0.3 kg SST/kg DBO (Valor típico bajo para MBBR debido a la biomasa fija en los "carriers")

Carga de DBO Removida (L_{DBO,rem}):

$$L_{DBO,rem} = L_{DBO} \times E = 2,160 \text{ kg} \frac{DBO}{\text{día}} \times 0.88 = 1,900.8 \text{ kg DBO/día}$$

Producción Diaria de Lodos en Exceso (P_{lodo}):

$$P_{lodo} = Y \times L_{DBO,rem}$$

$$P_{lodo} = 0.3 \frac{\text{kg SST}}{\text{kg DBO}} \times 1,900.8 \frac{\text{kg DBO}}{\text{día}} \approx 570.24 \text{ kg SST/día}$$

2. Reducción del volumen de lodo

El volumen de lodo se reduce drásticamente al pasar del estado "estabilizado" (generalmente espeso/digerido) al "deshidratado" (torta).

Masa de Sólidos Totales (ST):

La masa de ST es constante en el proceso de deshidratación:

Masa de ST = 570.24 kg / día

Volumen de Lodo Estabilizado (Lodo a Deshidratar): Asumiremos que el lodo estabilizado (post-digestión) tiene un 4% de **Sólidos Totales (ST)** Concentración de ST (Estabilizado): C_{est} = 4% = 40 kg/m³

$$V_{estabilizado} = \frac{\text{Masas de ST}}{C_{est}} = \frac{570.24 \text{ kg/día}}{40 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 14.256 \text{ m}^3/\text{día}$$

Este volumen estimado debe ser modelado a una geometría de un tanque rectangular o varios tanques rectangulares si consideramos un crecimiento modular.

Por ejemplo, si fueran dos módulos, el volumen unitario sería de 360 m³ si consideramos una altura de 3 metros, el área de cada unidad sería de 120 m², para una relación de Longitud: Ancho (L:W) = 3, el área sería L x W = 3 W x W = 120, es decir se obtiene W = 6.32 m y L = 18.97 m. En la práctica se asumiría un ancho de 6.5 m x longitud 19 m

El área útil del reactor sería de 585 m², pero se debe agregar el área del pretratamiento unos 317 m² + Tanque homogeneizador 717m² + el área de los sedimentadores o clarificadores 723 m² + Cisterna 420m² + el área de deshidratación de lodos 420 m² + Cámara de contacto de cloro 484 m², con lo que el área total útil sería de 3,666 m². Pero se debe considerar área de muros, áreas de accesos internos, área de circulación de vehículos, área de oficinas y laboratorio de control de procesos, caseta de vigilancia, área verde, muros, etc. Por lo que el área total requerida se estima en 5,000 m².

Volumen de Lodo Deshidratado (Torta): El lodo deshidratado tiene un **25% de Sólidos Totales (ST)**. *Concentración de {ST} (Deshidratado):* C_{desh} = 25\% = 250 kg/m³

$$V_{deshidratado} = \frac{\text{Masa de ST}}{C_{desh}} = \frac{570.24 \frac{\text{kg}}{\text{día}}}{250 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} \approx 2.28 \text{ m}^3 / \text{día}$$

Esta torta de lodos se puede manejar en forma diaria o almacenar en un contenedor de 10 m³ y retirarlos contratando a una EO-RS (empresa operadora de residuos sólidos registrada en el MINAM como señala norma, para su recojo cada 4 días).

Sin embargo, en el marco de la economía circular se podría considerar una deshidratación adicional (secado solar) para deshidratarlos a 80% de sólidos y venderlos como biosólidos, pero esto requiere de un área adicional para instalar un invernadero para el secado adicional de la torta de lodos.

Para el secado solar de esa cantidad de lodos, se estima que se requiere un área de secado de aproximadamente **420 m²**.

Reducción de Volumen:

$$\text{Reducción de Volumen} = \frac{V_{\text{estabilizado}} - V_{\text{deshidratado}}}{V_{\text{estabilizado}}} \times 100\%$$

