



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN



Título del proyecto de investigación:

Análisis de características demográficas, sociales, económicas y técnicas para evaluar opciones urbanísticas de suministro de agua y saneamiento utilizando estadística no paramétrica en sectores del distrito de Lurigancho, Lima

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN PERÍODO 2021-2025

CÓDIGO DE ÁREA	01	ÁREA DE CONOCIMIENTO:	Arquitectura
CÓDIGO DE LÍNEA	3 y 4	LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:	Urbanismo y Tecnología

NOMBRE DEL GRUPO DE INVESTIGACIÓN	VIVIENDA, URBANISMO Y DESARROLLO SOSTENIBLE
CÓDIGO DEL GRUPO	VRI-GRU-25-2024-01-02-SANTA MARIA HUERTAS

EQUIPO QUE HA DESARROLLADO EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN			
Responsabilidad	Grado académico, Nombres y Apellidos	ORCID	Correo electrónico
Investigador/a principal	Dr. Mag. Urb. Roger Eduardo Martínez Rivas	https://orcid.org/0000-0001-5658-3370	roger.martinez@urp.edu.pe
Coinvestigador/a	Mag. Arq. Rosario Beatriz Santa María Huertas	https://orcid.org/0000-0002-1871-1295	rosario.santamaria@urp.edu.pe
Coinvestigador/a	Dra. Mag. Arq. María del Carmen Rojas Guerrero	https://orcid.org/0000-0002-6416-8457	dramariarojas@gmail.com
Estudiante colaborador/a de pregrado	Angel Robles Suaña	https://orcid.org/0000-0000-5742-809X	201920615@urp.edu.pe
Bachiller colaborador/a	Br. Daniela Ingrid Quispe Quispe	https://orcid.org/0000-0002-1871-1295	202011907@urp.edu.pe
Bachiller colaborador/a	Br. Ariadna Berenice Lopez Riva	https://orcid.org/0000-0002-0381-0573	ariadna.lopez@urp.edu.pe

1.0. Título del proyecto:

Análisis de características demográficas, sociales, económicas y técnicas para evaluar opciones urbanísticas de suministro de agua y saneamiento utilizando estadística no paramétrica en sectores del distrito de Lurigancho, Lima.

2.0. Autor/es del proyecto:

Responsable:

Roger Eduardo Martínez Rivas¹

Colaborador(es):

Rosario Beatriz Santa María Huertas²

Daniela Ingrid Quispe Quispe³

Ariadna Berenice López Riva⁴

Angel Robles Suaña⁵

María del Carmen Rojas Guerrero⁶

3.0. Resumen

Este estudio evalúa alternativas para el abastecimiento de agua y el saneamiento en sectores del centro poblado de Chosica, en el distrito de Lurigancho, Lima Metropolitana, marcado por un acelerado crecimiento demográfico, precariedad en la provisión de servicios básicos y recurrencia de inundaciones y flujos de detritos. La investigación se organizó en cuatro etapas. En la primera, se emplean técnicas estadísticas no paramétricas —análisis de agrupamientos (cluster analysis) y prueba Chi cuadrado— para identificar la incidencia de variables demográficas, sociales, económicas y técnicas en la prestación de servicios. En la segunda, se analizan opciones de suministro de agua y saneamiento mediante el Proceso Analítico Jerárquico (AHP), evaluando su viabilidad técnica, económica, social e institucional. A partir de ello, se propone un sistema alternativo de suministro basado en la potabilización y distribución del recurso hídrico captado en la toma de la central hidroeléctrica de Moyopampa, así como un sistema de saneamiento compuesto por tanques sépticos y biodigestores de flujo ascendente que permitan la reutilización parcial del efluente para el riego de áreas verdes. En materia de reducción del riesgo, la opción viable consiste en el reasentamiento de las familias más expuestas y la ejecución de obras de protección hidráulica. En la tercera etapa, se revisan las soluciones pertinentes para ajustar un árbol de clasificación y regresión (CART) que identifica las respuestas aplicables en cada sector. Finalmente, se formulan recomendaciones de planificación y gestión urbana orientadas a viabilizar las propuestas. Los resultados sugieren adoptar una estrategia de mejoramiento barrial por etapas que integre reasentamiento, infraestructura de protección, optimización del tratamiento y almacenamiento de agua, reutilización de aguas residuales y mecanismos de gobernanza participativa, con el fin de fortalecer la resiliencia, la equidad en el acceso a los servicios y la habitabilidad en la periferia urbana de Lima.

¹ Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad Ricardo Palma (URP), Lima, Perú.

² Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad Ricardo Palma (URP), Lima, Perú.

³ Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad Ricardo Palma (URP), Lima, Perú.

⁴ Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad Ricardo Palma (URP), Lima, Perú.

⁵ Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad Ricardo Palma (URP), Lima, Perú.

⁶ Instituto de Investigaciones Geohistóricas (IIGHI/CONICET-UNNE), Resistencia, Argentina.

Abstract:

This study evaluates alternatives for water supply and sanitation across several sectors of the peri-urban district of Lurigancho–Chosica, Metropolitan Lima, an area characterized by rapid demographic growth, precarious basic service provision, and recurrent flooding and debris flows. The research was structured into four stages. In the first stage, non-parametric statistical techniques—cluster analysis and the Chi-square test—were employed to identify the influence of demographic, social, economic, and technical variables on service provision. In the second stage, various water and sanitation options were analyzed using the Analytic Hierarchy Process (AHP), assessing their technical, economic, social, and institutional feasibility. Based on these results, an alternative water supply system is proposed, consisting of the treatment and distribution of water captured at the intake of the Moyopampa hydroelectric plant, together with an alternative sanitation system comprising septic tanks and upflow bioreactors that enable the partial reuse of effluent for irrigating green areas. Regarding risk reduction, the only viable option involves the resettlement of the most exposed households and the construction of hydraulic protection works. In the third stage, the most suitable solutions were reviewed to develop a Classification and Regression Tree (CART) that identifies the appropriate responses for each sector. Finally, urban planning and management recommendations are formulated to operationalize the proposed measures. The findings suggest adopting a phased neighborhood improvement strategy that integrates resettlement, protective infrastructure, enhanced treatment and storage of potable water, wastewater reuse, and participatory governance mechanisms, with the aim of strengthening resilience, equity in service access, and habitability in Lima's urban periphery.

Palabras clave:

Agua y saneamiento; análisis de agrupamientos; árboles de clasificación y regresión (CART); prueba chi cuadrado (χ^2); proceso analítico jerárquico (AHP); mejoramiento de barrios; control de flujos de detritos.

Keyword:

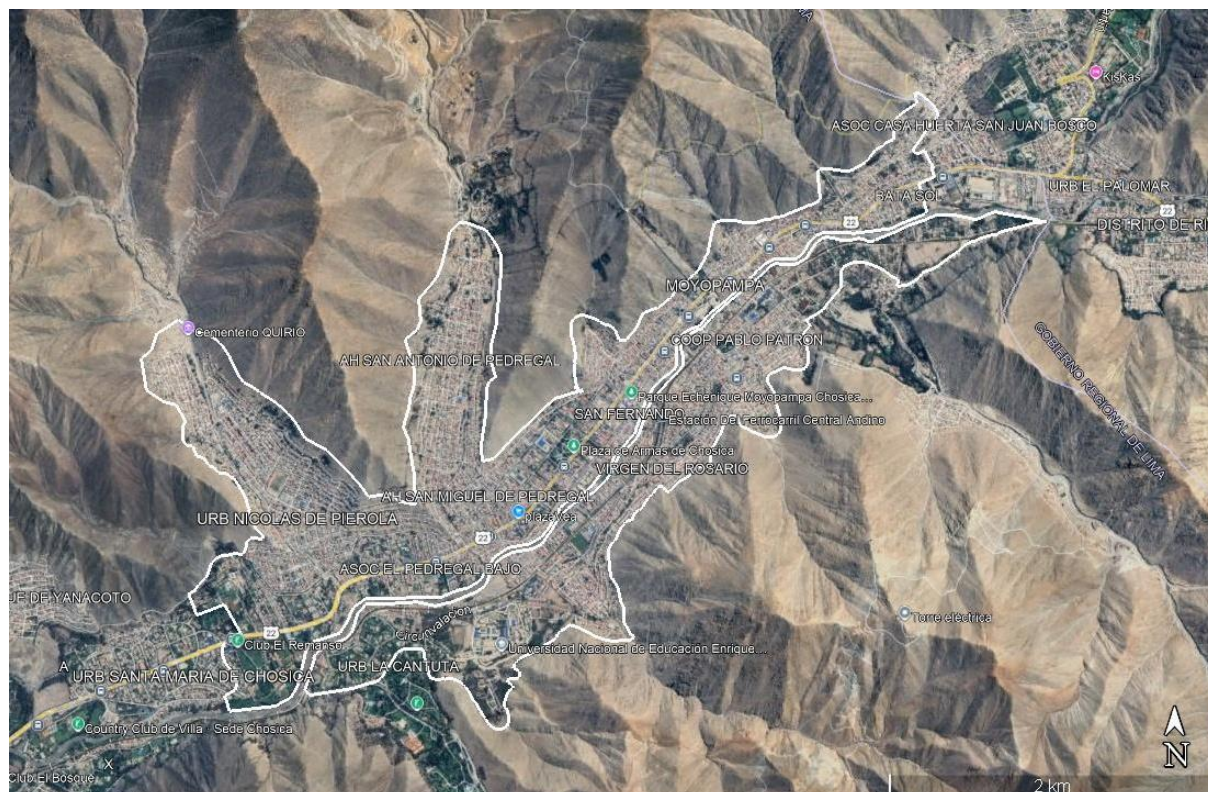
Analytic hierarchy process (AHP); cluster analysis; debris-flow control; neighborhood upgrading; classification and regression trees (CART); chi-square test (χ^2); water and sanitation.

4.0. Introducción

La investigación analizó la problemática de acceso al agua segura y al saneamiento adecuado en el área urbana de Chosica, localizada al este del distrito de Lurigancho, con el fin de proponer opciones para alcanzar mejoras en estos servicios, considerando las características, preferencias y posibilidades de los usuarios y del gobierno local, y visualizando las implicaciones urbanísticas y arquitectónicas de las intervenciones propuestas.

El área de estudio se refiere a los sectores urbanos adyacentes al casco urbano de Chosica, según se muestra en la figura 1. La superficie es de 655,16 hectáreas y en 2017 estaba ocupada por unos 66 mil habitantes.

Figura 1.
Área de estudio



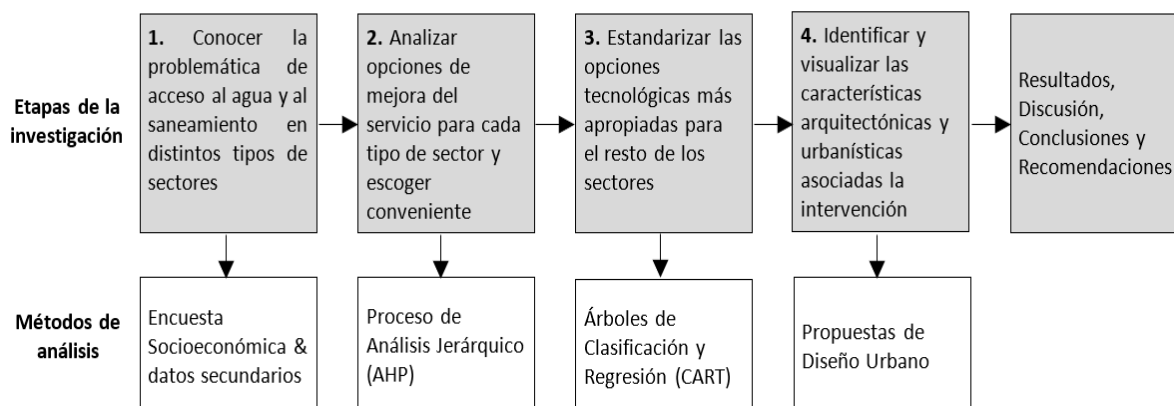
Fuente: Google Maps (Junio, 2025)

Debido al crecimiento urbano formal e informal, los servicios de agua y desagüe han sido provistos en el área de estudio de tres formas: a través de habilitaciones formales aprobadas por SEDAPAL, mediante habilitaciones formales e informales atendidas por la Municipalidad Distrital de Lurigancho, y mediante redes informales construidas por los habitantes que no garantizan un adecuado nivel de servicio.

Para determinar la problemática de acceso al agua y al saneamiento se diseñó una logística de levantamiento de información a través de una encuesta socioeconómica realizada en 259 viviendas (muestreo aleatorio y sistemático por conglomerados), cuyos datos fueron analizados mediante estadística descriptiva, técnicas estadísticas paramétricas (análisis de regresión lineal), y no paramétricas (análisis de agrupamientos, prueba chi cuadrado), que permitieron determinar cómo las variables demográficas, sociales, económicas y técnicas inciden en la prestación de los servicios. Respecto a la evaluación de opciones, se utilizó el proceso de análisis jerárquico (AHP), el cual permitió sopesar las ventajas de adoptar soluciones no convencionales frente a criterios técnicos, económicos, sociales e institucionales de selección, acordes con las posibilidades del gobierno local. Para expandir y estandarizar las opciones de solución de agua y saneamiento a otras áreas, se aplicó un árbol de clasificación y regresión (CART) que permitió identificar aquellas variables que mejor explican el proceso decisorio de selección de opciones. Por último, se elaboraron diagramas, mapas y maquetas que permiten visualizar las implicaciones urbanas de las propuestas.

El proceso metodológico general seguido durante la investigación se describe en la figura 2.

Figura 2.
Etapas metodológicas del proyecto de investigación



Fuente: IVUDS, 2025.

El enfoque de la investigación es del tipo aplicada y explicativa, siguiendo una metodología mixta, utilizando técnicas cuantitativas y cualitativas bajo un diseño descriptivo, analítico, cuasi-experimental y transversal. El propósito de la investigación consiste en proponer soluciones a la problemática de agua y saneamiento de Chosica basadas en evidencias.

La Municipalidad Distrital de Lurigancho forma parte del Área Metropolitana de Lima, posee una población estimada en 2024 por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), de 302599 habitantes, y su crecimiento esperado en 20 años supera los 400 mil habitantes. En 2017, según el INEI, sólo unas 27329 viviendas particulares, un 31.03% del total de 88.077 viviendas, disponían de acceso al agua mediante redes directas. La importancia de la investigación radica en la necesidad de explorar respuestas para cerrar la brecha existente que impide garantizar un acceso adecuado a estos servicios básicos para toda la población.

En una primera aproximación al diseño de alternativas, la municipalidad distrital puede considerar varias opciones: primero, no hacer nada, operando los sistemas actuales sin realizar cambios ni mejoras relevantes; segundo, colaborar con la intervención de organismos nacionales y metropolitanos, tales como el Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima (SEDAPAL), el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS), el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED), el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI), y la Municipalidad Metropolitana de Lima, para que éstos realicen las labores de reasentamiento de población, mitigación de amenazas y amplíen los servicios metropolitanos de agua y saneamiento; finalmente, mejorar el servicio que gestiona directamente el municipio, realizando algunas inversiones que permitan mejorar la calidad de servicio, y organizando pequeños sistemas autogestionados por los residentes, según las modalidades previstas en la legislación vigente, de manera similar a como funcionan las Juntas Administradoras de Servicios de Saneamiento (JASS) en el ámbito rural. Esta última posibilidad, aunque existe en la práctica, no está reglamentada para el ámbito de Lima Metropolitana.

El tema está enmarcado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 6 y 11. (Naciones Unidas - NU, 2015). El objetivo 6 se refiere a “Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos”, mientras que el objetivo 11 propone “Hacer que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles”.

Para mejorar el servicio de agua potable, la discusión acerca de un suministro idóneo ha venido variando desde la provisión de instalaciones de agua potable al “agua gestionada de manera segura”, entendiendo por ello el suministro de agua potable proveniente de una fuente mejorada, disponible cuando sea necesaria, y libre de contaminación, garantizando su potabilidad y manejo adecuado, tanto fuera como dentro del hogar (WHO, 2022; WHO &

UNICEF, 2023). En atención a ello, el mejoramiento debe considerar criterios técnicos, económicos, sociales e institucionales.

En lo relativo al saneamiento, la gestión de los sistemas de gestión de efluentes cloacales ha variado desde asegurar su captación, tratamiento y descarga a través de lo que se denomina “infraestructura gris”, hasta su depuración mediante infraestructura “verde” y “azul”, haciendo referencia a las posibilidades de aplicar sistemas naturales o seminaturales que imitan las funciones de los ecosistemas. (Unión Europea, 2013) ofreciendo beneficios adicionales, tales como la aparición y riego de áreas verdes.

Respecto a la mitigación de la amenaza por flujo de detritos, existen numerosos estudios que analizan la vulnerabilidad, cuantifican la amenaza y señalan acciones para mitigar el riesgo de desastre en las distintas quebradas del distrito de Lurigancho (INGEMMET, 2015; Municipalidad Distrital de Lurigancho et. al., 2015, 2022). En estos estudios, las acciones de mitigación consideran el reasentamiento de población, la construcción de obras de mitigación, tales como canalizaciones, diques de retención de sólidos y mallas geodinámicas, y la planificación urbana. En el presente análisis se incorporan las propuestas más pertinentes, sin considerar alternativas.

5.0. Planteamiento del problema

El problema del acceso al agua potable, sus consecuencias sanitarias, económicas y sociales, y algunas opciones de mejora, han sido estudiados previamente por investigadores (Martínez, R. y Santa María, R., 2024) en los alrededores de la quebrada Carosio, uno de los sectores del distrito de Lurigancho. En este sector, el agua de consumo humano se describió con olor (70,77%), color (67,69%), sabor (86,15%) y turbidez (49,23%). y “no disuelve el jabón” (63,08%); además, “causa morbilidad asociada a problemas digestivos..., además de infecciones estomacales, especialmente en niños”. Respecto a daños ocasionados por flujos de detritos y sus posibilidades de mitigación, una significativa proporción de los habitantes (73,34%) señaló que había sufrido algún tipo de afectación, incluyendo pérdidas materiales, y expresó su deseo de mudarse (69%), en caso de obtener condiciones adecuadas para cambiar de vivienda.

Respecto al sistema de aguas residuales, una porción significativa de la población opinó en forma estar satisfecha con el servicio (38,89%), compuesto por conexiones cloacales domiciliarias que recogen las aguas residuales a través de una red de tuberías y las transportan a colectores principales que las vierten al río Rímac, sin que existan aún instalaciones que garanticen un tratamiento previo a la descarga.

Se presume que estos problemas se repiten en varios sectores del distrito de Lurigancho. En general, los sectores ubicados entre 800 y 900 metros sobre el nivel del mar (msnm) son abastecidos por la municipalidad distrital mediante pozos profundos y un sistema de distribución ineficiente. Otros sectores informales, generalmente por encima de los 900 msnm, operan redes autoconstruidas poco confiables. Respecto a las redes de aguas residuales, estas son eficientes en la recogida de los efluentes, pero no existe tratamiento y tampoco reciclaje; por último, en vista de que no se han completado ciertas acciones para mitigar el riesgo de desastres ante la amenaza por flujo de detritos - tales como la ocupación cercana al cauce, una adecuada canalización y el desfogue de las quebradas - prevalece una alta vulnerabilidad urbana ante la amenaza por flujo de detritos (IGP, 2012).