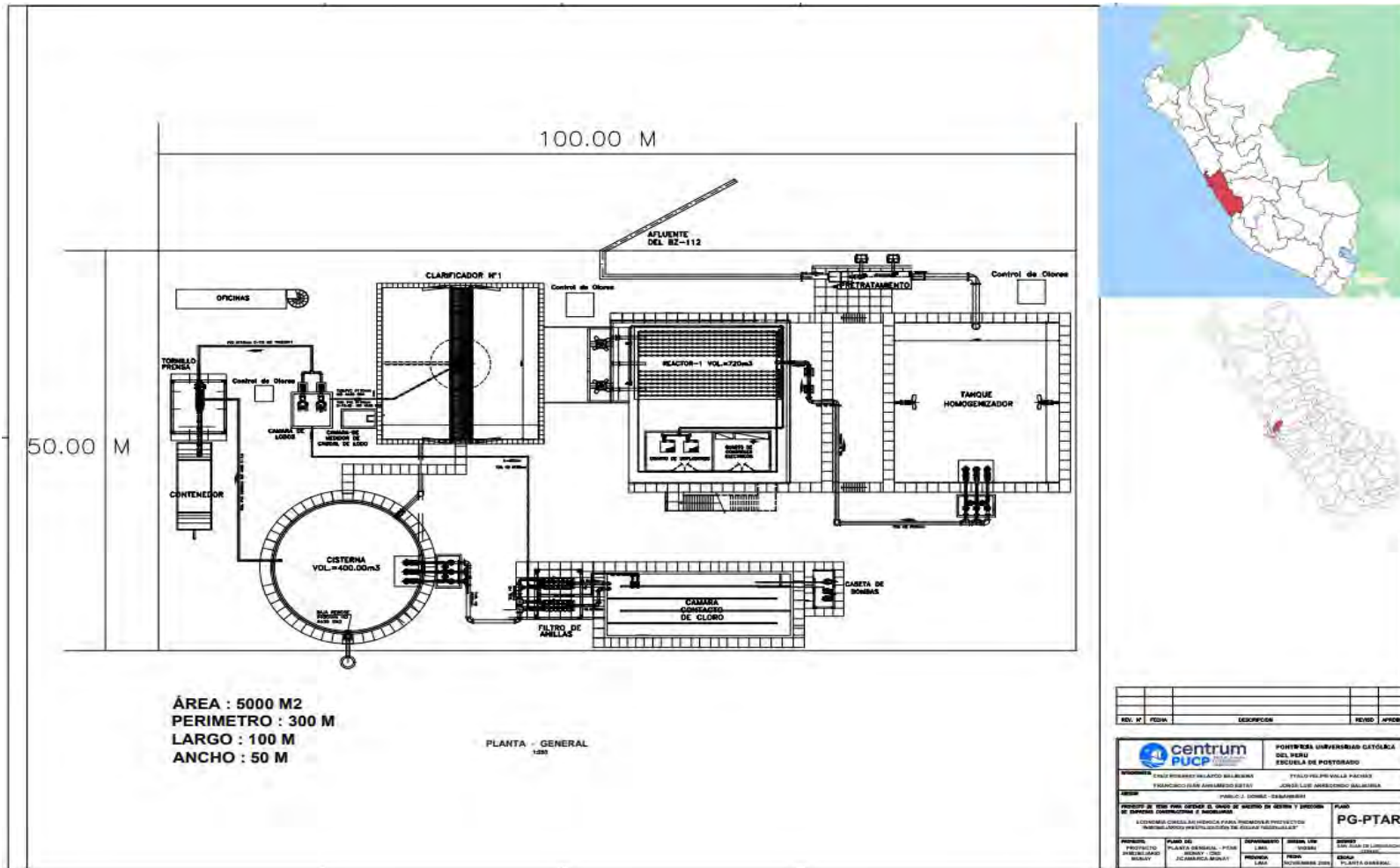
$$\text{Reducción de Volumen} = \frac{14.256 \text{ m}^3/\text{día} - 2.28 \text{ m}^3/\text{día}}{14.256 \text{ m}^3/\text{día}} \times 100\% \approx 84.02\%$$

El volumen de lodo se reduce aproximadamente en un 84% en la etapa de deshidratación.

Resumen del Predimensionamiento

Etapa	Parámetro	Valor	Unidad
Reactor MBBR	Volumen Requerido (V)	720	m ³
	TRH	2	horas
Producción Lodos	Producción SST en Exceso (P _{lodo})	570.24	kg/día
Manejo de Lodos	Volumen Estabilizado (4% ST)	14.26	m ³ /día
	Volumen Deshidratado (25% ST)	2.28	m ³ /día
	Reducción de Volumen (4% → 25%)	84.02	%

Apéndice K: Plano de PTAR



Apéndice L: Sustento Técnico Tubería de Impulsión y Cámara de Bombeo

CALCULO DE LA CAMARA DE BOMBEO DE DESAGUE TRATADO
CDP-01 (AÑO 20)

Datos

Contribución promedio de desague (Qpd)	100.00	lps
Contribución máximo horario o contribución máximo (Qmhd)	130.00	lps
Contribución mínimo de desague (Qmin) =	50.00	lps
Periodo de retención mínimo (t) =	5	min
Periodo de retención máximo (t1) =	30	min

Cálculo:

Como: $Q_{ms} = KQ$
 $Q_{min} = Q$

obtenemos: $K = Q_{m\acute{a}x}/Q_{min} = 2.60$

$a = t1/t = 6.00$

Planteando la ecuación cuadrática: $(K-a)k^2 + (a-K^2)k + K(K-1)(1+a) = 0$

Debe cumplirse que:

reemplazando:

$(a-k^2)^2$	>	$4(K-a)k(k-1)(1+a)$
0.5776	>	-396.032
$-3.40 K^2$	+	$-0.76 K$
		$+ 29.12$

Solución:

$k_1 =$	2.82
$k_1' =$	-3.04

Para $k_1 = 2.82$
El caudal de bombeo = $Q_b = k_1 * Q_{min}$ $Q_b = 140.85$ lps

Volumen útil de la cámara de bombeo (Alternativa 1)

$V_{\acute{u}til} = t * Q * K * (k_1 - 1) / (k_1 + K - 1)$
$V_{\acute{u}til} = 16042.83$ lt
$V_{\acute{u}til} = 16.04$ m ³

Para $k_1' = -3.04$
El caudal de bombeo = $Q_b = k_1' * Q_{min}$ $Q_b = -152.02$ lps

Volumen útil de la cámara de bombeo (Alternativa 2)

$V_{\acute{u}til} = t * Q * K * (k_1 - 1) / (k_1 + K - 1)$
$V_{\acute{u}til} = 109394.67$ lt
$V_{\acute{u}til} = 109.39$ m ³

Finalmente adoptamos:

$V_{\acute{u}til} =$	16.04	m ³
$Q_b =$	140.85	lps

Dimensionamiento de la CBD	
Altura útil (m)	2.50
Díametro (m)	2.86

Verificación del Periodo de retención

tiempo mínimo de llenado =	2.06 min.
tiempo máximo de llenado =	5.35 min.
tiempo mínimo de bombeo =	2.94 min.
tiempo máximo de bombeo =	24.65 min.

Los periodos de retención de trabajo se presentan a continuación equivaliendo al tiempo de llenado más el tiempo de bombeo

Periodo de retención mínimo	t =	5.00 min
Periodo de retención máximo	t1 =	30.00 min

Dimensionamiento del Equipo de Bombeo
 Diámetro económico según fórmula de BRESSE
 $D = K(x/24)^{0.25} \cdot (Q_b)^{.5}$

Siendo: $K = (0.7 - 1.6)$ mínimos $K=1.3$
 $Q_b =$ Caudal de bombeo (m³/s)
 $x =$ Número de horas de bombeo =

18

Diámetro económico en m

Por lo tanto: $Q_{bombeo} =$ 140.85 lps

Reemplazando datos:

$$D = 0.45 \text{ m}$$

Analizando y verificando las velocidades para los siguientes diámetros:

Presión mínima de salida (m) = 3.50

Cota de succión = 525.00 msnm

Tiempo (años) :