En atención a la problemática antes explicada, la investigación plantea una interrogante principal y cuatro preguntas específicas que guiaron la investigación:

5.1. Pregunta principal de la investigación

¿Es posible ofrecer agua segura y saneamiento adecuado en la Municipalidad Distrital de Lurigancho – Chosica, considerando sus características demográficas, sociales, económicas y técnicas, y visualizando sus implicaciones urbanísticas y arquitectónicas?

5.2. Preguntas específicas

- ¿Se pueden distinguir factores demográficos, sociales, económicos y técnicos que expliquen la problemática de acceso al agua segura y al saneamiento en distintos tipos de sectores del área de estudio de la Municipalidad Distrital de Lurigancho?
- ¿Cuáles son las opciones más apropiadas para mejorar los servicios de agua y saneamiento, atendiendo a criterios técnicos, económicos, sociales e institucionales?
- ¿Se podrían estandarizar las respuestas de mejora de agua y saneamiento para distintos tipos de sectores?
- ¿Qué tipo de cambios arquitectónicos y urbanísticos están asociadas a las intervenciones de agua y saneamiento?

6.0. Objetivos

6.1. Objetivo general

El objetivo general de la investigación consiste en analizar la viabilidad urbanística de ofrecer agua segura y saneamiento adecuado en algunos sectores de la Municipalidad Distrital de Lurigancho – Chosica, evaluando características demográficas, sociales, económicas y técnicas, y visualizando sus implicaciones urbanas y arquitectónicas.

6.2. Objetivos específicos

Respecto a los objetivos específicos, son cuatro:

- Conocer la problemática de acceso al agua segura y al saneamiento en distintos tipos de sectores del área de estudio de la Municipalidad Distrital de Lurigancho.
- Analizar las opciones de mejora del servicio de agua y saneamiento para cada tipo de sector y escoger la más conveniente, utilizando el Proceso de Análisis Jerárquico (AHP)
- Estandarizar las opciones tecnológicas más apropiadas para el resto de los sectores, mediante un Árbol de Clasificación y Regresión (CART)
- Identificar y visualizar las características arquitectónicas y urbanísticas asociadas a la intervención de agua y saneamiento.

7.0. Justificación

La Municipalidad Distrital de Lurigancho crece poblacionalmente, pero su presupuesto per cápita es bajo (323 soles, según el Presupuesto Institucional Modificado de 2024), siendo necesario concebir soluciones ingeniosas y articular esfuerzos entre distintos niveles de gobierno y otros interesados para atender demandas sociales. Según el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y el Ministerio de Salud (MINSA), en el Distrito de Lurigancho, el acceso al agua potable y saneamiento registra grandes brechas: una escasa cobertura de redes directas (31%), una baja dotación per cápita, altos costos económicos para la población de menores recursos (BID, 2020) y altos índices de morbilidad asociados al Agua (MINSA, 2019).

Un ejemplo de soluciones formales es el “Proyecto Esquema Cajamarquilla, Nievería y Cerro Camote”, desarrollado entre 2012 y 2020, mediante el cual el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS) y SEDAPAL, lograron incorporar entre 2013 y 2019 unos 19114 hogares a estos servicios, a través de un financiamiento otorgado por el BID por 162 MM de USD, para diseñar y construir sistemas convencionales de agua potable y alcantarillado cubiertos por SEDAPAL.

Estas soluciones formales requieren de financiamiento multilateral, y no son alcanzables en el corto plazo. Recientemente se publicó la Ley N° 32065 y su reglamento N° 281-2024-VIVIENDA, que establecen medidas para asegurar el Acceso Universal al Agua Potable, habilitando a los organismos competentes y a las municipalidades para ofrecer soluciones tecnológicas no convencionales a un nivel de dotación básico (hasta 50 litros por persona/día), asegurando su construcción, operación y mantenimiento.

La Municipalidad Distrital de Lurigancho ha suscrito acuerdos en 2025 con SEDAPAL y la Autoridad Nacional del Agua (ANA) para ampliar la cobertura de SEDAPAL, dentro del Programa Agua Segura para Lima y Callao (PASLC), incrementar el abastecimiento de agua de pozos, su potabilización y suministro través de camiones cisterna, además de mejorar y ampliar los servicios brindados directamente por el municipio distrital, entre otras medidas.

El proyecto de investigación analizará la viabilidad urbanística de ofrecer distintas opciones de servicio desde el punto de vista demográfico, social, económico y técnico, en la zona este del municipio distrital, en sectores ubicados por arriba de la cota 800 msnm (ver gráfico en Anexo A), desde la Zona Monumental de Chosica hasta el límite con los distritos de Santa Eulalia y Ricardo Palma, ocupados en 2017 por unos 66000 habitantes, que poseen alto potencial de crecimiento demográfico y mayores dificultades de incorporarse al servicio de SEDAPAL.

8.0. Antecedentes

El marco referencial para realizar estos análisis lo constituyen los Objetivos 6 y 11 de Desarrollo Sostenible - ODS (ONU, 2015). El Objetivo 6: “Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos”, promueve el desarrollo de estrategias sostenibles que garanticen la disponibilidad y gestión eficiente del recurso hídrico en contextos urbanos vulnerables, como es el caso de Lurigancho-Chosica. El cumplimiento del ODS 6 se traduce en la necesidad de formular alternativas de abastecimiento y saneamiento que sean técnica y socialmente viables, considerando las particularidades territoriales y las capacidades institucionales. Con respecto al objetivo 11: “De aquí a 2030, asegurar el acceso de todas las personas a viviendas y servicios básicos adecuados, seguros y asequibles y mejorar los barrios marginales”, enfatiza la necesidad de fortalecer la resiliencia urbana frente a desastres, ampliar las áreas verdes y asegurar que las ciudades integren principios de sostenibilidad, eficiencia y justicia social, entre otros aspectos.”

Respecto al estado del arte y la revisión de literatura científica, se analizaron 53 estudios científicos que abordan diferentes dimensiones, desde el acceso básico a los servicios de agua y saneamiento hasta innovaciones tecnológicas y estrategias de planificación resiliente. Como criterios de selección de artículos se utilizaron aquellos que permitieron evaluar las alternativas de mejoramiento (técnicos, económicos, sociales e institucionales), con especial interés en seleccionar aquellos que incluyeran el uso del Procedimiento de Análisis Jerárquico (AHP) y los árboles de clasificación y regresión como técnicas de análisis, considerando además contextos urbanos y periurbanos de alta vulnerabilidad, particularmente asentamientos informales. Un resumen de la revisión realizada se presenta en la tabla 1.

Tabla
Criterios y resultados de la revisión de literatura

1:

Base de datos	Palabras Clave	Años	Criterio de Selección	Resultados seleccionados
SSWM, SCOPUS, REDALYC, LILACS CENEPRED INDECI	"slum upgrading", "Áreas Informales", "Proceso de Análisis Jerárquico", "AHP", "Agua y Saneamiento"; "Asentamientos Urbanos"; "Aguas residuales" y "Suministro de Agua".	2020 a 2025	1. Contenido social, demográfico, económico y técnico acerca del suministro de agua. 2. Técnica AHP. 3. Técnica CART. 4. Casos de zonas informales con bajos niveles de cobertura de agua y saneamiento. 5. Metodología de investigación mixta (cuantitativa y cualitativa). 6. Análisis y soluciones para servicios de agua y saneamiento. 7. Análisis y soluciones para mitigar el flujo de detritos	53

Fuente: Elaboración propia. Septiembre de 2025.

Un breve resumen de algunos artículos considerados relevantes, ordenados alfabéticamente, se presenta a continuación:

- Ahmad, S., Peng, X., Ashraf, A., Yin, D., Chen, Z., Ahmed, R., Israr, M., & Jia, H. (2025). *Building resilient urban drainage systems by integrated flood risk index for evidence-based planning*. El estudio desarrolló un Índice de Riesgo de Inundación Urbana para cuantificar y evaluar el riesgo de inundación a nivel de subcuenca, utilizando un Sistema de Información Geográfica (SIG), un Modelo de Gestión de Aguas Pluviales (SWMM), el Proceso de Jerarquía Analítica (AHP) y el marco Presión-Estado-Respuesta (PSR). Los resultados permiten calificar las áreas vulnerables de una cuenca, estableciendo distintos estados de riesgo; además, permite determinar el impacto positivo de las prácticas de desarrollos de bajo impacto en la mitigación del riesgo de inundación. Así, proporciona una herramienta valiosa para evaluar el riesgo de inundación, proponer intervenciones y desarrollar estrategias de adaptación para mejorar la resiliencia urbana ante el Cambio Climático.
- Akoteyon, I. S., Aliu, I. R., & Soladoye, O. (2021). *Household levels of deprivation to WaSH and residential conditions in slum settlements of Lagos, Nigeria*. En esta investigación los autores analizan las limitaciones de acceso al agua, saneamiento e higiene (WaSH) en los hogares, así como las condiciones habitacionales de asentamientos informales pobres en Lagos, Nigeria, utilizando un índice de privación de barrios marginales (slum deprivation index - SDI). Para ese fin, aplicaron encuestas en 1.398 hogares de 16 asentamientos, utilizando un método de muestreo aleatorio. Posteriormente emplearon estadísticas descriptivas, calcularon el SDI de los hogares, y utilizaron un sistema de información geográfica (ArcMap) para mapear los patrones espaciales del SDI. Los resultados muestran la manera cómo se distribuyen espacialmente la precariedad de las viviendas y el acceso limitado a instalaciones de agua, saneamiento e higiene. Aproximadamente el 50%, el 37,5%, el 43,75% y el 31,25% de los asentamientos presentan graves carencias en materia de vivienda, eliminación de residuos, vertederos y agua estancada, respectivamente. El estudio

concluyó que seis asentamientos se encuentran en condiciones deplorables de agua, saneamiento e higiene y de protección contra inundaciones. El estudio recomienda intervenciones urgentes para la planificación y la asignación de recursos, así como programas de mejoramiento y renovación urbana en varios asentamientos, con el fin de mejorar las condiciones de agua, saneamiento e higiene.

- Amala, Z., Setiyawan, A. S., Sarli, P. W., Soewondo, P., & Awfa, D. (2023). *Water and sanitation service: A priority to improve quality of slum areas in Pontianak City based on stakeholders' preferences*. El artículo analiza la ciudad de Pontianak, Indonesia, donde existen 150,16 hectáreas de asentamientos informales con graves carencias de servicios básicos e infraestructura, donde la opinión pública no está concienciada acerca de la importancia de un entorno saludable y de calidad. El gobierno ha realizado esfuerzos durante los últimos cinco años para mejorar la calidad de la infraestructura de agua y saneamiento en estos asentamientos para garantizar el acceso universal al agua y el saneamiento, así como su gestión sostenible. La investigación se realizó para determinar la prioridad de las partes interesadas respecto a mejorar el suministro de infraestructura de agua y saneamiento en estos asentamientos. Se utilizaron los métodos del Proceso Analítico Jerárquico (PAJ) como mecanismo para establecer preferencias. Los resultados mostraron que las partes interesadas de la ciudad de Pontianak priorizaron - en una escala que suma 1.0 - en 0,30 el suministro de agua potable en zonas marginales, en 0,25 la gestión de residuos sólidos, en 0,23 la gestión de aguas residuales y en 0,22 el drenaje ambiental. Se requiere un estudio exhaustivo de prioridades por parte de diversas partes interesadas relevantes para mejorar la calidad de las zonas marginales.
- Arruda, A. E., & Heller, L. (2022). *Acesso à água e esgotos em ocupação urbana na Região Metropolitana de Belo Horizonte: Efeitos na saúde, qualidade de vida e relações de gênero*. El artículo se refiere al acceso al agua y al saneamiento en el asentamiento informal de Vitória, indagando a través de un método de investigación cualitativo la percepción de los residentes sobre la asociación entre este acceso y las condiciones de salud: la aparición de enfermedades, la calidad de vida y las relaciones de género en la comunidad. El trabajo se basa en observaciones de campo y entrevistas con residentes. Se observó la precariedad del acceso al agua, manifestada a través de conexiones irregulares a redes formales y el predominio de fosas sépticas rudimentarias. La población relaciona la falta de saneamiento con la aparición de enfermedades infecciosas y parasitarias, así como con impactos en la desigualdad de género. El acceso inadecuado al agua y al alcantarillado impacta la calidad de vida de la comunidad, especialmente en mujeres y niños, comprometiendo la salud, la producción de alimentos agroecológicos y las prácticas culturales e identitarias..
- Brinks, D. M., Singh, A., & Wilson, B. M. (2022). *The decentered construction of global rights: Lessons from the human rights to water and sanitation*. El artículo analiza las luchas y reivindicaciones por el acceso al agua en distintas partes del mundo como base para sostener el origen del derecho al agua. A través de los trabajos realizados en distintas partes del mundo por otros investigadores, se analizan distintos casos: familias en Flint, Michigan protestando por el plomo en el agua, grupos indígenas en la Amazonía, que demandan el control de sus ríos, habitantes de barrios informales en la India, que reclaman la desconexión de los servicios y que exigen que el gobierno de la ciudad lleve agua potable a sus barrios, y el caso de una ciudad entera en Sudáfrica, preocupada por el día en que se queden sin agua. El artículo muestra que, en términos socio-jurídicos, el derecho global al agua se construye a partir de las innumerables luchas y reivindicaciones de personas que no pueden obtener una respuesta adecuada desde su entorno político y legal inmediato, y que reclaman el acceso al agua como algo esencial para una existencia digna. Estas interpretaciones son distintas e independientes a los significados que construyen expertos legales

internacionales y nacionales que trabajan textos legales sobre la materia, ilustrando así cómo se construye de manera descentralizada el derecho al agua.

- Defi, L. P., Kusumayanti, I., Fatimah, W. M., Sarli, P. W., & Soewondo, P. (2022). *The rise of rainbow village: Optimizing aesthetical program to accelerate sanitation access*: El trabajo, de corte cualitativo, se refiere a la carencia de instalaciones e infraestructura de agua, saneamiento e higiene, las dificultades financieras de costear las mejoras, y la posibilidad de incrementar la obtención de recursos mediante la creación de “pueblos arcoíris” o “pueblos coloridos” mediante la pintura de casas y espacios públicos para mejorar el aspecto de los asentamientos informales y convertirlos en destinos turísticos. Se estima que el aumento del valor social y económico derivado de ser un destino turístico impulse la mejora de la gestión del saneamiento en el pueblo. Para ello se analizaron los factores que optimizan el uso de los pueblos arcoíris en Bandung (Kampung Pelangi 200 y Kampung Cibunut Berwarna). Mediante un diseño de investigación descriptivo basado en encuestas, se recopilan para comparar cómo responden las aldeas al programa. El estudio concluye que los factores a considerar para optimizar el programa estético y facilitar el acceso al saneamiento son: 1) Legalidad, 2) Estructura institucional, 3) Finanzas y 4) Social.
- Dewoolkar, P., Iossifova, D., Shelar, S., Browne, A. L., & Holm, E. (2024). *Everyday practices of administrative ambiguation and the labour of de-ambiguation: Struggling for water infrastructure in Mumbai*. En este artículo se analiza cómo la precariedad administrativa, referida a la vulnerabilidad e inseguridad que experimentan los grupos marginados y desfavorecidos en los trámites requeridos para formalizar su acceso a los servicios públicos, les impiden obtener acceso adecuado al agua y al saneamiento. Se aborda la administración de la infraestructura hídrica en Mumbai, específicamente las experiencias de “Pani Haq Samiti” para demostrar cómo la ambigüedad en los procesos administrativos se utiliza como táctica para evitar o negar los impactos negativos del proceso burocrático en la gobernanza del agua y el saneamiento en Mumbai. Las prácticas ambiguas están arraigadas en las interacciones cotidianas entre ciudadanos o activistas y los funcionarios públicos. La continua retención de la infraestructura hídrica genera precariedad administrativa que afecta a los grupos marginados. Los autores proponen la desambiguación como requisito previo para la implementación de soluciones infraestructurales que permitan lograr el «derecho al agua».
- Gai, R.-L., Zhang, H., & Thanh, D. N. H. (2023). *A big data cleaning method for drinking-water streaming data*. Respecto al uso de la técnica de árboles de clasificación y regresión (CART), este artículo muestra cómo esta técnica estadística no paramétrica se utiliza para depurar datos obtenidos en tiempo real relativos a indicadores de calidad de un sistema de agua potable. El modelo HA_Cart_AdaBoost es un método avanzado de filtrado y depuración de datos, útil cuando se trabaja con grandes volúmenes de información obtenidos en tiempo real. Su objetivo principal es identificar errores, valores atípicos y datos faltantes, corrigiéndolos para obtener mediciones más fiables de ciertos parámetros, como el pH. Primero, el método detecta valores anormales que no siguen el comportamiento esperado de los datos y los elimina para evitar distorsiones. Luego, utiliza un árbol de decisión CART, para estimarlos, según registros previos más fiables. De ese modo, el modelo puede reconstruir valores eliminados o faltantes, ajustando y prediciendo datos de forma confiable.
- Handam, N. B., Santos, J. A. A., Moraes Neto, A. H. A. de, Alencar, M. F. L., Ignacio, C. F., & Sotero-Martins, A. (2020). *Sanitary quality (bacteriological and physical-chemical) of drinking water in urban slums in Rio de Janeiro, RJ, Brazil*. Este trabajo se centra en determinar la calidad de agua potable consumida en áreas urbanas precarias, utilizando como caso de estudio las favelas de Manguinhos, Río de Janeiro,

Brasil. Para ello los autores tomaron muestras de agua potable y analizaron su calidad, con base en los estándares establecidos en la Regulación Brasileña y en indicadores socioambientales relacionados con la salud de la población. Se analizaron parámetros físicos, químicos y bacteriológicos, aplicando los Métodos Estándar para el Análisis de Agua y Aguas Residuales, comparándolos posteriormente con datos socioambientales mediante estadísticas espaciales. Los resultados revelaron que en su mayor parte el agua no cumple los requerimientos de calidad de agua potable, y el análisis espacial demostró que las regiones con mayor densidad poblacional eran las que presentaban mayor vulnerabilidad socioambiental. Se demuestra así las deficiencias del servicio de agua y alcantarillado, el riesgo a la salud de la población, y la urgencia de reforzar políticas públicas que reduzcan inequidades de acceso a servicios seguros de agua y saneamiento...