20

Cota de llegada = 780.00 msnm

Constante Hazzen y Williams

140

Longitud = 2,928.00 m

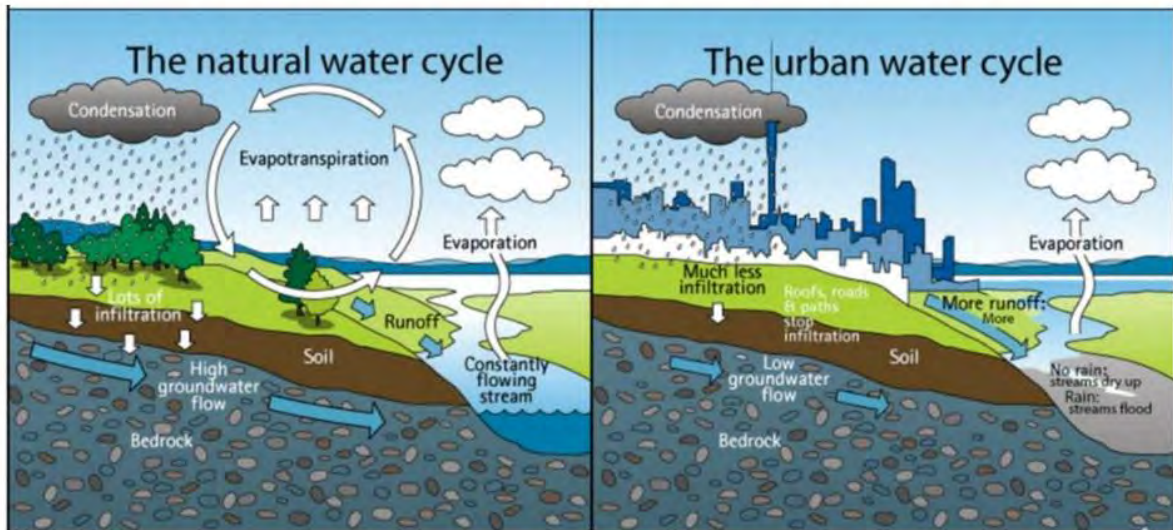
El diámetro comercial de la línea de impulsión escogido es de DN 450 mm

Año 20

Diámetro Nominal (mm)		450	HDPE - PN10 - SDR17 - PE100
Espesor (mm)		26.70	
Diámetro interior (mm)		396.60	
Velocidad (m/seg)		1.14	
Perdida por fricción		7.94	
Perdida carga por accesorio.		1.66	
Perdida carga por bomba		1.33	
H.D.T =		270.20	m
Número de equipos:		4.00	
Caudal unitario:		35.30	l/s
Eficiencia (n) :		0.75	
Potencia bomba =		169.57	
Potencia motor =		195.00	
Potencia Comercial		195.00	HP
Equipo de reserva:		1.00	

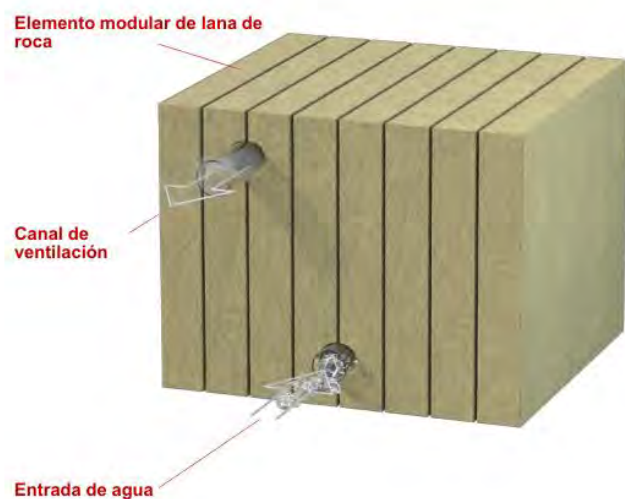
Apéndice M: Características de Sistema Rockwool

Restaurar el ciclo natural del agua en zonas urbanizadas



Así es como Rockflow funciona

- 95% Capacidad de absorción de agua
- Alta capacidad de carga
- Flexibilidad durante construcción
- Totalmente reciclable y circular
- Larga vida operativa y facilidad de limpieza



Rockflow
Liberación controlada
del agua de
tormentas

Rockflow
THIS IS HOW ROCKFLOW WORKS.
1:08

ROCKWOOL



Soluciones Rockflow para restaurar el ciclo natural del agua en ciudades

Aplicaciones verdes urbanas

Después de lluvias o riegos retiene el agua por más tiempo. Se crea una succión capilar para la parte superior.

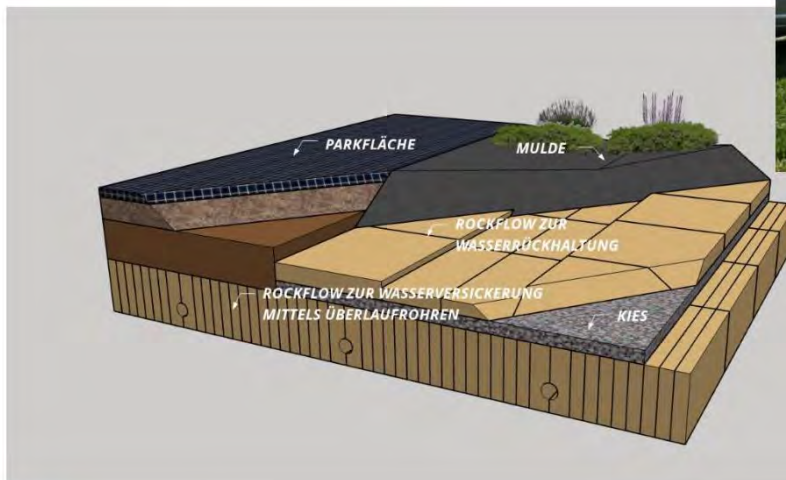


Aplicaciones en infraestructuras

Atenuación e infiltrado de agua en el subsuelo para evitar inundaciones o vertidos en una alcantarilla.



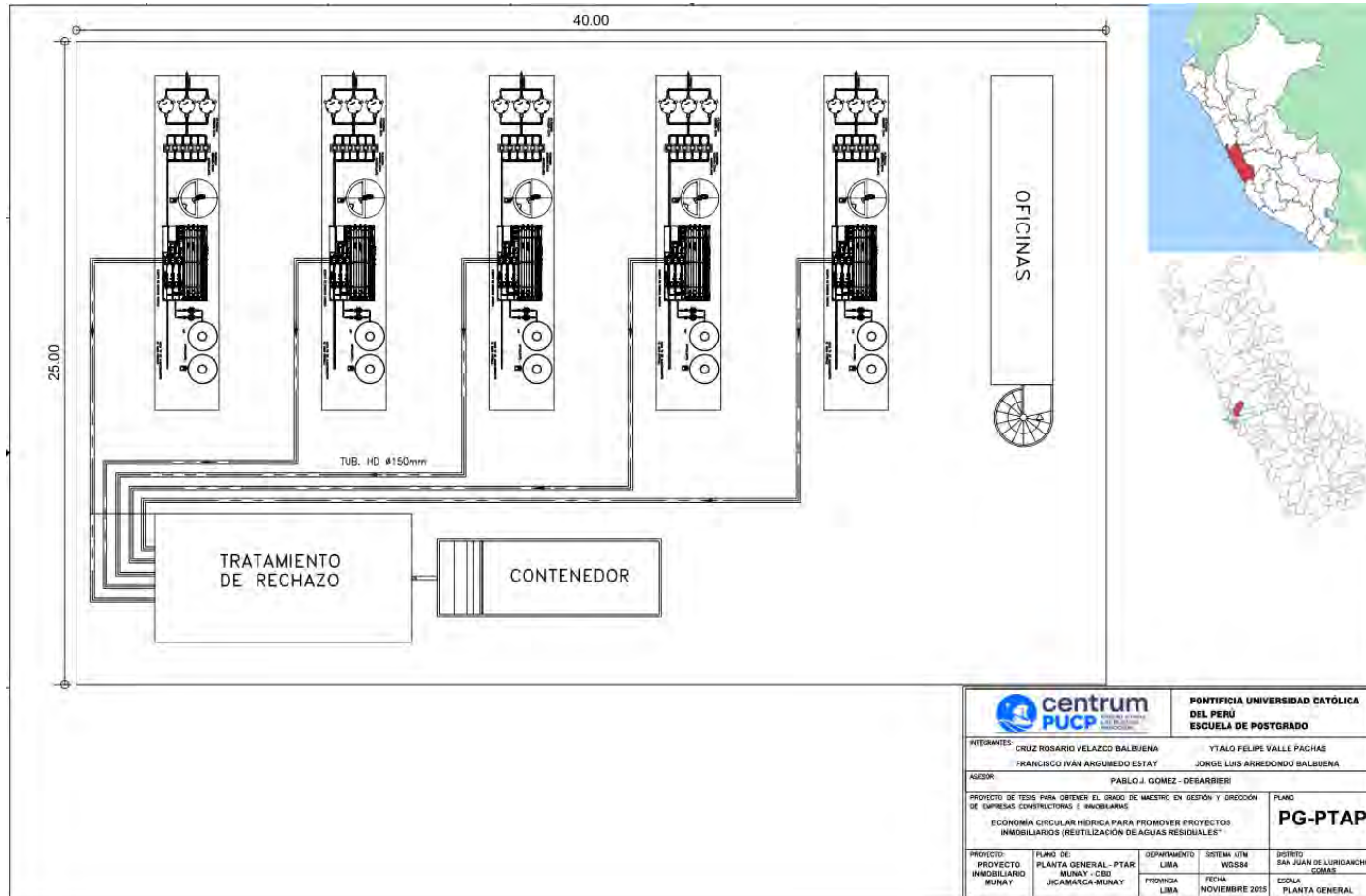
Humedales "green - blue' Zoeterwoude (II)