- Instituto Nacional de Defensa Civil - INDECI (2018). *Informe Técnico 19-2018-INDECI/10.1 Informe Técnico 19-2018-INDECI/10.1*. El informe analiza la situación actual de la Quebrada Carosio, la efectividad de los trabajos de mitigación basados en la construcción y descolmatación de cuatro barreras geodinámicas, el análisis del riesgo debido a la ocurrencia de lluvias, e incluye recomendaciones estructurales y no estructurales. Entre ellas, propone construir un canal de drenaje pluvial, asegurar el desfogue de la quebrada y establecer restricciones para la construcción de viviendas.
- Martínez-Rivas, R., & Santa María-Huertas, R. (2024). *Gestión integral del agua: análisis y propuestas para acceder al agua segura y reducir la vulnerabilidad hídrica en un sector del distrito de Lurigancho, Chosica, Perú*. El estudio aborda la gestión integral del agua a través del caso de un asentamiento informal situado en el distrito de Lurigancho, perteneciente al área metropolitana de Lima, Perú, mediante una investigación mixta que incluye revisión de literatura, la aplicación de una encuesta a una muestra aleatoria de 76 familias, talleres con dirigentes vecinales, funcionarios públicos y consultas a expertos. Se estableció que para asegurar la calidad del agua de consumo humano es necesario proveer un nuevo sistema de potabilización y distribución, acompañado de técnicas sencillas basadas en el hogar. Igualmente destaca la pertinencia de modificar conocimientos, actitudes y prácticas de los habitantes para reducir la prevalencia de enfermedades parasitarias intestinales. Por su parte, la reducción de la vulnerabilidad por flujos de detritos depende del diseño de obras de retención, drenaje pluvial y reasentamiento poblacional. La adopción de estas medidas requiere un diseño urbano resiliente y la relocalización de algunas familias hacia viviendas más seguras y saludables. Para garantizar una gestión integral adecuada del agua desde el municipio, es necesario un estrecho vínculo entre la comunidad y las autoridades locales, y una eficaz articulación con entidades nacionales y regionales.
- Naz, I., Fan, H., Aslam, R. W., Tariq, A., Quddoos, A., Sajjad, A., Soufan, W., Almutairi, K. F., & Ali, F. (2024). *Integrated Geospatial and Geostatistical Multi-Criteria Evaluation of Urban Groundwater Quality Using Water Quality Indexes*. El artículo aborda el problema de identificar espacialmente el grado de contaminación de las aguas subterráneas en Lahore, la segunda ciudad más grande de Pakistán, donde los acuíferos sobreexplotados constituyen la principal fuente de abastecimiento de agua municipal y doméstica. Los objetivos principales fueron cartografiar la distribución espacial de contaminantes críticos como el arsénico, modelar su impacto en la potabilidad general y evaluar escenarios de remediación específicos. El método consiste en integrar sistemas de información geográfica (SIG), análisis de decisiones multicriterio y técnicas de indexación de la calidad del agua basados en la opinión de expertos. Se aplicó la metodología del proceso analítico jerárquico (AHP) para calcular la importancia relativa de diversos parámetros de calidad del agua, basándose en la opinión de expertos. El arsénico recibió la mayor prioridad (0,28), seguido de los

sólidos disueltos totales (0,22) y la dureza (0,15). Los parámetros de calidad de agua obtenidos en distintos puntos de control fueron conjugados en un índice de calidad del agua subterránea. El análisis de superposición ponderada en SIG delineó puntos críticos de calidad localizados, revelando áreas severamente degradadas con valores de índice muy bajos en zonas industriales urbanas, corroborando la incidencia de informes de vertidos de efluentes industriales no regulados que contaminan los acuíferos. Los escenarios prospectivos de mejora proyectaron que la reducción de metales pesados como el arsénico en un 30% podría mejorar los índices de calidad hasta en un 20,71%.. Este tipo de análisis proporciona a los planificadores urbanos y a las empresas de servicios públicos información crucial para desarrollar políticas específicas de restauración de la calidad de las aguas subterráneas mediante intervenciones estratégicas que abarcan instalaciones de tratamiento, mejoras en la infraestructura de drenaje y regulaciones para la descarga de contaminantes..

- Olajuyigbe, A. E., Rotowa, O. O., & Adewumi, I. J. (2012). *Water vending in Nigeria: A case study of Festac Town, Lagos, Nigeria*. En este trabajo se analiza el caso de Festac Town, Lagos, Nigeria, una comunidad de bajos recursos que no cuenta con un servicio formal de agua potable, debido a la incapacidad de la Agencia de Abastecimiento de Agua (WSA) para atender dicha comunidad. El trabajo analiza la venta de agua como medio de suministro del recurso a los hogares. El estudio seleccionó 1139 hogares y 57 vendedores mediante un muestreo aleatorio simple. Se identificaron las fuentes de suministro de agua de los vendedores, su nivel de clientela y los problemas asociados a sus operaciones. El resultado mostró que existen dos categorías principales de venta de agua: vendedores formales e informales. Los primeros se abastecen de fuentes mejoradas, mientras que la mayoría de los informales lo hacen de fuentes no mejoradas. La mayor parte de los hogares consideran indispensable obtener el agua a través de vendedores, y están dispuestos a pagar sus servicios. En tal sentido, el artículo plantea la necesidad de que el gobierno reconozca a los vendedores de agua como mecanismo válido de suministro, y aboga por asegurar una fuente segura de agua potable a todos ellos. El documento concluye que la estrategia más sostenible sería reactivar el sistema de suministro de agua por tubería para todos.
- Pareja Dominguez, M.A., Pascual Figueroa, H.D., & Silva Dávila, M.R. (2022). *Evaluation of the effectiveness of flexible debris flow barriers for control of huaycos using satellite images and GIS, in the Basin of rimac river, Perú*. En este trabajo los autores verificaron la efectividad de las barreras contra flujos de escombros instaladas en 2016, para evitar la pérdida de vidas humanas y daños materiales, determinando que poseen una efectividad superior al 80% en la retención del volumen de sólidos arrastrados en eventos previos.
- Paulini, C. C. R. (2023). *Uma proposta de critérios ambientais, sociais e de governança (ESG) para o setor de saneamento*. El artículo aborda la relación existente entre agua, saneamiento y desarrollo económico, a través de criterios ambientales, sociales y de gobernanza institucional (Environmental, Social & Governance - ESG). Los criterios ESG pueden utilizarse como herramienta para analizar la gestión del agua de las empresas proveedoras y su interacción con distintas partes interesadas, incorporando datos diversos para evaluar su gestión, tales como el reuso de agua, el consumo y fuente de energía utilizada, la protección de fuentes de agua, la cobertura promedio del servicio de agua y del saneamiento, la existencia de programas de educación e integración comunitaria, la regularización de áreas no incorporadas, la participación social, la transparencia, el registro de pérdidas e interrupciones de suministro, la gestión de riesgos respecto al cambio climático, entre otros. La mayoría de las empresas no reportan datos no financieros de forma sistemática y transparente para demostrar la idoneidad ambiental, social y la gobernanza de su gestión. El estudio

propone utilizar tales criterios para evaluar el compromiso ambiental, social e institucional de las empresas estatales de agua y saneamiento. Los criterios presentados pueden ser utilizados por las agencias ambientales de supervisión, y para la toma de decisiones por parte de las empresas proveedoras.

- *Shah, S. A., Shah, S. H., & Khan, M. A. (2024). Drivers of municipal water security and vulnerability in Pakistan: A case study of Mardan, Khyber Pakhtunkhwa.* El artículo aborda el estudio de una subdivisión (tehsil) de Mardan, un distrito de la provincia de Khyber Pakhtunkhwa, en Pakistán, donde se han registrado cambios relevantes en el uso y cobertura del suelo (Land Use & Land Coverage - LULC), crecimiento demográfico, variación climática y descenso del nivel freático. El estudio propone evaluar y cuantificar la vulnerabilidad de la seguridad hídrica municipal en Tehsil Mardan, incorporando indicadores LULC, demográficos y climáticos mediante teledetección y técnicas estadísticas. Los cambios LULC se cuantifican a partir de imágenes satelitales Landsat de 1990 a 2021. Se realizaron encuestas de campo y cuestionarios para estimar el agotamiento de las aguas subterráneas y la demanda municipal de agua. Se aplicó la prueba de tendencia de Mann-Kendall a los datos de temperatura y precipitación, y se realizó un análisis de correlación para determinar la relación entre las distintas variables analizadas. Para comprender la vulnerabilidad de la seguridad hídrica municipal causada por factores físicos, climáticos y sociales, se utilizó el Proceso Analítico Jerárquico (AHP). Los resultados del LULC muestran que entre 1990 y 2021, la mancha urbana aumentó 5 veces, de 37 km² a 188 km², mientras que las áreas no urbanizadas se redujeron casi a la mitad, de 437 km² a 252 km². Como consecuencia de ello, el agotamiento promedio del nivel freático fue de 30 cm por año, mostrando una correlación positiva con el número de pozos entubados, la oferta y la demanda de agua, y el crecimiento poblacional. Además, se observa un aumento de 0,008 °C por año en la temperatura promedio, y una tendencia a la baja en la precipitación media durante los últimos 30 años. Los resultados muestran que la seguridad hídrica municipal pasó de una etapa "relativamente invulnerable" a otra "muy vulnerable" en las últimas tres décadas. El estudio aportó información valiosa para facilitar a los responsables políticos y a los planificadores urbanos la gestión de las obras hidráulicas municipales actuales y futuras, la planificación del uso del suelo y las oportunidades y amenazas ambientales asociadas.
- *Wei, X., Wang, M., Wei, Q., & Ma, X. (2025). Piping Material Selection in Water Distribution Network Using an Improved Decision Support System.* El estudio propone una metodología de toma de decisiones multicriterio para apoyar la selección de materiales en redes municipales de agua potable, combinando tres técnicas ampliamente utilizadas: AHP, Entropía y TOPSIS. Estas técnicas se complementan con el AHP de Thomas Saaty porque cada una cumple un rol distinto. El AHP incorpora el juicio experto para definir la importancia relativa de los criterios y estructurar el problema; la entropía ajusta o corrige esos pesos de manera objetiva, reduciendo sesgos; y TOPSIS utiliza los pesos resultantes para comparar y jerarquizar las alternativas. El enfoque integra criterios técnicos, económicos y de seguridad, permitiendo evaluar de manera equilibrada las distintas alternativas de tuberías. La metodología se aplicó a un caso real en China, donde se compararon cinco materiales de uso común en sistemas de abastecimiento de agua.

El Proceso de Análisis Jerárquico (**Analytic Hierarchy Process - AHP**), fue originalmente propuesto por el matemático estadounidense Thomas L. Saaty (Saaty, 1990), como una herramienta sistemática para apoyar la toma de decisiones complejas bajo múltiples criterios. Esta herramienta metodológica es utilizada para intervenciones en el ámbito de planificación y gestión urbana, debido a su capacidad para integrar criterios en contextos donde las decisiones suelen involucrar múltiples actores y altos niveles de complejidad (Osorio & Orejuela, 2008). Estos autores valoran el método AHP por sus tres funciones básicas para

escoger opciones entre múltiples criterios: estructurar la complejidad, refiriéndose con ello a la posibilidad de establecer criterios y subcriterios de selección de distinta naturaleza; medir en una escala, destacando aquí la posibilidad de conjugar métricas numéricas, categóricas, e incluso apreciaciones subjetivas para evaluar cada opción; y sintetizar, en el sentido de que los análisis de criterios y subcriterios de cada opción no pierden de vista la solución del problema general de solución para la totalidad.

En los artículos recopilados, la técnica es utilizada para calificar las áreas vulnerables de una cuenca (Ahmad et al, 2025), como mecanismo para establecer preferencias entre stakeholders (Amala et al., 2023), planificar la rehabilitación de redes de acueducto (Hassoun-Nedjar et al., 2023), para calcular la importancia relativa de diversos parámetros de calidad del agua, basándose en la opinión de expertos (Naz, et al., 2024)), para valorar la vulnerabilidad hídrica causada por factores físicos, climáticos y sociales (Shah et al., 2024), para seleccionar materiales de tuberías para el suministro de agua potable (Wei et al., 2025), para mejorar la gestión del agua (Zyoud et al, 2016), demostrando su versatilidad para múltiples aplicaciones.

Respecto a los **árboles de clasificación y regresión (CART)**, este método fue desarrollado por Breiman, Friedman, Olshen y Stone (1984) como un enfoque estadístico no paramétrico que permite segmentar datos complejos mediante la identificación de patrones y reglas de decisión. Su estructura jerárquica y su capacidad para manejar variables de diversa naturaleza han facilitado su aplicación en estudios de planificación urbana, particularmente en la identificación de áreas críticas, la clasificación de tipologías socioespaciales y la evaluación de escenarios de riesgo. En el campo de la infraestructura de agua y saneamiento, los modelos CART se han utilizado para analizar factores que inciden en la cobertura y calidad del servicio, priorizar intervenciones y apoyar la formulación de políticas basadas en evidencia, especialmente en contextos periurbanos con marcada heterogeneidad social y territorial. En los artículos analizados, la técnica es utilizada para depurar un gran número de datos de parámetros de calidad de un sistema de agua potable (Gai, Zhang & Thanh, 2023).

Respecto al **flujo de detritos**, la vulnerabilidad y los escenarios de riesgo, se toman como referencia los estudios del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED), del Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) y otras instituciones del Estado. Estudios específicos abordan la vulnerabilidad ante flujos de detritos en las quebradas Carosio, y Quirio (Pareja Domínguez, M. A., & Pascual Figueroa, H. D. 2021). Los estudios previos señalan la pertinencia de llevar a cabo obras de mitigación y de tomar medidas preventivas

Respecto a los **criterios técnicos**, los estudios más recientes sobre gestión hídrica urbana muestran una fuerte orientación hacia enfoques técnicos y metodológicos para mejorar la resiliencia y seguridad del agua. Ahmad et al. (2025) desarrollan un índice integrado de riesgo de inundación para fortalecer los sistemas de drenaje urbano. En la misma línea técnica, Gai et al. (2023) proponen un método de limpieza de big data para flujos de agua potable. Complementariamente, Plantak et al. (2021) optimizan el diseño de depósitos urbanos, y Wei et al. (2025) mejoran la selección de materiales de tuberías mediante un sistema avanzado de soporte de decisiones. Paralelamente, diversos trabajos profundizan en la calidad sanitaria, seguridad y reutilización del recurso hídrico. Handam et al. (2020) evalúan parámetros bacteriológicos y fisicoquímicos del agua potable, Isingoma y Kwesiga (2021) realizan análisis microbiológicos de fuentes domésticas. Cruz y Mierzwa (2020) relacionan salud pública e innovaciones tecnológicas, mientras que Celeste (2023) vincula las características del agua de consumo humano y las instalaciones de saneamiento con la pobreza urbana. En cuanto a la reutilización, Rafaai et al. (2025) mapean plantas de tratamiento para recuperación industrial y Sajjadian et al. (2025) aplican AHP para seleccionar destinos municipales de reuso.

En referencia al **criterio social**, los artículos analizan el impacto del agua y el saneamiento en la salud, la equidad, la calidad de vida, la vulnerabilidad de las comunidades y las preferencias de los usuarios. Akoteyon et al. (2021) miden la privación en servicios de agua, saneamiento e higiene y las condiciones residenciales en asentamientos marginales, mientras que Amala et al. (2023) priorizan intervenciones de agua y saneamiento según las preferencias de los actores locales. Arruda y Heller (2022) examinan cómo el acceso al agua y alcantarillado influye en la salud, la calidad de vida y las relaciones de género, y Chacón Jiménez y Mora González (2023) analizan las tensiones y desafíos en la gestión social del agua en comunidades indígenas. Complementariamente, Defi et al. (2022) muestran cómo el diseño estético del saneamiento puede mejorar la aceptación social, y Dewoolkar et al. (2024) documentan la lucha por la infraestructura hídrica en Mumbai como expresión de la desigualdad urbana:

Respecto al **criterio económico**, los estudios revisados ofrecen perspectivas complementarias sobre la relación entre financiamiento, modelos de provisión y regulación en el sector hídrico y de saneamiento. Olajuyigbe et al. (2012) analizan la dinámica de la venta informal de agua (water vending), revelando que este tipo de provisión constituye una red económica alternativa que puede coexistir o incluso competir con los sistemas formales, lo que permite comprender mejor las brechas estructurales en el acceso y la dependencia de soluciones informales en contextos urbanos y periurbanos. Asimismo, Paulini (2023) propone la aplicación de criterios Ambientales, Sociales y de Gobernanza (ESG) al sector de saneamiento, aportando un marco conceptual y metodológico que orienta la evaluación del desempeño sostenible y del riesgo asociado a las inversiones en infraestructura hídrica. Seguidamente un breve resumen de estos trabajos.

En cuanto al **criterio institucional**, la literatura revisada evidencia la complejidad institucional y regulatoria del sector de agua y saneamiento. Brinks et al. (2022) analizan la construcción descentralizada de los derechos humanos al agua y al saneamiento, aportando principios clave para orientar políticas públicas. Dewoolkar et al. (2024) muestran cómo la ambigüedad administrativa cotidiana limita la consolidación de infraestructura hídrica, mientras que Martínez-Rivas y Santa María-Huertas (2024) proponen enfoques de gobernanza para fortalecer la gestión integral del recurso. En el ámbito regulatorio, Paulini (2023) introduce criterios de gobernanza (ESG) aplicables al saneamiento, y Schweitzer et al. (2014) brindan un mapeo de herramientas de sostenibilidad que permite evaluar capacidades institucionales. Asimismo, Shah et al. (2024) identifican los factores que impulsan la seguridad o vulnerabilidad del agua municipal, proporcionando un marco para valorar el desempeño institucional. Singh (2022) analiza cómo el derecho al agua se implementa a nivel municipal. En complemento, Sinharoy et al. (2019) revisan los impulsores y barreras de políticas de agua, saneamiento e higiene en asentamientos informales, fundamentales para orientar la reforma institucional.

La consideración de opciones alternativas para el suministro de agua potable no es algo nuevo en el Perú. En la década de 1990, a raíz de la epidemia de cólera y su rápida expansión en zonas informales, se concibió el Programa Agua para Pueblos Jóvenes (World Bank, 2002), en el cual se empoderó a la población para colaborar en la administración de pequeños sistemas de abastecimiento y distribución que garantizaran agua segura, y en la construcción de letrinas higiénicas, complementando así la cobertura del Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima (SEDAPAL).

A pesar de la experiencia positiva en el diseño e implementación de estos servicios autogestionados en zonas periurbanas y rurales (MVCS, 2018), es poco lo que se ha avanzado, al menos en Lima Metropolitana, para alcanzar una cobertura y calidad aceptables, por lo que recientemente se han generado iniciativas legislativas para cerrar la brecha (MVCS, 2024).

9.0. Marco teórico y conceptual

9.1. Análisis de conglomerados

El **análisis de conglomerados** (Clustering analysis) es una técnica estadística multivariada no paramétrica que permite agrupar elementos según su similitud, de modo que los integrantes de un mismo grupo presenten características homogéneas y exista la mayor diferencia posible respecto a otros grupos (Everitt et al., 2011). Este método es ampliamente utilizado en estudios urbanos, ambientales y socioeconómicos para identificar patrones espaciales, tipologías o perfiles a partir de múltiples variables observadas,

Para la medición de similitudes se utilizaron la **distancia euclidiana**, el **coeficiente de correlación de Pearson** y la **distancia de Manhattan**, siendo esta última la que mejor representó las agrupaciones obtenidas. La distancia de Manhattan resulta especialmente adecuada en contextos donde los datos no siguen una distribución normal o se encuentran expresados en diferentes escalas, ya que permite una clasificación más robusta y facilita la identificación de patrones territoriales relevantes..

En análisis de clustering jerárquico, la distancia Manhattan (también llamada distancia L1 o “city-block distance”) entre dos observaciones $x = (x_1, x_2, \dots, x_p)$ y $y = (y_1, y_2, \dots, y_p)$ en un espacio de p dimensiones, se define como:

$$D_{\text{Manhattan}}(x, y) = \sum_{i=1}^p |x_i - y_i|$$

Supongamos que tenemos dos sectores de Lurigancho con estas variables simplificadas:

- $x = (\text{Litros/persona/día} = 120; \text{Horas suministro} = 4)$
- $y = (\text{Litros/persona/día} = 150; \text{Horas suministro} = 8)$

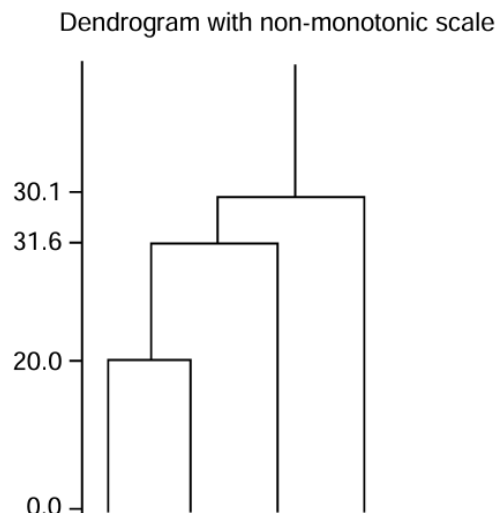
Aplicando la fórmula:

$$D_{\text{Manhattan}}(x, y) = |120 - 150| + |4 - 8| = 30 + 4 = 34$$

Este valor de 34 unidades representa la medida de disimilitud entre ambos sectores. En el análisis de conglomerados, estos valores se utilizan para construir la **matriz de distancias**, que constituye la base para la elaboración del **dendrograma jerárquico**.