- 138 m³ de sistemas de infiltración de aguas de tormenta
- 10 m³ de cubierta verde urbana
- 100 mm diseño **shower**

Apéndice N: Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP)

PROYECTO MUNAY – PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE (PTAP)



		PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ ESCUELA DE POSTGRADO		
INTEGRANTES: CRUZ ROSARIO VELAZCO BALBUENA FRANCISCO IVÁN ARGUMENTO ESTAY		YTALO FELIPE VALLE PACHAS JORGE LUIS ARREDONDO BALBUENA		
ASESOR: PABLO J. GÓMEZ - DEBARBIERI				
PROYECTO DE TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN GESTIÓN Y DIRECCIÓN DE EMPRESAS CONSTRUCTIVAS E INMOBILIARIAS			PLANO	
ECONOMÍA CIRCULAR HEREDERA PARA PROMOVER PROYECTOS INMOBILIARIOS (REUTILIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES)			PG-PTAP	
PROYECTO INMOBILIARIO MUNAY	PLANO DE PLANTA GENERAL - PTAP MUNAY - CBD JICAMARCA MUNAY	DEPARTAMENTO LIMA PROVINCIA LIMA	SISTEMA UTM WGS84 FECHA NOVIEMBRE 2023	DISTRITO SAN JUAN DE LURIGANCHO GOMAS ESCALA PLANTA GENERAL

Apéndice O: Suministro de Equipos para la PTAP



Propuesta Económica

Suministro de equipo de tratamiento para PTAP Y PTAR Munay



Preparado para:

GRUPO N 02 TESIS MDI

Lima, 22 de Octubre del 2025



Tecnología de Fluidos S.A.C.
Calle. Los Talladores Nro. 179 Urb. Industrial del Artesano - Ate – Lima.

Lima, 22 de Octubre del 2025

GRUPO N 02 TESIS MDI

Nombre Proyecto : Suministro de Equipos de Tratamiento para la PTAP Y PTAR MUNAY

Estimado Francisco:

Agradecemos su consulta por servicios ofrecidos por nuestra representada y de acuerdo a lo solicitado, nos es grato presentarle nuestra propuesta por el suministro de equipos para uso en tratamiento, basado en la sólida experiencia de nuestra representada en el tratamiento de aguas para uso industrial en sistemas de intercambio iónico, adsorción por carbón activado, medios filtrantes, osmosis inversa, torres de enfriamiento, calderas y efluentes municipales e industriales.

Nuestra representada, así como sus socios comerciales, conforman un equipo de especialistas regionales y europeos en todo lo concerniente al tratamiento de las aguas, aplicando el desarrollo de los productos de última generación bajo el concepto de Water Controlling & Management.

Es el compromiso del grupo empresarial, una permanente actualización y una constante preocupación por mejorar los estándares de calidad en sus prestaciones, de manera de lograr la mejor relación costo beneficio para nuestros clientes.

Quedamos a su disposición para colaborar con Ustedes y su Empresa. En lo que considere necesario, consúltenos.

Esperando su amable respuesta me despido.

Atte,

Ing. Augusto Arenas
Director de Proyectos
Celular: 939126076

Tecflusac
<https://tecflusac.com/>



1 Descripción del suministro

1.1 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL

01 planta compacta para tratar 100 lps como caudal de ingreso, se considera una DQO de entra de 400 mg/l y una salida de 40 mg/l con calidad de agua para riego, la tecnología aplicada será mediante Tratamiento Primario, Reactor Biológico y tratamiento terciario.

Luego del tratamiento, se considera el bombeo mediante una cámara de bombeo CBD JIC Munay, el cual se realizará con 5 bombas en la disposición 4+1 cada una bombeando 35.3 lps.



CANT	DESCRIPCION	US\$ UNIT	US\$ TOTAL
5	Bombas de ingreso a la camara de bombe (4+1) cada una de 35.3 lps y 199.3 de ADT	65,000.00	325,000.00
1	Unidad de pretratamineto para 180 lps	516,380.00	516,380.00
1	Tablero		
1	Sensor Ultrasonico	3,800.00	3,800.00
2	Compuertas de Acero Inox 304 con Actuador	7,500.00	15,000.00
1	Tablero		
1	Set de Difusores aireacion	25,000.00	25,000.00
2	Soplador para tk Homo	35,000.00	70,000.00
1	Tablero		
3	sopladores para MBBR (35m3/m each)	50,000.00	150,000.00
432	Carrier portador de Biomasa	900.00	388,800.00
1	Parrila Difusores	210,000.00	210,000.00
1	Tablero		
1	barredor de fondo y superficie sedimentador secundario	45,000.00	45,000.00
1	Tablero		
1	sistema de cloración completa Jesco según P&I enviado	30,000.00	30,000.00
4	Toneles	10,000.00	40,000.00
1	Tablero		
3	Sistema de Control de Olores	45,000.00	135,000.00



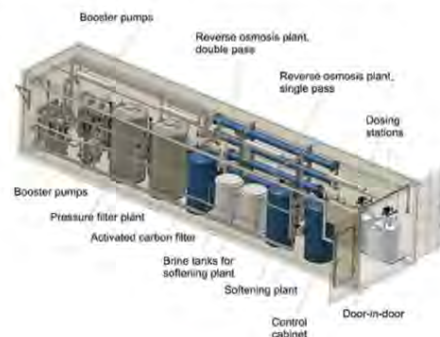
1	Tablero		
1	Sensor de Nivel Ultrasonico para medidor de caudal	10,000.00	10,000.00
2	Agitador Mixer	5,500.00	11,000.00
6	Bomba Sumergible de Elevacion	15,097.50	90,585.00
1	Sensor Piezoresistivo Control de Nivel	1,500.00	1,500.00
3	Medidor Electromagnetico	7,500.00	22,500.00
6	Medidor O2	2,915.00	17,490.00
2	Medidor Solidos Totales	7,500.00	15,000.00
3	Medidor PH-Temp	2,915.00	8,745.00
3	Electrobomba Centrifuga Horizontal	6,500.00	19,500.00
6	Valvua Mariposa Motorizada DN250	5,450.00	32,700.00
3	Camara de Bomebo de Lixiviadps	3,500.00	10,500.00
1	Sistema de Presion Constante	6,500.00	6,500.00
1	Tornillo Prensa	65,000.00	65,000.00
1	preparador de polimero	15,000.00	15,000.00
1	Tornillo trasportador	20,000.00	20,000.00
1	Miscelaneos - Scada	180,000.00	180,000.00
1	Tableros de Fuerza + Grupo Electrógeno		950,000.00
1	Tablero de Control		320,000.00
	Instalacion hidraulica y electrica		750,000.00
	Total		4,500,000.00
	IGV		810,000.00
	PRECIO VENTA TOTAL		5,310,000.00

Potencia estimada de la planta 280 Kw

1.2 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE

01 planta de Osmosis Inversa incluido pretratamiento y automatización, diseñada para in ingreso de 95 lps y un permeado de 76 lps, la planta estará diseñada para trabajar de manera automática y coordinada con la PTAR.

La calidad del agua de salida será la que se señala en el DS 031-2010-SA agua para consumo humano.





Los precios ofertados son del tipo BUDGET y deberán ser revisados después de hacer la ingeniería respectiva, la oferta es solo por el equipamiento e instalación y no incluye ningún tipo de obra civil, interconexiones de piping hacia y desde las plantas, acometidas eléctricas, igualmente no se esta ofertando la ingeniería necesaria para definir los costos totales de la planta.

Carga estimada para la Planta de 300 Kw.

2 Oferta Económica

2.1 SUMINISTRO DE EQUIPO

Item	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (US\$)	Precio Total (US\$)
1	Planta de tratamiento compacta para agua residual, condiciones de ingreso DQO 400 mg/l IN, 40 mg/l OUT, incluyendo equipos para cámara de bombeo (4 bombas con equipos para 35 lps cada uno)	1	und	4,500,000.00	4,500,000.00
1	Planta de RO para 76 lps de permeado, cumpliendo el DS 031-2010-SA	1	und	1,950,000.00	1,950,000.00
1	Sistema de infiltración ROCK WOOL para 100 lps	1	und	750,000.00	750,000.00

No incluye el IGV, a este valor se le debe sumar ese valor
Validez de la Oferta: 15 días.

2.2 PLAZO Y FORMA DE ENTREGA

Plazo de Entrega : 024 - 26 semanas
Lugar de Entrega : Almacenes del Cliente en Lima

El plazo comienza una vez sea recibida la Orden de Compra y Pago de Anticipo.
Descarga de Materiales en terreno por cargo del cliente.

2.3 FORMA DE PAGO

50% con la O/C, 50% con la entrega del producto (factura a 30 días).