Esto se muestra en la figura 3.

Figura 3.
Ejemplo de dendrograma jerárquico



Fuente: Everitt, B. S., Landau, S., Leese, M., & Stahl, D. (2011). Cluster analysis (5th ed.). Wiley.

Para la unión progresiva de grupos se empleó el **criterio de enlace completo** (*complete linkage*), el cual define la distancia entre dos conglomerados como la mayor distancia existente entre cualquier par de elementos, uno perteneciente a cada grupo. Este enfoque tiende a generar conglomerados más compactos y homogéneos, reduciendo la formación de grupos extensos con elementos disímiles, a diferencia de otros métodos como el enlace simple (*single linkage*).

Con el fin de asegurar una clasificación adecuada de los sectores —tanto para efectos de muestreo en la ejecución de encuestas como para su uso como insumo en etapas posteriores del estudio— se realizaron diversas pruebas de análisis de conglomerados, empleando distintos métodos y medidas de distancia. Estas pruebas permitieron evaluar la consistencia de los grupos formados, comparando sus ventajas y limitaciones. Los dendrogramas resultantes se obtuvieron a partir de la información del **Censo Nacional de Población y Vivienda del INEI 2017**, lo que permitió representar gráficamente la estructura de los conglomerados.

Respecto a las variables dependientes e independientes consideradas en el análisis, estas se presentan en la **Tabla 2**, donde se detallan los agrupamientos resultantes, los factores demográficos y las condiciones topográficas asociadas a cada zona.

Tabla 2.

Variables dependientes e independientes relacionadas con el nivel de servicios de agua y saneamiento

Variables dependientes	Variables independientes	
Agrupamiento resultantes	Variables Técnicas	Topografía
• Zona tipo I	• Disp. Agua (1 a 3 hrs) %	• Alto > 900 msnm
• Zona tipo II	• Disp. Agua (4 a 7 hrs) %	• Medio: 900 - 800 msnm
• Zona tipo II	• Disp. Agua (8 a 14 hrs) %	• Bajo: < 800 msnm
• Zona tipo IV	• Disp. Agua (15 a 23 hrs) %	
• Zona tipo V	• Disp. Agua (24 hrs) %	

Fuente: Elaboración propia. IVUDS, septiembre 2025

En conjunto, el uso del enlace completo combinado con la distancia de Manhattan permitió obtener agrupaciones más robustas y coherentes.

9.2. Tablas de contingencia y pruebas Chi cuadrado (χ^2)

La prueba chi-cuadrado (χ^2), el coeficiente de contingencia basado en la correlación de Pearson y la evaluación de significación estadística mediante valores de probabilidad ($p < 0,05$) son herramientas fundamentales para analizar relaciones entre variables en estudios cuantitativos. Estas técnicas permiten determinar si existe una asociación estadísticamente significativa entre dos variables y evaluar la magnitud y confiabilidad de dicha asociación dentro de una muestra (Agresti, 2018; Moore et al., 2017).

La prueba chi-cuadrado de independencia se utiliza para examinar si la distribución de frecuencias observadas entre dos variables difiere de la que cabría esperar por azar. El procedimiento compara frecuencias observadas y esperadas bajo la hipótesis de independencia, evaluando si la diferencia entre ambas es suficientemente grande como para rechazar dicha hipótesis (Triola, 2020). Un valor elevado de χ^2 indica mayores discrepancias entre lo observado y lo esperado, sugiriendo una asociación entre variables. El estadístico se obtiene sumando, para cada celda de una tabla de contingencia, el cuadrado de la diferencia entre frecuencias observadas y esperadas, dividido por la frecuencia esperada. Luego, dicho valor se contrasta con la distribución teórica chi-cuadrado considerando los grados de libertad (Field, 2018).

El coeficiente de correlación de Pearson permite evaluar la fuerza y dirección de la relación entre dos variables cuantitativas. Su valor oscila entre -1 y 1, donde valores cercanos a ± 1 indican una relación fuerte y valores cercanos a 0 sugieren ausencia de correlación (Field, 2018). Mientras que la prueba chi-cuadrado identifica la existencia de asociación, el coeficiente de Pearson cuantifica su intensidad. En el caso de variables categóricas, es común emplear medidas derivadas —como Phi o V de Cramer— basadas en el estadístico χ^2 para cuantificar la fuerza de asociación en tablas de diferentes dimensiones (Agresti, 2018).

La prueba de hipótesis contrapone una hipótesis nula (H_0), que plantea ausencia de relación, con una hipótesis alternativa (H_1), que propone la existencia de dicha relación. El análisis genera un valor p, que indica la probabilidad de obtener resultados iguales o más extremos que los observados si la hipótesis nula fuera verdadera. Cuando el valor p es inferior al nivel de significación previamente establecido, habitualmente $p < 0,05$, se rechaza la hipótesis nula, concluyendo que existe asociación estadística (Moore et al., 2017). Este umbral del 5% se utiliza ampliamente en ciencias sociales y salud, aunque pueden emplearse niveles más rigurosos según el diseño del estudio (Mendenhall et al., 2017).

En conjunto, estas herramientas permiten determinar si una relación observada en los datos es atribuible al azar o representa una asociación real, así como evaluar su magnitud y consistencia. Su aplicación refuerza la solidez metodológica en encuestas, estudios observacionales y análisis estadísticos aplicados, proporcionando una base empírica para formular conclusiones (Agresti, 2018; Field, 2018).

Cada indicador de agua y saneamiento fue evaluado mediante la prueba de Chi-cuadrado para determinar la posible incidencia de factores demográficos, sociales, económicos y mixtos. Los resultados relevantes se seleccionaron cuando la estadística Chi-cuadrado de Pearson arrojó un valor p inferior al 5% de significancia, de acuerdo con los grados de libertad de cada tabla de contingencia. En algunos casos, cuando la prueba de Chi-cuadrado no resulta adecuada, la tabla de contingencia puede destacar hallazgos relevantes.

En la tabla 3 se detalla la clasificación de variables.

Tabla 3.

Variables dependientes e independientes relacionadas con el nivel de servicios de agua y saneamiento

Variables dependientes		Variables independientes		
Indicadores de niveles de servicio de agua y saneamiento		Factores demográficos	Factores sociales y económicos	Factor espacial
• Método de abastecimiento de agua • Método de evacuación de aguas residuales • Litros por persona por día • Número de horas de servicio • Características organolépticas • Presión de agua • Tipo y cantidad de almacenamiento de agua • Disposición a firmar contrato de servicio	• Tamaño del hogar • Edad de la población • Género	• Nivel de ingreso familiar • Enfermedades diarreicas • Enfermedades metaxénicas • Método de aseguramiento de la calidad del agua en el hogar • Lavado de manos • Percepción de agua segura • Pago por el agua • Opinión sobre el agua y el saneamiento	• Zona (topografía, trazado urbano)	

Fuente: Elaboración propia. IVUDS, septiembre 2025

9.3. Proceso de Análisis Jerárquico (AHP)

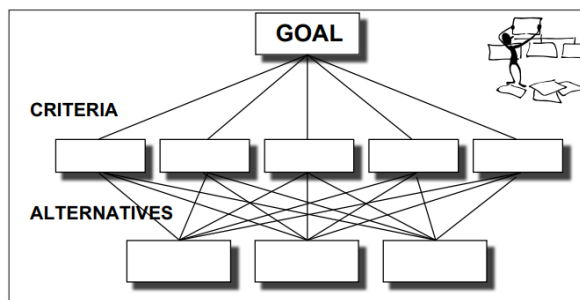
Respecto a las herramientas cuantitativas para apoyar la toma de decisiones, el procedimiento de análisis jerárquico (Analytic Hierarchy Process – AHP) desarrollado por Thomas L. Saaty en 1983 (Saaty, 1987, 1990), es ampliamente utilizado para escoger opciones previamente establecidas de respuesta, para resolver un problema de decisión donde se requiere escoger la mejor opción frente a varios criterios de selección con diferente importancia relativa. En la técnica original se utilizan las opiniones de expertos individuales para estimar la importancia relativa de cada criterio, haciendo comparaciones por pares de criterio (pairwise comparisons), en una escala de 1 a 9 (uno es igualmente importante; de 2 a 9, el número de veces que es más importante un criterio que el otro). En vista de que existen propiedades transitivas al momento de considerar dicha importancia relativa – idealmente si, a_{ij} representa la importancia relativa del criterio “i” sobre el criterio “j”, y a_{jk} la del criterio “j” sobre el “k”, entonces, para ser consistentes, la importancia relativa del criterio “i” sobre “k”, debería ser $a_{ik} = a_{ij} \cdot a_{jk}$. Al manejar opiniones de expertos para establecer la importancia relativa entre criterios, se producen inconsistencias en la asignación de pesos. Para resolver este problema, AHP estima un índice de consistencia determinado por el máximo autovalor de la matriz de comparaciones entre criterios:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

El método acepta un índice de inconsistencia de 0,1, equivalente a un 10% de inconsistencia; cuando el índice es igual a cero, la consistencia en los pesos es perfecta. Otra manera de valorar el juicio de expertos es solicitar una ponderación completamente consistente desde el inicio, repartiendo 100% de los pesos de forma exacta. Esta forma de repartición de los pesos elimina la necesidad de calcular el índice de consistencia, pero reduce la capacidad del método para capturar las preferencias relativas implícitas del experto y limita la posibilidad de detectar contradicciones internas en el razonamiento

El método organiza en una red una meta general, un conjunto de criterios, pudiendo establecerse también subcriterios debajo de cada criterio, y las alternativas a comparar, esto se grafica en la figura 4.

Figura 4.
Representación abstracta de una jerarquía de decisiones



Fuente: Creative Decisions Foundation – CDF, 2025

Para el análisis de las opciones de tratamiento y potabilización de agua potable se consideraron los criterios e indicadores que se incluyen en la tabla 4:

Tabla 4:
Criterios e indicadores para la evaluación de opciones de agua potable

Criterio técnico	Criterio económico	Criterio social	Criterio Institucional
Gasto promedio diario de consumo (Ips), según distintas dotaciones per cápita.	Tarifa (USD x viv/mes) , según lo reportado en la encuesta socioeconómica y las tarifas reportadas por SEDAPAL para un servicio social	Proporción de suministro óptimo alcanzado (% de dotación), comparando la dotación per cápita obtenida con una dotación teórica deseable.	Capacidad de gestión local (escala de Likert), en términos cualitativos, según las apreciaciones de los investigadores
Continuidad horaria del servicio (horas/día), según el número de horas de suministro al día.	Costo de inversión , (USD/viv) para la proporción de habitantes del sector, según los componentes principales del sistema.	Disposición a pagar el servicio (% de la población), de acuerdo a los resultados de la encuesta socioeconómica.	Factibilidad legal y regulatoria (escala de Likert), según la apreciación de los investigadores, al comparar con el marco regulatorio
Calidad del agua potable (% de personas), de acuerdo con las percepciones de las características organolépticas del agua.	Costo de operación (USD/viv/año), para la proporción de habitantes del sector en estudio, de acuerdo a los datos aportados por el Municipio y con base en estimaciones de la SUNASS para SEDAPAL.	Impacto en salud pública (% de la población), de acuerdo con los resultados de la encuesta socioeconómica respecto a la enfermedades diarreicas asociadas al agua	Respaldo de grupos de interés (escala de Likert), medida en términos cualitativos, según las opiniones reflejadas en la encuesta socioeconómica.

Fuente: Elaboración propia. IVUDS, 2025.

El agua segura depende de la dotación diaria per cápita ofrecida, de la disponibilidad horaria del suministro, y del aseguramiento de su calidad para el consumo humano. Desde el punto de vista económico, la viabilidad de ofrecer un servicio adecuado depende de los costos de inversión de las obras de mejoramiento, de los costos de operación de las nuevas instalaciones, y de las tarifas resultantes para ofrecer el servicio. En cuanto al criterio social, el suministro adecuado debería reflejarse en indicadores tales como la proporción de familias beneficiadas, la disposición a pagar por parte de la población y su posible efecto en la mejora de la salud pública. Finalmente, en cuanto al criterio institucional, la viabilidad de un sistema

mejorado de agua potable tendría que considerar la capacidad de gestión local, la viabilidad de ofrecer el servicio según el marco legal vigente, y el respaldo de grupos de interés.

Para el análisis de las opciones de saneamiento se consideraron los criterios e indicadores que se incluyen en la tabla 5:

Tabla 5.

Criterios e indicadores para la evaluación de opciones de saneamiento

Criterio Técnico	Criterio Económico	Criterio Social	Criterio Institucional
Porcentaje de Viviendas conectadas a red pública (%) , según los registros del INEI en 2017.	Tarifa (USD x viv/mes) , según lo reportado en la encuesta socioeconómica y las tarifas aprobadas a SEDAPAL para un servicio social	Viviendas beneficiadas (Nro de viviendas), según la extensión de las obras alrededor de la canalización.	Capacidad de gestión local (escala de Likert), en términos cualitativos, según las apreciaciones de los investigadores
Efectos ambientales negativos (kg DBO/día), según la estimación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 5 días (DBO5) de los efluentes descargados.	Costo de inversión , (USD/viv) para el total de viviendas del sector, incorporando los costos de los principales componentes del sistema.	Disposición a pagar el servicio , (% de la población), de acuerdo a los resultados de la encuesta socioeconómica.	Factibilidad legal y regulatoria (escala de Likert), según la apreciación de los investigadores, al comparar con el marco regulatorio
Superficie de área verde a regar con agua tratada (m²) , según la posibilidad de tratar una porción de los efluentes in situ, reutilizando los efluentes en el riego de superficie de áreas verdes.	Costo de operación (USD/año/viv), para el total de viviendas del sector, asumiendo 5% del costo de inversión y considerando los datos aportados por el Municipio.	Impacto en salud pública , (% de la población), de acuerdo con los resultados de la encuesta socioeconómica respecto a la enfermedades diarreicas asociadas al agua	Respaldo de grupos de interés (escala de Likert), medida en términos cualitativos, según las opiniones reflejadas en la encuesta socioeconómica.

Fuente: Elaboración propia. IVUDS, 2025.

El mejoramiento del saneamiento también debe incluir criterios técnicos, económicos, sociales e institucionales. Desde un punto de vista técnico, un sistema adecuado de captación y tratamiento de aguas residuales debe considerar la cobertura, los potenciales efectos negativos que la descarga no tratada puede ocasionar al ambiente, y la posibilidad de reutilizar el agua tratada mediante el riego de áreas verdes. Los restantes indicadores pueden ser similares a los ya señalados para los sistemas de agua potable.

9.4. Árboles de Clasificación y Regresión (CART)

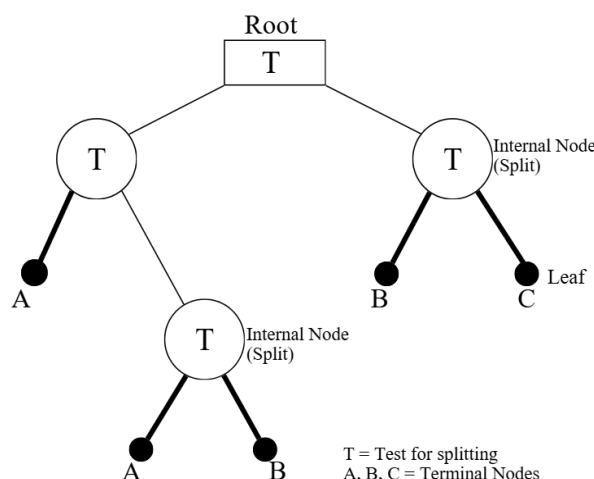
Respecto a los Árboles de Clasificación y Regresión (CART), se trata de una técnica estadística no paramétrica que, aplicada a un conjunto de datos (variables independientes x1, x2, xn que caracterizan cada registro), escoge las preguntas óptimas que permitan alcanzar una “respuesta” para cada dato (variable dependiente Y), bien sea la pertenencia a una clase, o la obtención de un valor numérico. Consiste en elaborar un árbol de decisión como modelo predictivo basado en un conjunto de observaciones de las que se conoce la respuesta, para posteriormente utilizar dicho árbol en casos donde la respuesta no es conocida. En las ciencias médicas, de donde procede originalmente la técnica (Breiman, Friedman, Olshen & Stone, 1984), los datos provenientes de historias clínicas de pacientes, tales como edad, raza,

nivel de tensión arterial, antecedentes familiares, entre otras, se utilizan en CART para obtener la probabilidad de padecer un infarto al miocardio, para predecir la sobreutilización de antibióticos, entre otras respuestas (Morgan, 2014).

En los árboles de clasificación y regresión, las preguntas arrancan desde un nodo en la raíz, donde están todos los datos (ver figura 4). La primera pregunta al conjunto de datos en el nodo raíz “divide” los datos en dos subconjuntos. Los datos que responden la pregunta afirmativamente van a una rama, digamos la derecha, mientras que los demás datos se dirigen a la rama izquierda, este esquema se muestra en la figura 4:

Figura 5.

Representación del árbol de clasificación y regresión



Fuente: Morgan, 2014.

Entonces, en la medida que se baja por las ramas del árbol respondiendo nuevas preguntas, el subconjunto de datos resultante es cada vez más “puro” u “homogéneo”, discriminando los casos hacia las “clases” o respuestas que están en los nodos terminales u “hojas” del árbol (Morgan, 2014). Este set de preguntas es el que permitirá predecir otros casos donde se desconoce la respuesta. La técnica se ha utilizado en problemas de agua y saneamiento (Bermejo-Martín, Rodríguez-Monroy & Núñez-Guerrero, 2021) para identificar conductas de los usuarios del servicio de agua que explican su consumo, entre otras aplicaciones.

Para predecir las opciones de agua potable la variable dependiente corresponde a la opción de abastecimiento y distribución de agua a seleccionar, mientras que las variables independientes corresponden a aquellas utilizadas para la clasificación de agrupamientos, según lo señalado en la tabla a continuación

Tabla 6.

Variables dependientes e independientes relacionadas con el árbol de clasificación y regresión

Variables dependientes	Variables independientes			
Opciones de abastecimiento y distribución de agua potable	Disponibilidad horaria de agua (año 2017)	Tipo de Zona, según análisis de agrupamientos	Topografía	Ubicación según margen del río
Solución A: Abastecimiento desde pozos adyacentes al río Rímac y distribución directa a redes cercanas Solución B: Abastecimiento a sectores situados en la margen derecha del río Rímac, en cotas < 900 msnm, desde reservorio La Trinchera.	- Disp. Agua (1 a 3 hrs) % - Disp. Agua (4 a 7 hrs) % - Disp. Agua (8 a 14 hrs) % - Disp. Agua	- Zona tipo I - Zona tipo II - Zona tipo II - Zona tipo IV - Zona tipo V	- Alto > 900 msnm - Medio: 900 - 800 msnm - Bajo: < 800 msnm	- Justo al borde - Derecho - Izquierdo

-
- **Solución C:** Abastecimiento a sectores en la margen derecha del río Rímac, en cotas > 900 msnm, desde PTAP Moyopampa. (15 a 23 hrs) % Disp. Agua (24 hrs) %
 - **Solución D:** Abastecimiento a sectores situados en la margen izquierda del río Rímac, en cotas < 900 msnm, desde reservorio La Ronda.
 - **Solución C:** Abastecimiento a sectores en la margen izquierda del río Rímac, en cotas > 900 msnm, desde distintas fuentes.
-

Fuente: Elaboración propia. IVUDS, septiembre 2025

10.0. Hipótesis

Hipótesis general:

Es posible proponer opciones viables para ofrecer agua segura y saneamiento adecuado en algunos sectores de la Municipalidad Distrital de Lurigancho, analizando características demográficas, sociales, económicas y técnicas, evaluando alternativas mediante el Proceso de Análisis Jerárquico, expandiendo los resultados mediante técnicas estadísticas no paramétricas, y visualizando sus implicaciones urbanas y arquitectónicas.

Hipótesis específicas:

- El análisis de la problemática de acceso al agua segura y al saneamiento en distintos tipos de sectores del área de estudio de la Municipalidad Distrital de Lurigancho señalará características comunes de índole demográfico, social, económico y técnico que pueden orientar la búsqueda de soluciones.
- La mejor opción para ofrecer el servicio de agua y alcantarillado en un sector puede sistematizarse mediante el Proceso de Análisis Jerárquico (AHP), considerando criterios de carácter demográfico, social, económico y técnico.
- La selección de una opción óptima para proveer servicio de agua y saneamiento en un sector puede ser estandarizada en múltiples sectores con características similares mediante árboles de clasificación y regresión (CART).
- La selección de una opción de agua y saneamiento tiene repercusiones urbanísticas y arquitectónicas que pueden establecerse como parámetros urbanísticos y edificatorios de gestión urbana.

11.0. Variables

Las variables han sido definidas en la explicación de cada técnica de análisis (ver tablas 2 a 6). La matriz de consistencia que engloba los análisis de cada etapa se describe seguidamente en la tabla 7:



Tabla 7:
Matriz de consistencia

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Indicadores	Fuentes de información
General					
¿Qué sistema de suministro de agua segura y saneamiento conviene aplicar en cada sector de Lurigancho según sus características demográficas, sociales, económicas y técnicas?	Analizar la viabilidad urbanística de ofrecer agua segura y saneamiento adecuado en algunos sectores de la Municipalidad Distrital de Lurigancho – Chosica.	Es posible proponer opciones viables para ofrecer agua segura y saneamiento adecuado en algunos sectores de Lurigancho, analizando características demográficas, sociales, económicas y técnicas.			
Específicos					
Etapas					
Etapas 1					
¿Se pueden distinguir factores demográficos, sociales, económicos y técnicos que expliquen la problemática de acceso al agua segura y al saneamiento en distintos tipos de sectores del área de estudio de la Municipalidad Distrital de Lurigancho?	Conocer la problemática de acceso al agua segura y saneamiento en los sectores estudiados.	El análisis señalará características comunes demográficas, sociales, económicas y técnicas que orientan la búsqueda de soluciones.	Análisis de agrupamiento Variable dependiente: - Tipo de zona Variables Independientes - Disponibilidad de agua - Topografía	Análisis de agrupamiento Indicadores variable dependiente - resultado del clustering: - Zona tipo I - Zona tipo II - Zona tipo III - Zona tipo IV - Zona tipo V Indicadores variables independientes Disponibilidad de agua: - Disp. Agua (1 a 3 hrs) % - Disp. Agua (4 a 7 hrs) % - Disp. Agua (8 a 14 hrs) % - Disp. Agua (15 a 23 hrs) % - Disp. Agua (24 hrs) % Topografía - Alto > 900 msnm - Medio: 900 - 800 msnm	- Censo INEI 2017, - Cartografía - Bibliografía académica.



Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Indicadores	Fuentes de información
			Tablas de contingencia y pruebas Chi cuadrado (χ^2) Variables dependientes: • Características del suministro de agua y saneamiento Variables independientes (características o factores): • Demográficos • Sociales • Económicos • Espaciales	• Bajo: < 800 msnm Tablas de contingencia y pruebas Chi cuadrado (χ^2) Indicadores de la variable dependiente: • Método de abastecimiento de agua • Método de evacuación de aguas residuales • Litros por persona por día • Número de horas de servicio • Características organolépticas • Presión de agua • Tipo y cantidad de almacenamiento de agua • Disposición a firmar contrato de servicio • Valores de significación (p-values) Indicadores de las variables Independientes Demográficos • Tamaño del hogar • Edad de la población • Género Sociales y económicos • Nivel de ingreso familiar • Enfermedades diarreicas • Enfermedades metaxénicas	• Encuesta socio económica, • CENSO INEI 2017, • MINSA. • Municipalidad Distrital de Lurigancho, • Bibliografía académica. • Histogramas estadísticos • Resultados de la prueba Chi cuadrado mediante MINITAB ®



Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Indicadores	Fuentes de información
				• Método de aseguramiento de la calidad del agua en el hogar • Lavado de manos • Percepción de agua segura • Pago por el agua • Opinión sobre el agua y el saneamiento Espaciales • Zona (topografía, trazado urbano)	
Etapas 2 ¿Cuáles son las opciones más apropiadas para mejorar los servicios de agua y saneamiento, atendiendo a criterios técnicos, económicos, sociales e institucionales?.	Analizar opciones de mejora del servicio por sector y escoger la más conveniente mediante AHP.	La mejor opción puede sistematizarse mediante el AHP con criterios técnicos, económicos, sociales e institucionales.	Variables dependientes: • Opciones de acceso al agua potable • Opciones de acceso al saneamiento Variables independientes - Criterios de decisión: • Criterio técnico • Criterio económico • Criterio social • Criterio Institucional	Indicadores de las variables dependientes - Agua & Saneamiento • Solución actual • Solución convencional • Solución alternativa • Valores estandarizados de preferencia de cada opción, según modelo AHP Agua Potable - Indicadores variables independientes Criterio Técnico: • Gasto promedio diario de consumo (lps) • Continuidad horaria del servicio (horas/día). • Características organolépticas (% percepción)	• Resultados de la Encuesta socio económica (Etapas 1), • Bibliografía especializada. • Estimaciones del costo de inversión y de operación mediante referentes. • Criterio de expertos. • Resultados del modelo AHP en SuperDecisiones®



Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Indicadores	Fuentes de información
				Criterio Económico: • Tarifa (USD x viv/mes) • Costo de inversión (USD/viv), • Costo de operación (USD/viv/año) Criterio Social • Proporción de suministro óptimo alcanzado. • Disposición a pagar el servicio (% de la población).. • Impacto en salud pública (% de la población). Criterio institucional • Capacidad de gestión local (escala de Likert), • Factibilidad legal y regulatoria (escala de Likert), • Respaldo de grupos de interés (escala de Likert), Agua Residual- Indicadores variables independientes Criterio Técnico: • Porcentaje de viviendas conectadas a red pública (%) • Efectos ambientales negativos (kg DBO/día).	



Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Indicadores	Fuentes de información
				- Características organolépticas (% percepción) Criterio Económico: - Tarifa - Costo de inversión, - Costo de operación Criterio Social - Viviendas beneficiadas (Nro de viviendas),. - Disposición a pagar el servicio (% de la población),. - Impacto en salud pública (% de la población). Criterio institucional - Capacidad de gestión local (escala de Likert), - Factibilidad legal y regulatoria (escala de Likert), - Respaldo de grupos de interés (escala de Likert),	
Etapa 3 ¿Se podrían estandarizar las respuestas de mejora de agua y saneamiento para distintos tipos de sectores?	Estandarizar opciones tecnológicas para el resto de sectores mediante CART.	La opción óptima puede estandarizarse en sectores similares mediante un árbol de clasificación y regresión.	Variable dependiente: - Tipo de solución de Agua Potable Variables independientes: - Disponibilidad horaria de agua	Indicadores variable dependiente: - Solución A, - Solución B, - Solución C, - Solución D - Solución E	- Censo INEI 2017, - Tipos de zonas según análisis de clustering (Etapa 1)



Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Indicadores	Fuentes de información
			- Tipo de zona, según análisis de agrupamientos - Topografía - Ubicación según margen del río.	Indicadores variables independientes Disponibilidad horaria de agua: 1 a 3 hrs % 4 a 7 hrs % 8 a 14 hrs % 15 a 23 hrs % 24 hrs % Tipo de zona, según análisis de agrupamiento - Tipo I - Tipo II - Tipo II - Tipo IV - Tipo V Altitud: - Alto > 900 msnm - Medio: 900 - 800 msnm - Bajo: < 800 msnm Localización respecto al río Rímac. - Justo al borde - Derecho - Izquierdo	- Soluciones agua potable (Etapa 2) - Cartografía - Árboles CART software estadístico Minitab/R.
¿Qué tipo de cambios arquitectónicos y urbanísticos están asociadas a las intervenciones de agua y saneamiento?	Identificar y visualizar características arquitectónicas y urbanísticas asociadas a la intervención.	Las opciones de agua y saneamiento tienen repercusiones urbanísticas y arquitectónicas que pueden establecerse como parámetros de gestión urbana.	Parámetros urbanísticos (población, densidad, tipología edificatoria, áreas residenciales, áreas a reasentar, áreas verdes).	Mapas temáticos, tipologías urbanas vinculadas a infraestructura de agua y saneamiento.	- Encuesta socio económica, - Observación directa, - planos urbanos municipales.

Fuente: Elaboración propia. IVUDS, septiembre 2025

12.0. Método

12.1. Diseño de la investigación

12.1.1. Tipo de investigación

La investigación es de tipo aplicada y analítico-explicativa. Es aplicada porque está orientada a la identificación y evaluación de soluciones concretas para el mejoramiento de los servicios de agua, saneamiento y la reducción del riesgo en un contexto urbano específico, con fines operativos y de planificación. Es analítico-explicativa porque, además de describir las condiciones existentes, analiza la relación entre variables demográficas, sociales, técnicas e institucionales, y explica la viabilidad diferencial de las alternativas evaluadas mediante herramientas estadísticas y multicriterio

12.1.2. Método de investigación

El estudio sigue un enfoque metodológico mixto, integrando técnicas cuantitativas y cualitativas, bajo un diseño no experimental, descriptivo y analítico, de corte transversal.

Desde el enfoque cuantitativo, se aplicó una encuesta por muestreo probabilístico (aleatorio, por conglomerados y sistemático) a 259 viviendas, complementada con técnicas estadísticas no paramétricas, como el análisis de conglomerados (cluster analysis) y la prueba chi-cuadrado, con el fin de identificar patrones territoriales y relaciones significativas entre variables vinculadas a la prestación de los servicios de agua y saneamiento. Asimismo, se emplearon herramientas de análisis multicriterio, particularmente el Proceso Analítico Jerárquico (AHP), para evaluar comparativamente la viabilidad técnica, económica, social e institucional de distintas alternativas de intervención.

Desde el enfoque cualitativo, se realizó análisis documental de estudios técnicos y normativos, revisión de propuestas de infraestructura y evaluación experta para la estructuración de criterios y escenarios. Adicionalmente, se aplicó un árbol de clasificación y regresión (CART) como herramienta de apoyo a la toma de decisiones, permitiendo identificar las respuestas más adecuadas para cada sector según sus características específicas.

El diseño es no experimental, ya que no se manipulan deliberadamente variables independientes, sino que se analizan condiciones existentes y escenarios hipotéticos; es transversal, dado que la información se recolecta y analiza en un único periodo temporal; y es descriptivo-analítico, en tanto combina la caracterización del territorio con el análisis comparativo y explicativo de alternativas de intervención.

12.2. Muestra / Participantes / Sujetos / Base de datos

12.2.1. Etapa 1: Análisis de conglomerados

Para agrupar los sectores del área de estudio con el fin de establecer una muestra representativa por sectores se realizó un **muestreo por conglomerados**. Las agrupaciones de sectores se basaron en los datos del censo de 2017 - pues se requerían datos de todos los sectores para luego hacer una escogencia de "tipos" de sectores -, utilizando la taxonomía numérica - también denominado "clustering analysis" o "análisis de conglomerados".

Para asegurar una clasificación adecuada de los sectores, se realizaron distintas **pruebas de análisis de conglomerados**, empleando diversos métodos y medidas de distancia. Cada una permitió evaluar la consistencia de los grupos formados, comparando sus ventajas y limitaciones. Se elaboraron varias pruebas de **dendrogramas** a partir de la información proveniente del **Censo Nacional de Población y Vivienda del INEI 2017**, lo que permitió representar gráficamente la estructura de los conglomerados. A continuación, se presentan los resultados de dichas pruebas:

- **PRUEBA 1: Disponibilidad de agua por red pública todos los días de la semana, según frecuencia de horas al día**

En este dendrograma se utilizó la **disponibilidad de agua por red pública todos los días de la semana**, mediante distancia euclidiana y complete linkage. Los conglomerados resultaron extensos y agrupando sectores que tenían marcadas diferencias - por ejemplo, área central con zonas informales en áreas altas (Sector 64 - Quirio) - por lo cual se descartó su uso.

- **PRUEBA 2: Disponibilidad de agua por red pública algunos días de la semana, según frecuencia de días 1 día, 2 días, 3 días, 4 a 6 días**

Este análisis consideró la disponibilidad de agua algunos días de la semana, diferenciada en intervalos de días, utilizando nuevamente distancia euclidiana y complete linkage. La clasificación permitió identificar con mayor detalle a los sectores con restricciones parciales de suministro, pero los grupos resultaron poco equilibrados (uno muy grande y los demás pequeños), por lo cual también se descartó.

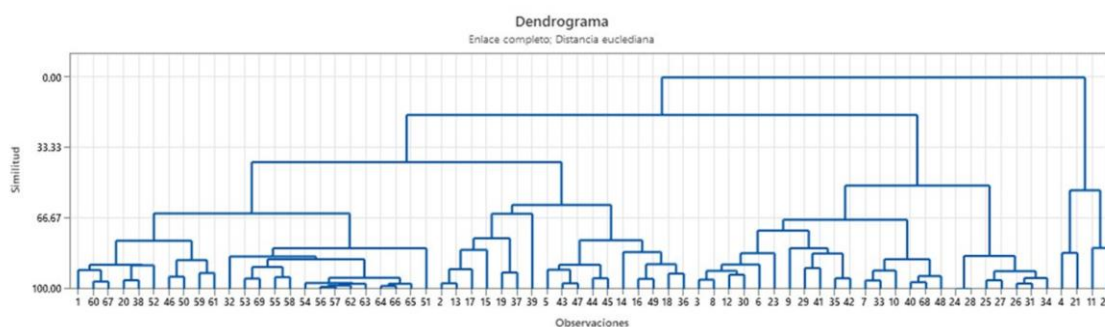
- **PRUEBA 3: Disponibilidad de agua por red pública algunos días de la semana, según frecuencia de horas al día - 1 a 3 horas; 4 a 7 horas; 8 a 14 horas; 15 a 23 horas; 24 horas**

En este caso, se analizó la disponibilidad de agua algunos días de la semana por intervalos horarios, mediante el uso de la distancia euclidiana y complete linkage. Los conglomerados resultaron mejor definidos respecto al dendrograma anterior; sin embargo, persistía la superposición de ciertos sectores incompatibles y nuevamente se observó un grupo que con gran cantidad de sectores y grupos de menores dimensiones, por lo cual tampoco fue elegido.

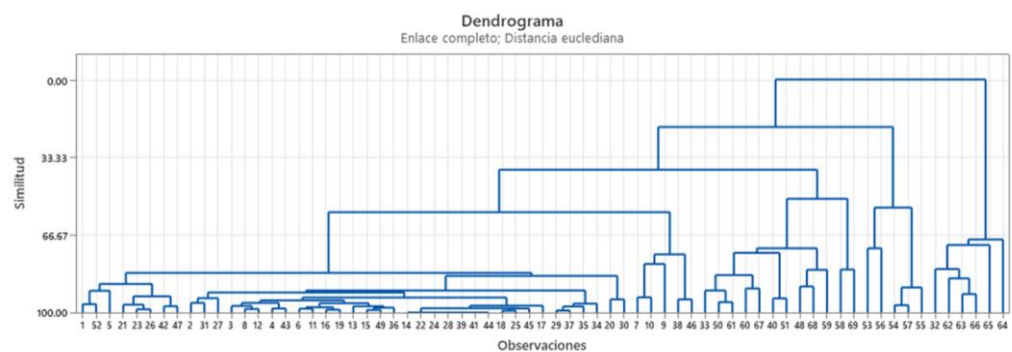
En la figura 6 se grafican los dendrogramas de las pruebas 1 a 3.

Figura 6.

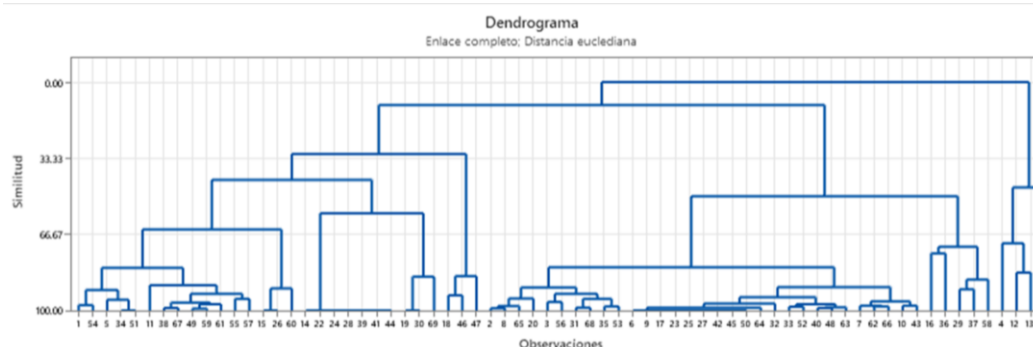
Dendrogramas de las pruebas 1, 2, y 3



PRUEBA 1: Disponibilidad de agua por red pública todos los días de la semana, según frecuencia de horas al día



PRUEBA 2: Disponibilidad de agua por red pública algunos días de la semana, según frecuencia de días 1 día, 2 días, 3 días, 4 a 6 días



PRUEBA 3: Disponibilidad de agua por red pública algunos días de la semana, según frecuencia de horas al día - 1 a 3 horas; 4 a 7 horas; 8 a 14 horas; 15 a 23 horas; 24 horas

Fuente: Elaboración propia, Mayo 2025.

- **PRUEBA 4: Disponibilidad de agua por red pública todos los días de la semana, según frecuencia de horas al día -1 a 3 horas; 4 a 7 horas; 8 a 14 horas; 15 a 23 horas; 24 horas /TOPOGRAFÍA (PEARSON)**

En este análisis se incorporó la variable “topografía” junto con la disponibilidad de agua por intervalos horarios, utilizando la distancia de Pearson. La inclusión de la topografía enriqueció la clasificación al vincular condiciones territoriales con el acceso al agua. No obstante, la distancia entre los grupos principales resultaba baja y la composición de sectores resultaba poco equilibrada, por lo cual se descartó su uso.