- Razón social : TECNOLOGÍA DE FLUIDOS S.A.C.
- RUC : 20511128146

Número de Cuenta	Cuenta Corriente Moneda Nacional	Cuenta Corriente Moneda Extranjera
➤ Banco Continental BBVA	0011-0106-0100018566-28	0011-0106-0100018574-22
CCI Código Interbancario	011-106-000100018566-28	011-106-000100018574-22

Tecflusac
<https://tecflusac.com/>


Apéndice P: Cálculos Hidráulicos de Aforo para Colector Munay

COLECTOR DEL DESAGUE PRODUCIDO POR MUNAY (H-CANALES)

Lugar:	MUNAY - JICAMARCA	Proyecto:	COL.CONDUCCION
Tramo:	MUNAY - PTAR	Revestimiento:	

Datos:

Caudal (Q):	0.0608	m ³ /s
Diámetro (d):	0.250	m
Rugosidad (n):	0.010	
Pendiente (S):	0.015	m/m



Resultados:

Tirante normal (y):	0.1457	m	Perímetro mojado (p):	0.4343	m
Area hidráulica (A):	0.0297	m ²	Radio hidráulico (R):	0.0684	m
Espejo de agua (T):	0.2466	m	Velocidad (v):	2.0478	m/s
Número de Froude (F):	1.8841		Energía específica (E):	0.3594	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico				



Apéndice Q: Capex de Factibilidad de Servicios

CAPEX Tratamiento Agua potable y Alcantarillado - MUNAY	und	Metrado	P.U.	Parcial (S/)		PTAR	PTAP
Terrenos PTAR	m2	5,000.00	525.00	2,625,000.00	PTAR	2,625,000.00	
Adecuacion de Bz 112 para toma de desagüe	g/lb	1.00	5,000.00	5,000.00	PTAR	5,000.00	
Instalacion de Tuberia de conduccion PVC DN 355 SN4, BZ 112 a PTAR	ml	395.00	319.29	126,119.16	PTAR	126,119.16	
EQUIPAMIENTO PTAR y CBD (100.00 lts)	g/lb	1.00	15,750,000.00	15,750,000.00	PTAR	15,750,000.00	
OBRAS CIVILES PTAR Y CAMARA CBD (100.00 lts)	g/lb	1.00	4,725,000.00	4,725,000.00	PTAR	4,725,000.00	
Instalacion de Tuberia de Impulsion HDPE DN 450mm, SDR9-S4-PE100 - 20bar, PTAR - Reser. Riego	ml	3,051.00	578.42	1,764,771.62	PTAP		1,764,771.62
Reservorio de agua de riego (760 m3)	und	1.00	2,567,920.16	2,567,920.16	PTAP		2,567,920.16
Sistema de infiltracion con sistema Rockwool (100.00 lps)	g/lb	1.00	2,625,000.00	2,625,000.00	PTAP		2,625,000.00
EQUIPAMIENTO PTAP (95.00 lts, Osmosis inversa)	g/lb	1.00	6,825,000.00	6,825,000.00	PTAP		6,825,000.00
Sistema para cristalizacion y evaporacion de rechazo de planta de RO	g/lb	1.00	1,760,500.00	1,760,500.00	PTAP		1,760,500.00
OBRAS CIVILES PTAP (95.00 lts, Osmosis inversa)	g/lb	1.00	1,023,750.00	1,023,750.00	PTAP		1,023,750.00
Reservorio de agua potable (2500 m3)	und	1.00	3,308,402.73	3,308,402.73	PTAP		3,308,402.73
Instalacion de Tuberia del Colector Munay PVC DN 250 SN4, Proyecto Munay - PTAR	ml	1,563.00	385.50	602,528.69	PTAR	602,528.69	
Factibilidad Electrica MT, 500KVA	g/lb	1.00	750,000.00	750,000.00	PTAR	375,000.00	375000
Costo Directo (S/)				44,458,992.35		24,208,647.84	20,250,344.51
Gastos Generales (S/)	15%			6,668,848.85		3,631,297.18	3,037,551.68
Utilidad (S/)	8%			3,556,719.39		1,936,691.83	1,620,027.56
Subtotal (S/)				54,684,560.60		29,776,636.84	24,907,923.75
IGV (S/)				9,843,220.91		5,359,794.63	4,483,426.28
Total (S/)				64,527,781.50		35,136,431.47	29,391,350.03
						54.45%	45.55%