- **PRUEBA 5: Disponibilidad de agua por red pública todos los días de la semana, según frecuencia de horas al día -1 a 3 horas; 4 a 7 horas; 8 a 14 horas; 15 a 23 horas; 24 horas /TOPOGRAFÍA (MANHATTAN)**

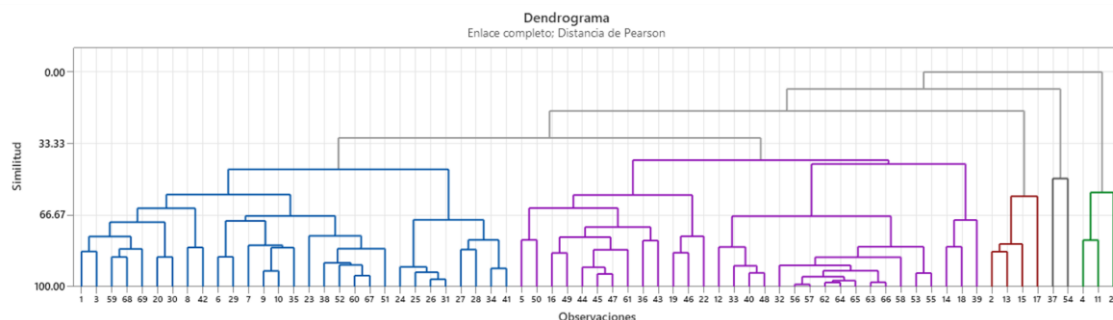
Finalmente, se empleó la **disponibilidad de agua todos los días de la semana por intervalos horarios** y la **variable “topografía”**, aplicando la distancia de **Manhattan**. Este enfoque permitió obtener conglomerados más cohesionados, con mayor uniformidad interna y claramente diferenciados entre sí. Además, se mostró más robusto frente a escalas distintas y valores extremos, generando una clasificación

diferenciable y coherente que refleja patrones territoriales consistentes, lo que facilita tanto la comprensión de las desigualdades en el acceso al agua como la toma de decisiones para la gestión del recurso en el distrito.

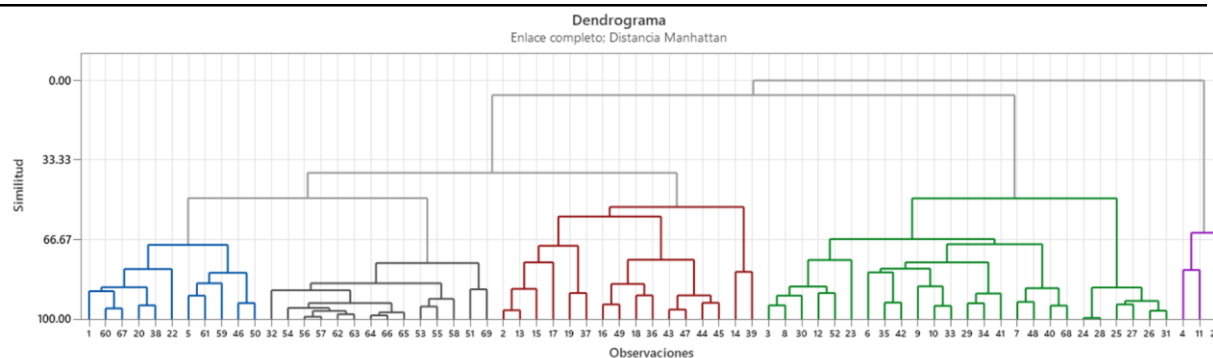
En la figura 7 se grafican los dendrogramas de las pruebas 4 y 5.

Figura 7.

Dendrogramas de las pruebas 4 y 5



PRUEBA 4: Disponibilidad de agua por red pública todos los días de la semana, según frecuencia de horas al día -1 a 3 horas; 4 a 7 horas; 8 a 14 horas; 15 a 23 horas; 24 horas /TOPOGRAFÍA (PEARSON)



PRUEBA 5: Disponibilidad de agua por red pública todos los días de la semana, según frecuencia de horas al día -1 a 3 horas; 4 a 7 horas; 8 a 14 horas; 15 a 23 horas; 24 horas /TOPOGRAFÍA (MANHATTAN)

Fuente: Elaboración propia, Mayo 2025.

Para la conformación de la prueba de agrupamiento escogida se utilizaron las siguientes variables:

- **Disponibilidad de agua por red pública**, medida en intervalos de horas (1–3, 4–7, 8–14, 15–23 y 24 horas), lo que permitió captar tanto la frecuencia como la intensidad del acceso en los sectores.

En la tabla 8 se incluyen las variables que fueron utilizadas para el procesamiento en el software de análisis estadístico Minitab.

Tabla 8

Variables para Minitab - Disponibilidad de agua por red pública todos los días de la semana, según frecuencia de horas al día -1 a 3 horas; 4 a 7 horas; 8 a 14 horas; 15 a 23 horas; 24 horas /Topografía

SECTORES	Manz	Pob. Total	Vivien da	Disp. Agua (1 a 3 hrs) %	Disp. Agua (4 a 7 hrs) %	Disp. Agua (8 a 14 hrs) %	Disp. Agua (15 a 23 hrs) %	Disp. Agua (24 hrs) %	Topograf ía
SECTOR 1	42	1959	497	28.9%	22.1%	6.7%	1.4%	21.3%	1
SECTOR 2	1	774	212	16.1%	47.7%	18.6%	2%	6.5%	3
SECTOR 3	21	1829	453	50.7%	14.2%	5.5%	0.7%	21.2%	1
SECTOR 4	23	1531	366	7.6%	7.2%	5.2%	1.6%	71.1%	3
SECTOR 5	4	398	113	37.5%	33%	8.9%	-	3.6%	3
SECTOR 6	4	262	60	63.3%	11.7%	10%	-	13.3%	1
SECTOR 7	3	379	96	47.9%	12.5%	-	-	2.1%	3
SECTOR 8	12	1287	275	55.3%	13.6%	1.8%	1.5%	20.9%	2
SECTOR 9	1	95	23	65.2%	-	-	-	-	1
SECTOR 10	21	2089	498	52.3%	1.7%	1.2%	-	2.3%	1
SECTOR 11	21	1258	288	29.4%	5.3%	1.4%	0.7%	59.9%	3
SECTOR 12	3	244	55	58.5%	18.9%	1.9%	-	15.1%	3
SECTOR 13	4	594	124	17.7%	46.8%	18.5%	2.4%	9.7%	2
SECTOR 14	3	14	5	40%	60%	-	-	-	3
SECTOR 15	3	268	70	8.6%	60%	18.6%	1.4%	8.6%	2
SECTOR 16	3	236	60	28.3%	56.7%	6.7%	-	5%	2
SECTOR 17	2	418	98	23.7%	42.3%	26.8%	-	5.2%	2
SECTOR 18	23	698	188	30.6%	47%	3.3%	-	16.9%	3
SECTOR 19	8	479	133	9.1%	44.7%	13.6%	-	28.8%	1
SECTOR 20	7	383	96	37.5%	14.6%	4.2%	2.1%	26%	1
SECTOR 21	6	60	20	-	-	-	-	90.9%	1
SECTOR 22	7	53	12	30%	20%	10%	-	40%	1
SECTOR 23	6	229	27	57.7%	3.8%	-	-	30.8%	1
SECTOR 24	3	189	46	100%	-	-	-	-	1
SECTOR 25	10	860	168	88.7%	1.8%	0.6%	-	7.1%	1
SECTOR 26	1	120	30	86.7%	6.7%	-	-	-	1
SECTOR 27	25	928	211	87.1%	-	2.4%	-	2.4%	3
SECTOR 28	2	27	6	100%	-	-	-	-	2
SECTOR 29	8	941	209	75.6%	8.1%	6.2%	-	2.9%	1
SECTOR 30	1	178	46	52.2%	15.2%	6.5%	2.2%	13%	1
SECTOR 31	4	388	90	84.4%	5.6%	1.1%	-	2.2%	1
SECTOR 32	29	1001	220	21.5%	1.8%	-	-	0.9%	3
SECTOR 33	33	1231	243	51.7%	8.5%	-	-	2.5%	3
SECTOR 34	6	275	64	81.3%	9.4%	1.6%	-	3.1%	2
SECTOR 35	4	822	177	62.7%	26%	1.1%	-	1.1%	1
SECTOR 36	5	332	87	32.9%	45.9%	7.1%	1.2%	8.2%	1
SECTOR 37	10	417	118	12.8%	42.2%	5.5%	4.6%	26.6%	1
SECTOR 38	8	685	156	33.1%	15.8%	2.2%	-	27.3%	1

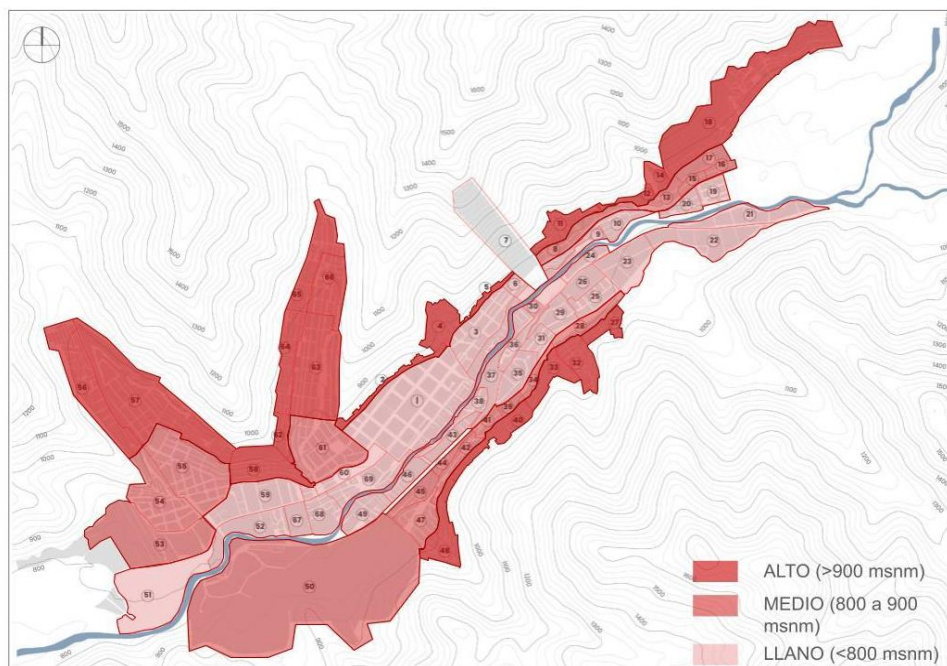
SECTORES	Manz	Pob. Total	Vivien da	Disp. Agua (1 a 3 hrs) %	Disp. Agua (4 a 7 hrs) %	Disp. Agua (8 a 14 hrs) %	Disp. Agua (15 a 23 hrs) %	Disp. Agua (24 hrs) %	Topograf ía
SECTOR 39	1	97	15	21.4%	78.6%	-	-	-	2
SECTOR 40	44	1368	294	34.3%	7.6%	1.7%	-	0.3%	3
SECTOR 41	2	308	60	76.7%	20%	-	-	3.3%	2
SECTOR 42	11	652	163	67.5%	21.5%	-	1.2%	1.8%	2
SECTOR 43	4	832	214	46.7%	34.1%	8.4%	-	5.1%	1
SECTOR 44	3	340	99	47.5%	44.4%	7.1%	-	1%	2
SECTOR 45	5	452	109	50.5%	39.4%	4.6%	-	3.7%	2
SECTOR 46	11	495	104	18.3%	34.6%	10.6%	-	14.4%	1
SECTOR 47	14	807	218	49.1%	33.5%	6.1%	-	6.6%	2
SECTOR 48	39	1215	290	41.5%	11.8%	1.7%	0.3%	0.3%	3
SECTOR 49	22	1702	516	26.8%	53%	6.2%	-	10.1%	1
SECTOR 50	29	1038	237	18.7%	27.3%	11.8%	0.5%	11.8%	2
SECTOR 51	1	101	25	17.4%	4.3%	4.3%	-	21.7%	1
SECTOR 52	7	501	116	43%	20.2%	2.6%	-	16.7%	1
SECTOR 53	6	859	208	11.4%	10.3%	-	-	9.8%	2
SECTOR 54	34	2140	494	7.9%	2.5%	0.6%	2.5%	1.7%	2
SECTOR 55	38	3430	750	12.3%	9.3%	0.3%	-	1.9%	2
SECTOR 56	62	1879	466	8.2%	0.9%	1.6%	-	1.1%	3
SECTOR 57	103	4680	1100	7.7%	0.9%	1.6%	-	2.5%	3
SECTOR 58	23	1337	317	10.9%	16.6%	1.6%	-	2.9%	3
SECTOR 59	7	1069	239	26.1%	25.6%	1.7%	0.8%	3.4%	1
SECTOR 60	3	561	128	29.4%	15.1%	1.6%	-	13.5%	1
SECTOR 61	20	1905	451	31.1%	32.9%	2.3%	-	8.4%	2
SECTOR 62	14	1150	228	7.2%	-	0.4%	-	0.9%	3
SECTOR 63	37	3353	761	6.1%	0.1%	-	0.4%	2.8%	3
SECTOR 64	32	959	226	4.1%	0.5%	-	-	-	3
SECTOR 65	38	1176	292	1.7%	-	0.4%	-	2.2%	3
SECTOR 66	24	1508	313	4.7%	0.7%	0.3%	0.3%	1.7%	3
SECTOR 67	1	128	23	30.4%	13%	-	-	17.4%	1
SECTOR 68	9	769	170	35.7%	9.5%	0.6%	1.2%	3.6%	1
SECTOR 69	11	1665	420	7.9%	9.4%	3.1%	1%	14.4%	1

Fuente: Elaboración propia, mayo 2025.

- **Topografía del sector**, clasificada en tres categorías (llano <800 msnm, medio 800–900 msnm y alto >900 msnm), que refleja las condiciones geográficas que influyen en la provisión de servicios básicos.

En la figura 8 se muestra la topografía de la zona de estudio.

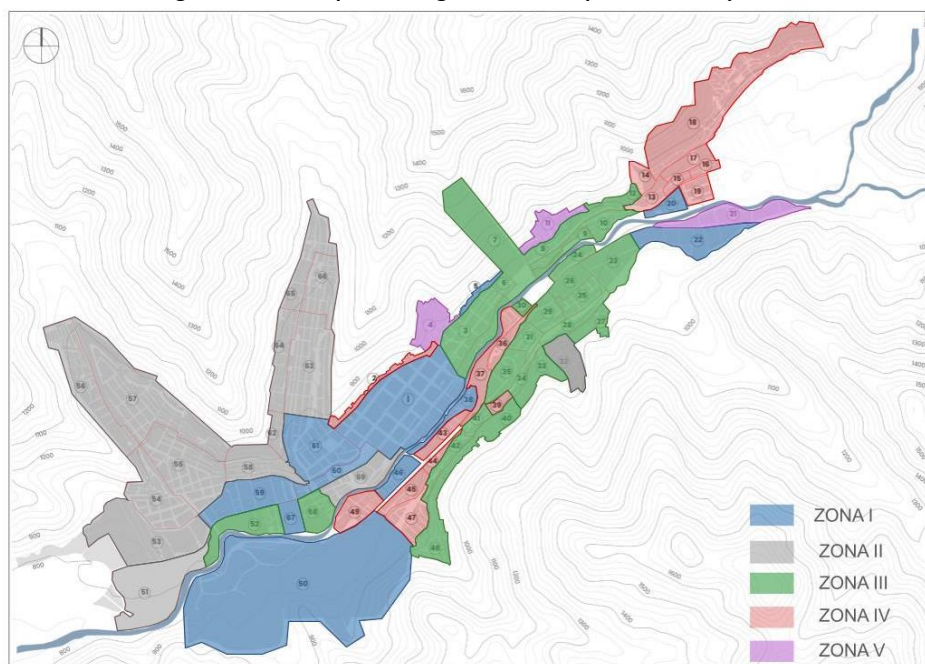
Figura 8.
Mapa de topografía



Fuente: Elaboración Propia (2025).

La combinación de ambas variables en el análisis por conglomerados permitió obtener **cinco grupos diferenciados de sectores** que en adelante serán denominados como **Zonas 1, 2, 3, 4 y 5**, las que se muestran en la figura 9.

Figura 9.
Plano de zonificación según análisis por conglomerado (Manhattan)



Fuente: Elaboración Propia (2025).

12.2.2. Tamaño de muestra

Se realizó un muestreo polietápico, categorizando el área en cinco conglomerados de sectores similares según el análisis de clustering. Para cada una de estas zonas se seleccionarán muestras representativas. La muestra de vivienda “n” de un total “N” de un determinado sector se eligió de manera aleatoria, estratificada y sistemática, por proporciones, con un nivel de confianza de 90% ($Z=1,62$), un margen de error “e” alrededor del 10%, suponiendo la máxima entropía ($p = 1 - p = 50\%$), mediante la fórmula:

$$n = \frac{Nz^2pq}{(N-1)e^2 + z^2pq}$$

n= Tamaño de la población o universo.

p=Viviendas cerca al casco histórico del Rímac.

q=Viviendas tugurizadas.

e=% de error ~ 10%

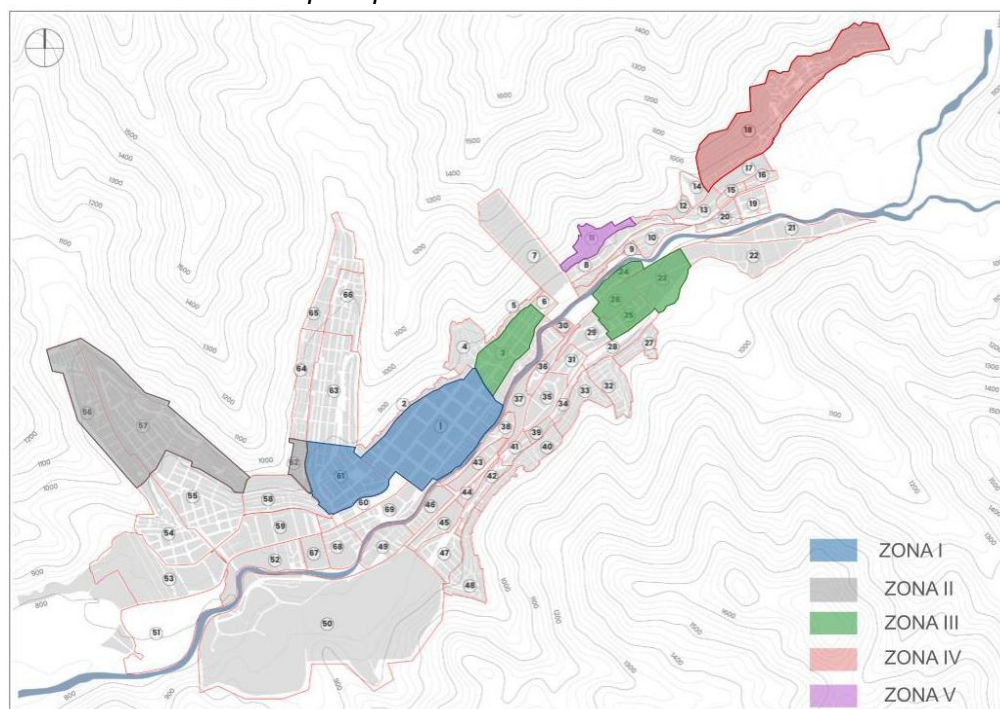
z=valor estandarizado- Nivel de confianza- 90%

Se eligieron de manera discrecional sectores representativos de cada zona, con el objetivo de incluir tanto áreas céntricas como alejadas, garantizando una representación espacial equilibrada, que se grafica en la figura 10.

- **ZONA 1:** Sector 1 y 61
- **ZONA 2:** Sector 56,57 y 62
- **ZONA 3:** Sector 18
- **ZONA 4:** Sector 3,23,24,25 y 26
- **ZONA 5:** Sector 11

Figura 10.

Plano de sectores seleccionados por tipo de zona



Fuente: Elaboración propia (2025).

En la tabla 9 se indica el número de muestras planificadas y realizadas. Se realizaron 259 encuestas, lo que para el total del área de estudio es altamente representativo (nivel de confianza de 90% y error de 5.0%). En cada sector, el error varía entre 8 y 15%, según las encuestas realizadas.

Tabla 9.
Tamaño de Muestra por Zonas

ZONA	N° DE VIVIENDAS (2017)	POBLACIÓN (2017)	MUESTRA PLANIFICADA (NdC = 90%; error = 10%)	MUESTRA OBTENIDA	ERROR ESPERADO
ZONA 1	948	3864	61	40	12,5%
ZONA 2	1794	7709	63	90	8,3%
ZONA 3	188	698	49	66	8,3%
ZONA 4	724	3227	60	37	12,9%
ZONA 5	288	1258	54	26	15,1%
ÁREA DE ESTUDIO	14-686	62407	263	259	5,0%

Nota: Para toda el área de estudio, una muestra escogida con nivel de confianza de 90% y error de 10% representaría 65 viviendas, mucho menos que las 263 que resultan de la suma parcial de muestras representativas por sector.

Fuente: Elaboración propia (2025).

12.2.3. Etapa 2: Consultas para el Proceso de Análisis Jerárquico

En la etapa 2 el estudio se centra en el área urbana adyacente a la quebrada Quirio, en el distrito de Lurigancho-Chosica. Esta zona abarca una extensión de 129 hectáreas y alberga una población total de 14,826 habitantes (según datos del 2017). Para garantizar la validez de los resultados, se aplican los siguientes criterios:

1. Población Residente: Los datos cuantitativos (como el gasto promedio y la prevalencia de enfermedades) y cualitativos (como la percepción de la calidad del agua y la satisfacción del usuario), provienen de la muestra analizada en la Etapa 1, que permitió estimar los indicadores del modelo.

2. Panel de Expertos: Para la validación y ponderación del modelo multicriterio (AHP), se utilizó un criterio cualitativo basado en la experiencia técnica. Se seleccionó un panel de 8 especialistas, asignando dos expertos por cada criterio de evaluación para asegurar un juicio equilibrado y profesional. Los expertos que conformaron el panel fueron los siguientes:

- Para el Criterio Técnico: el Ing. Sanitario Pedro Valdez y el Ing. Hidráulico William Sánchez, quienes aportaron criterios de viabilidad y pertinencia técnica.
- Para el Criterio Económico: el Mag. Arq. Wendy Lagos y Mag. Arq. Max Soriano, quienes aportaron principalmente criterios relacionados a costos y tarifas.
- Para el Criterio Social: el Mag. Lic. Daniel Soto y la Dra. Arq. María del Carmen Rojas para aportar puntos de vista sociales.
- Para el Criterio Institucional: el Mag. Lic. Felipe Enriquez y la Dra. Ing. Gisela Yábar, considerados expertos para valorar la capacidad de gestión local.

3. Base de Datos Documental: la investigación analizó una base de datos de 42 estudios científicos (período 2020-2025), seleccionados por abordar metodologías AHP y mejoramiento de barrios, lo que nos permitió contrastar nuestros hallazgos con la literatura internacional.

12.2.4. Etapa 3: Caso para evaluar el ajuste del árbol de clasificación y regresión

Los resultados de la Etapa 2 sirvieron de insumo para la Etapa 3. Se consideró el caso de la quebrada Quirio, cuyas características topográficas permitieron comprender el funcionamiento de la red de agua potable, y con ello proponer soluciones estandarizadas que aplicarían para las distintas situaciones que se presentan en el caso estudiado, dependiendo de la localización de cada sector.

12.2.5. Etapa 4: Visualización de implicaciones urbanísticas y arquitectónicas en las quebradas Quirio y Carosio

Quirio

La vulnerabilidad urbana y las propuestas de intervención están marcadas por la extensión de las cuencas y el grado de intervención de las quebradas en el área urbana. La intervención en la quebrada Quirio, cuya cuenca posee una extensión de 1040 hectáreas, inicia con el acondicionamiento del cauce en su parte alta, donde se incorpora una estructura de control orientada a reducir la entrada de material grueso hacia el tramo urbano, en concordancia con las advertencias de López (2020) sobre la importancia de interceptar sedimentos antes de que alcancen zonas habitadas, lo que permite ordenar progresivamente el flujo y disminuir la energía del material arrastrado; desde este punto, el cauce se organiza mediante un tramo canalizado a cielo abierto que restituye la continuidad hidráulica y define una faja marginal libre de ocupaciones, condición que favorece la estabilización del comportamiento del flujo, incrementa la seguridad en los sectores adyacentes y posibilita labores de inspección y mantenimiento permanentes, evitando así los problemas de deterioro que Genatios (2010) identificó como causas principales del fracaso de varias obras en Vargas.

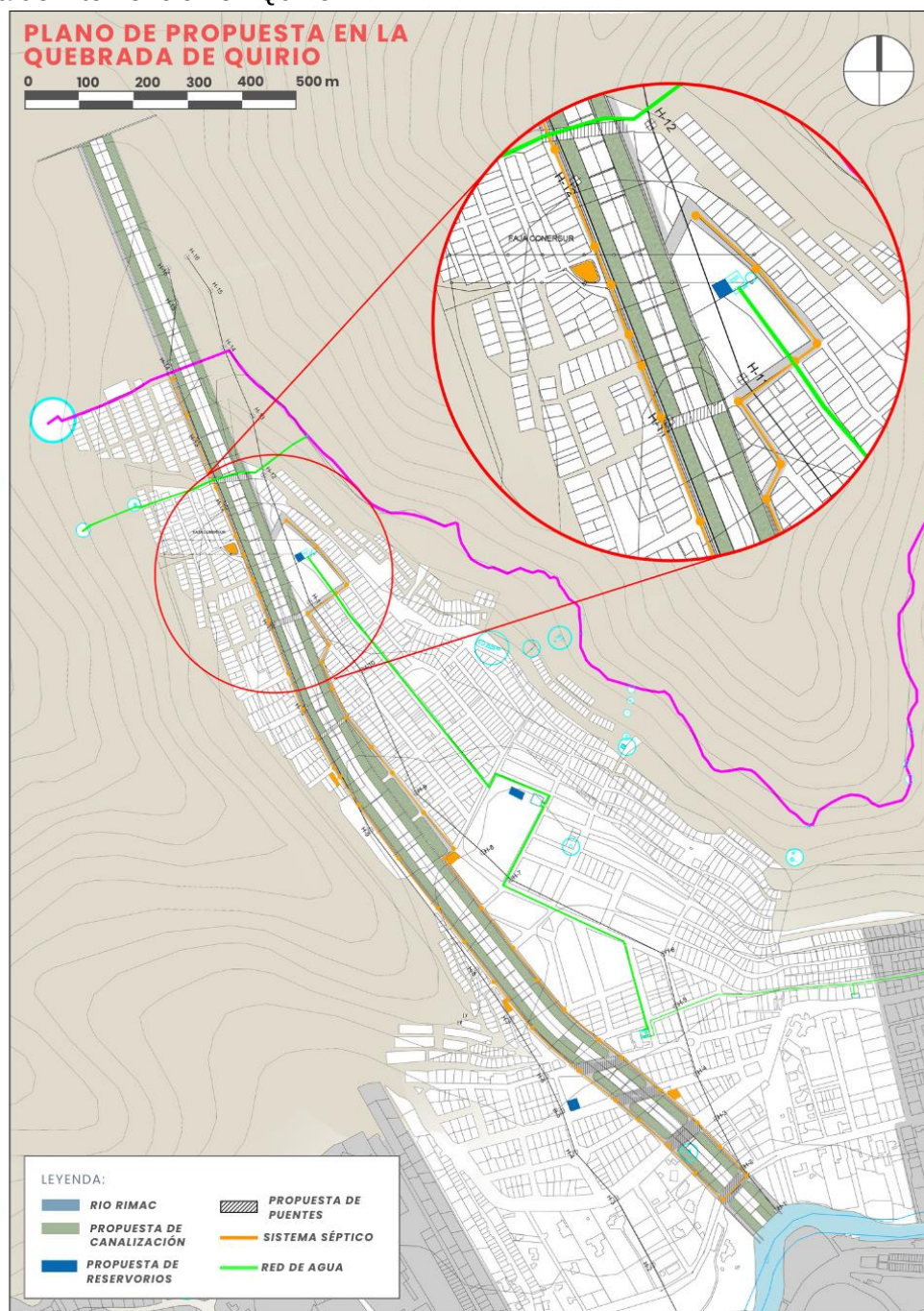
En el sector urbano la propuesta plantea la reconfiguración del borde mediante la reubicación gradual de las viviendas situadas en la zona de exposición directa, lo que permite establecer un corredor hidráulico seguro y consolidar un borde urbano más ordenado, integrando áreas verdes lineales y espacios de encuentro barrial que fortalecen la relación entre la comunidad y su entorno y responden a la necesidad de combinar obras físicas con medidas no estructurales, tal como recomiendan López (2020) y Genatios (2010), de modo que la quebrada deje de constituir un punto crítico y se transforme en un eje articulador capaz de mejorar el entorno inmediato, orientar el crecimiento urbano y reducir sostenidamente la vulnerabilidad local.

En la figura 11 se grafica la propuesta de intervención descrita.

Figura

Propuesta de intervención en Quirio

11:



Fuente: Elaboración propia (2025).

Carosio

La propuesta para la quebrada Carosio, cuya cuenca es mucho más pequeña que la de Quirio, de 112, 72 hectáreas, se organiza de acuerdo con sus condiciones altitudinales y la necesidad de recuperar la faja marginal, por lo que en el tramo comprendido entre los niveles de 950 y 1000 m.s.n.m. se plantea un sistema de canalización pluvial de tipología similar al aplicado en la ciudad de Huamanga, caracterizado por la conducción controlada de aguas pluviales mediante secciones definidas que aprovechan la pendiente natural del terreno y se integran al tejido urbano, facilitando el mantenimiento y garantizando la accesibilidad operativa en situaciones críticas, mientras que en el tramo comprendido entre los niveles de 850 y 900

m.s.n.m. se considera la reubicación de catorce viviendas, debido a que su permanencia interrumpe la continuidad del trazado y aumenta la exposición al riesgo, integrando de este modo infraestructura y ordenamiento territorial en una estrategia que reduce la vulnerabilidad y restituye las funciones del cauce en concordancia con las advertencias sobre la ocupación de zonas de peligro señaladas por López (2020).

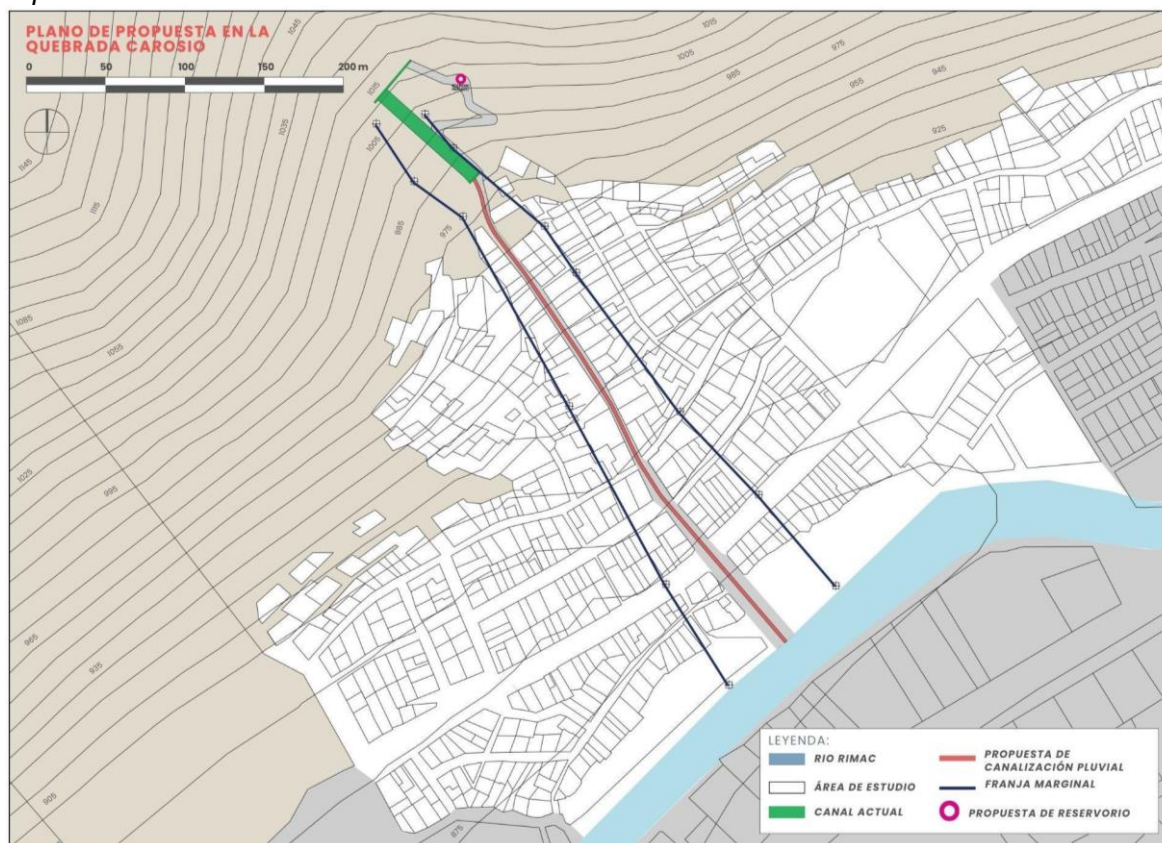
Entre los niveles de 850 y 1000 m.s.n.m. la intervención se consolida mediante una canalización pluvial continua que articula estructuras hidráulicas, muros de contención y control escalonado de caudales, priorizando el uso de materiales de alta resistencia capaces de soportar la abrasión y los esfuerzos generados por los flujos torrenciales, lo que responde tanto a las observaciones de López (2020) como a los análisis de Genatios (2010) sobre la vulnerabilidad de los sistemas cerrados ante la obstrucción por sedimentos y restos vegetales, permitiendo articular de manera integral la canalización, la reubicación puntual, el mantenimiento continuo y el ordenamiento urbano en un sistema que atenúa los efectos de los huaycos y consolida una infraestructura multifuncional orientada a proteger, conectar y mejorar el entorno de la quebrada.

En la figura 12 se grafica la propuesta de intervención para Carosio.

Figura

12:

Propuesta de intervención en Carosio



Fuente: Elaboración propia (2025).

12.3. Instrumentos de recolección de datos

12.3.1. Etapa 1: Encuesta socioeconómica

Con base en los objetivos, variables e indicadores de la investigación, señalados en la matriz de consistencia, en la etapa 1 se preparó un **cuestionario estructurado de 40 preguntas** previamente validado:

Figura
Encuesta socioeconómica

13.



UNIVERSIDAD
RICARDO PALMA

ENCUESTA SOCIOECONÓMICA

N° ENCUESTA _____

SECTOR _____

CALLE _____

N° CATASTRAL _____

ENCUESTADOR _____

FECHA _____

ENTREVISTADO _____

TELÉFONO _____

N° ENCUESTA _____

SECTOR _____

CALLE _____

N° CATASTRAL _____

Análisis de características demográficas, sociales, económicas y técnicas para evaluar opciones urbanísticas de suministro de agua y saneamiento utilizando estadística no paramétrica en sectores del distrito de Lurigancho, Lima.

Esta encuesta tiene por finalidad conocer las condiciones de vida del sector donde habita. Sus fines son de investigación académica.

Si tiene consultas, puede hacerlas al teléfono 963 291 566, profesor Roger Martínez, Facultad de Arquitectura y Urbanismo - URP

I Características demográficas de los habitantes

Preg 1 ¿Cuántas personas viven en esta vivienda?

Preg 2 Indique para cada persona su edad y género, nivel de instrucción y ocupación

Integrantes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Edad										
Género										

II Características sociales y económicas de los habitantes

Preg 3 Indique para la / el jefe (e) de hogar su edad, género, nivel de instrucción y ocupación

Edad

Género

Nivel de Instrucción

Ocupación

Niveles de instrucción: a) No tiene, b) Primaria incompleta, c) Primaria Completa, d) Secundaria incompleta, e) Secundaria Completa, f) Técnica, g) Superior

Ocupación: A) Hogar, B) Trabajador por cuenta propia, C) Empleado del sector público, D) Empleado del sector privado, E) Estudiante, F) Desempleado

	Alto (6,590 a más)	Medio Alto (3,960 a 6,589)	Medio (2,930 a 3,959)	Medio bajo (2,360 a 2,929)	Bajo (2,359 a menos)	No respondió
¿Cuál es el rango de ingreso familiar? (considerando lo que aportan todos los habitantes de la vivienda)						

Preg 4

Preg 5 ¿Hace cuánto tiempo habita en esta vivienda? años / meses

Preg 6 ¿Bajo qué términos ocupa la vivienda?

			
Vivienda propia	Alquilada	Prestada	Ocupada temporalmente / otro

III Estado de salud de los habitantes

Bien marcado el círculo en una casilla, todas las preguntas

Preg 7 ¿Cuántas veces algún miembro de la familia padece diarreas?

5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
Alta frecuencia	Intermedio entre 5-3	Media frecuencia	Intermedio entre 3-1	Poca frecuencia	(muchas veces en los últimos 5 años)	(varias veces en los últimos 5 años)	(pocas veces en los últimos 5 años)	(muy pocas veces en los últimos 5 años)	(ninguno en los últimos 5 años)

Preg 8 ¿Cuántas veces algún miembro de la familia ha padecido enfermedades transmitidas por mosquitos (dengue, chikungunya, fiebre amarilla, malaria, entre otras)?

5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
Alta frecuencia	Intermedio entre 5-3	Media frecuencia	Intermedio entre 3-1	Poca frecuencia	(muchas veces en los últimos 5 años)	(varias veces en los últimos 5 años)	(pocas veces en los últimos 5 años)	(muy pocas veces en los últimos 5 años)	(ninguno en los últimos 5 años)

Preg 9 ¿Cuántas veces la vivienda o su entorno inmediato (calle al frente) ha sido afectada por huaycos?

5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
Muchas veces	Intermedio entre 5-3	Algunas veces	1 vez	Nunca	(muchas veces en los últimos 5 años)	(varias veces en los últimos 5 años)	(pocas veces en los últimos 5 años)	(muy pocas veces en los últimos 5 años)	(ninguno en los últimos 5 años)

Preg 10 Indique el tipo de daños severos que ha sufrido por huaycos (puede marcar varios tipos)

5	4	3	2	1
Heridas, golpes	Pérdidas materiales cuantiosas	Pérdidas materiales leves	Dificultades acceso a viv. / entorno	Pérdida de trabajo o fuente de ingresos

IV Características de la vivienda, del sistema de agua potable y del desagüe cloacal

Bien marcado X en una casilla, todas las preguntas.

Preg 11 Indique la superficie aprox. de la vivienda m²

Preg 13 Marque según corresponda el material predominante de construcción

Piso	Acabado final con pavimento	Concreto liso, sin acabar	Madera	Tierra

Preg 15 Paredes

Concreto o ladrillo, tarrajeado y acabados	Adobe, tapial, quíncha, tarrajeado y pintado	Madera o yeso (dry wall), acabados	Triplay o láminas provisionales

Preg 17 Techo

Placa de concreto (aligerado o no)	Tejas sobre placa de concreto	Láminas de PVC, galvanizada, calamina, u otro, bien aseguradas	Cubierta improvisada o provisional

Preg 12 N° Pisos _____

Preg 14 Estado Físico (B/R/M)

Preg 16 Estado Físico (B/R/M)

Preg 18 Estado Físico (B/R/M)

Preg 19 Indique las formas comunes de suministro de agua en la vivienda

Red pública, tubería llega dentro de la vivienda	Red pública, tubería exterior (pilón o pileta)	Camiones cisterna	Pozo o acequia	Otro
--	--	-------------------	----------------	------

Preg 20
Funcionamiento (B/R/M)

Especifique

Preg 21 Indique si dispone de algún sistema de almacenamiento de agua

Tanque de concreto o de pvc	Tachos o recipientes
-----------------------------	----------------------

Preg 22
Capacidad total (m³)

Preg 23
Tiempo de duración (horas o días)

Preg 24
Estado Físico (B/R/M)

Especifique

Preg 25 Indique la frecuencia de suministro de agua en la vivienda

Diario 24 horas	Diario (indique horas)	1 día si, 1 día no, (indique horas)	1 día si, 2 días no (indique horas)	2 días x semana (indique horas)	Ocasional, una o dos veces al mes	Nunca
-----------------	------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	---------------------------------	-----------------------------------	-------

Preg 26 Si el agua llega por tuberías, indique la presión de suministro de agua al llegar a su vivienda

5	4	3	2	1
Demasiada presión		Presión adecuada		Muy poca presión

Preg 27 Indique las características de olor, color, sabor, turbidez y dureza del agua que llega (indique SI / NO)

¿Tiene olor?	¿Tiene color?	¿Tiene sabor?	¿Es turbia?	¿disuelve el jabón?
--------------	---------------	---------------	-------------	---------------------

Preg 28 Indique las formas de descarga de las aguas cloacales de su vivienda

Inodoro a red de cloacas pública	Inodoro a estanque séptico o sumidero	Inodoro a quebrada o río cercano	Letrina o silo
----------------------------------	---------------------------------------	----------------------------------	----------------

Preg 29
Funcionamiento (B/R/M)

Preg 30 Indique la idoneidad de las instalaciones sanitarias de la vivienda (cocina, baños, ducha)

Idoneidad construcc. (B/R/M)

Especifique

V Conocimientos, actitudes y prácticas de los habitantes

Preg 31 ¿Considera que el agua que consume es segura?

SI	NO	No estoy seguro
----	----	-----------------

Preg 32 Indique las formas comunes de aseguramiento de la calidad del agua en la vivienda antes del consumo

Hervido	Filtrado y clorado	Sólo filtrado	Ninguno	Otro
---------	--------------------	---------------	---------	------

Preg 33 ¿Cuándo suele lavar sus manos? (marque cuando corresponda)

Antes y/o después de ir al baño	Antes de consumir alimentos	Antes de preparar alimentos	Antes de alimentar a los niños	Sólo cuando las veo sucias
---------------------------------	-----------------------------	-----------------------------	--------------------------------	----------------------------

Preg 34 ¿Cuándo suele asear su cuerpo? (marque cuando corresponda)

Diario	varias veces a la semana	menos de 1 vez a la semana
--------	--------------------------	----------------------------

VI Características de la gestión local y comunitaria

Preg 35 ¿Cuál es su opinión acerca de la calidad de los siguientes servicios públicos?

	5	4	3	2	1	¿Porque?
	Muy bueno	Intermedio entre 5-3	Regular	Intermedio entre 3-1	Malo	
Agua Potable						
Aguas Residuales						
Drenaje de lluvias						

Preg 36 Para mejorar el suministro de agua ¿Con cuál organismo está dispuesto a suscribir un contrato de servicio?

NINGUNO	SEDAPAL	MUNICIPALIDAD DISTRITAL	ORGANIZACIÓN COMUNITARIA	OTRO
---------	---------	-------------------------	--------------------------	------

Especifique

Preg 37 ¿Cuánto paga por el agua?, en Soles (elija período)

día	semana	mes
-----	--------	-----

Preg 38 ¿Cuánta agua consume aprox.? (elija período)

día	semana	mes	mensual
-----	--------	-----	---------

Indique medida de consumo, litros, galones, tachos...

Preg 39 Identifique tres (3) prioridades del servicio de agua, desagüe y drenaje que debería atender el Municipio distrital

1ERA	2DA	3ERA
------	-----	------

Preg 40 ¿Está dispuesto a colaborar con otros vecinos y con el municipio distrital para atender problemas de agua y desagüe?

NO	SI	¿Cómo?
----	----	--------

Fuente: Elaboración propia, Abril 2025.

12.3.2. Etapa 2: Cuestionario a expertos para análisis AHP

En la etapa 2, se diseñaron dos instrumentos principales que permitieron estructurar tanto la información objetiva del campo como la valoración subjetiva de los especialistas, basándonos en cuatro dimensiones fundamentales:

1. Matrices de Indicadores Multicriterios: Para sistematizar la información, se elaboraron dos matrices de recolección de datos distintas, adaptando los indicadores técnicos a la naturaleza de cada servicio:

- **Criterio Técnico:**

Para la Matriz de Agua Potable: este apartado permitió registrar indicadores de suministro, como el gasto promedio diario, la continuidad horaria y la calidad organoléptica del agua.

Para la Matriz de Saneamiento: En esta matriz se midieron la recolección y el impacto ambiental, registrando el porcentaje de viviendas conectadas, los efectos negativos (carga de DBO) y la superficie de áreas verdes a regar.

- **Criterio Económico:** aquí se consideraron los costos financieros, permitiéndonos contrastar la inversión necesaria (USD/viv), los costos de operación y las tarifas resultantes, diferenciando los costos de una planta de tratamiento de agua potable de los de una planta de aguas residuales.
- **Criterio Social:** este criterio tuvo como indicadores la cobertura real (suministro óptimo y viviendas beneficiadas), la disposición a pagar y el impacto en la salud pública.
- **Criterio Institucional:** este indicador fue transversal a las dos matrices, evaluando cualitativamente la viabilidad administrativa, la capacidad de gestión local y la factibilidad legal de sostener cualquiera de las dos propuestas.

12.3.3. Etapa 3: Árboles de clasificación y Regresión

En esta etapa no se utilizaron formularios, sino los resultados de las etapas previas

12.3.4. Etapa 4: Visualización de implicaciones urbanísticas y arquitectónicas en las quebradas Quirio y Carosio

Para identificar y visualizar las características arquitectónicas y urbanísticas de la zona de estudio se utilizó la información cartográfica proporcionada por la Municipalidad Distrital de Lurigancho, a partir de la cual el análisis territorial se desarrolló inicialmente mediante curvas de nivel cada 50 metros, criterio directamente vinculado a la definición de los niveles de servicio planteados para la propuesta de abastecimiento de agua, ya que permitió establecer una relación clara entre altitud, presión hidráulica y cobertura del sistema, facilitando la evaluación general del territorio y la organización de las intervenciones según franjas altitudinales coherentes con la lógica de la propuesta.

De manera complementaria y con el fin de profundizar el análisis espacial y mejorar la representación del territorio, se incorporaron posteriormente curvas de nivel cada 10 metros, decisión técnica que respondió tanto a la escala de trabajo como a la necesidad de elaborar una maqueta física y digital más precisa, lo que permitió una lectura detallada del relieve, la identificación de pendientes críticas y una mejor comprensión tridimensional del comportamiento del terreno, modelado mediante herramientas digitales como SketchUp, consolidando así un soporte técnico que fortaleció la toma de decisiones proyectuales y aseguró la coherencia entre el análisis topográfico, la propuesta de infraestructura y su correcta implantación en el territorio.

12.4. Técnicas de procesamiento de datos

12.4.1. Etapa 1

Cada indicador de agua y saneamiento fue evaluado mediante la prueba de Chi-cuadrado para determinar la posible incidencia de factores demográficos, sociales, económicos y mixtos. Los resultados relevantes se seleccionaron cuando la estadística Chi-cuadrado de Pearson arrojó un valor p inferior al 5% de significancia, de acuerdo con los grados de libertad de cada tabla de contingencia. En algunos casos, cuando la prueba de Chi-cuadrado no resultó adecuada, la tabla de contingencia destacó hallazgos relevantes.

12.4.2. Etapa 2

La investigación requirió una secuencia metodológica rigurosa para convertir datos brutos heterogéneos en indicadores estandarizados confiables. Este procedimiento se realizó en las siguientes etapas consecutivas:

1. Identificación de deficiencias de Agua, Saneamiento y Protección Hidráulica

La primera fase metodológica consistió en la caracterización de la problemática del agua y saneamiento mediante el análisis de bibliografía y la aplicación de una encuesta a 259 viviendas del área de estudio (IVUDS 2025). Corresponde a la Etapa 1, ya explicada.

2. Formulación de opciones de intervención

Respecto al agua potable, se concibieron tres opciones, correspondientes a las posibilidades de gestión del municipio: mantener la situación actual, mejorar el tratamiento y la distribución en forma generalizada, y mejorar parcialmente el sistema de tratamiento y distribución, atendiendo preferencialmente las zonas altas. Respecto al saneamiento, se consideraron tres opciones: mantener la situación actual, mejorar la recolección y el tratamiento de forma generalizada, y mejorar la recolección, el tratamiento y la reutilización del agua tratada para el riego de áreas verdes exclusivamente en el sector estudiado. En cuanto a la protección hidráulica respecto al flujos de detritos, se consideró una única opción: construir un dique de retención de sólidos, relocalizar totalmente la población ubicada en la zona de riesgo y construir una canalización de 25 metros a lo largo del curso de la quebrada, incorporando áreas verdes de protección y nueva vialidad adyacente.

3. Estimación de indicadores técnicos, económicos, sociales e institucionales

Para el análisis de las opciones de tratamiento y potabilización de agua potable se consideraron los criterios e indicadores ya señalados anteriormente (ver punto 11. Variables) :

4. Obtención de pesos relativos entre criterios e indicadores

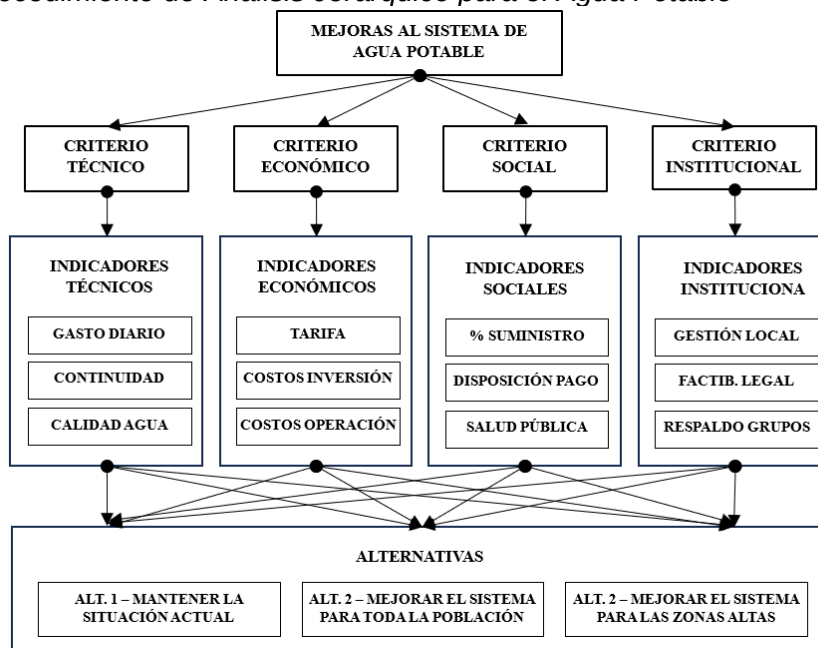
Para obtener una lista independiente de ponderación de criterios e indicadores, se realizó una consulta a expertos, a través de un formulario elaborado al efecto (ver punto 12.2.3). Para eliminar el problema de la inconsistencia, se solicitó a los encuestados repartir 100 puntos de peso entre los distintos criterios y subcriterios. El método de asignación directa de pesos es ampliamente utilizado en métodos multicriterio cuando no se desea aplicar matrices de comparación por pares (pairwise comparison) con la escala de Saaty para evitar confusión en el proceso de valoración. Gracias a ello, el promedio de los pesos arrojó una Índice de Inconsistencia igual a cero, tanto para las comparaciones de criterios e indicadores de agua potable como para los de saneamiento.

5. Cálculo de prioridades, de acuerdo al Procedimiento de Análisis Jerárquico

Se construyeron dos modelos multicriterio, basados en el Proceso Analítico Jerárquico (AHP) (Saaty, 1990), para abordar el análisis de agua y saneamiento, respectivamente. Cada modelo incorpora criterios técnicos, económicos, sociales e institucionales ordenados de manera jerárquica, por arriba de sus respectivos indicadores. El modelo permite ponderar de manera diferenciada los criterios entre sí, y los indicadores o subcriterios que pertenecen a cada criterio, al momento de evaluar cada alternativa.

Figura 14.

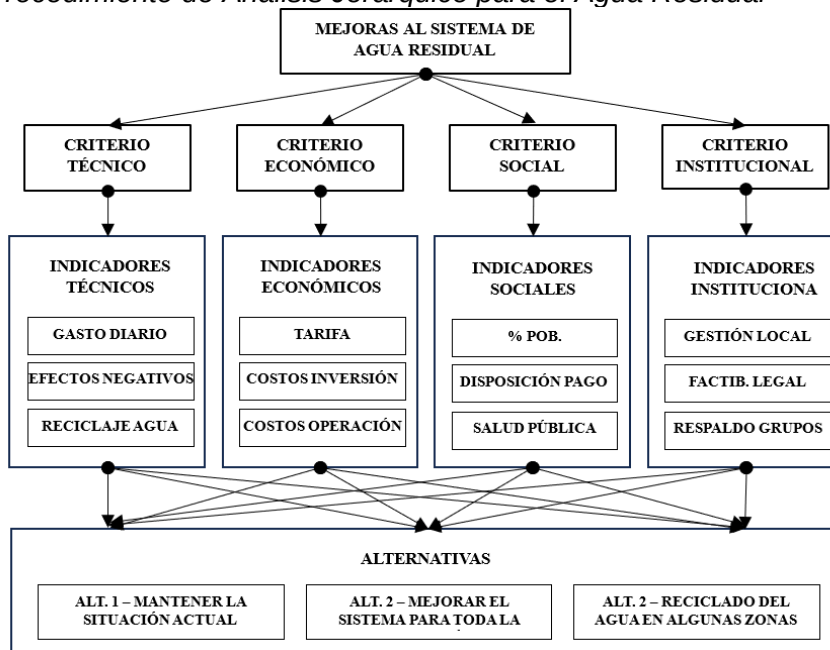
Modelo del Procedimiento de Análisis Jerárquico para el Agua Potable



Fuente: Elaboración propia. IVUDS, 2025.

Figura 15.

Modelo del Procedimiento de Análisis Jerárquico para el Agua Residual



Fuente: Elaboración propia. IVUDS, 2025.

Los resultados de cada modelo permiten obtener un orden de prioridad o ranking que alcanza el valor máximo de uno (1) para aquella alternativa de agua y de saneamiento que registre el mejor cumplimiento ponderado de los criterios e indicadores.

6. Análisis de Sensibilidad

Para determinar posibles cambios en las prioridades, se realizaron cambios en los pesos relativos de los criterios e indicadores, de manera de señalar la estabilidad de la priorización encontrada.

7. Discusión de resultados

Los resultados obtenidos se contrastan con la literatura científica existente, a fin de identificar aspectos complementarios de las soluciones de agua y saneamiento sugeridas.

Durante el análisis se siguieron las siguientes pautas:

Estandarización previa de datos reales: Antes de introducir cualquier valor al software, se realizó un preprocesamiento estadístico de los indicadores recolectados. Dado que nuestras variables tienen unidades muy distintas (dólares, porcentajes, litros por segundo, escalas de Likert), fue necesario llevarlas a una escala común.

- **Procedimiento aplicado:** Normalizamos todos los valores a una escala de 0 a 1.
- **Tratamiento de costos:** Para los indicadores "negativos" (como los costos de inversión, tarifas o impacto ambiental), donde un valor más alto es perjudicial, se aplicó una inversión matemática ($1/\text{valor}$) antes de la estandarización. Esto aseguró que, en el modelo, los menores costos sumaran puntaje a favor de la mejor alternativa.

Modelado AHP con software Super Decisions: Una vez estandarizados los datos, se utilizó el software Super Decisions para construir y procesar los árboles de decisión.

- **Construcción del modelo:** Se diseñaron dos modelos jerárquicos independientes: uno para el sistema de agua potable y otro para el sistema de saneamiento.
- **Integración:** En el software, se integraron dos fuentes de información: los pesos de importancia obtenidos del panel de expertos (para los criterios) y los datos reales estandarizados (para las alternativas).
- **Resultado:** El software procesó las matrices y arrojó un ranking de prioridades, asignando un valor numérico final (donde el máximo es 1) a la alternativa con mejor desempeño global.

Análisis de Sensibilidad: para validar los resultados se ejecutó un análisis de sensibilidad, comparando el desempeño de las alternativas bajo tres escenarios de ponderación distintos:

- **Escenario 1 (Modelo Base - Criterio Experto):** las alternativas se analizaron utilizando los pesos reales asignados por el panel de especialistas (donde lo Técnico y Económico sumaban más del 50%). Este fue el escenario de referencia.
- **Escenario 2 (Distribución Uniforme):** se asignaron pesos idénticos (25% cada uno) a los cuatro criterios (Técnico, Económico, Social e Institucional), eliminando cualquier preferencia.
- **Escenario 3 (Enfoque Social e Institucional):** se invirtió la lógica de los expertos, creando un escenario donde los criterios Social e Institucional pesan más (60%) que los Técnicos y Económicos (40%).

12.4.3. Etapa 3

Se utilizó el software MINITAB ® para elaborar un árbol de clasificación (CART). De acuerdo a los resultados de la Etapa 3, las soluciones a adoptar corresponden a la solución alternativa de agua potable, las cuales, al considerar su expresión territorial según la cota altimétrica de los sectores y su ubicación respecto al río Rimac se desglosaron en 5 soluciones estandarizadas, a saber:

- Solución A: Abastecimiento desde pozos adyacentes al río Rímac y distribución directa a redes cercanas
- Solución B: Abastecimiento a sectores situados en la margen derecha del río Rímac, en cotas < 900 msnm, desde reservorio La Trinchera.
- Solución C: Abastecimiento a sectores en la margen derecha del río Rímac, en cotas > 900 msnm, desde PTAP Moyopampa.
- Solución D: Abastecimiento a sectores situados en la margen izquierda del río Rímac, en cotas < 900 msnm, desde reservorio La Ronda.

El árbol de clasificación arrojó una clasificación coherente, según se muestra en los resultados.

Respecto a las soluciones para saneamiento, el ejercicio no pareció tener la complejidad necesaria para ameritar la construcción de un árbol de clasificación, razón por la cual su elaboración fue descartada. En general, en todos los casos conviene construir redes que impidan la descarga de aguas residuales al río Rímac, así como proceder al tratamiento in situ de una parte de los efluentes generados para regar áreas verdes; el resto de los efluentes deben ser derivados a un sistema de tratamiento de aguas residuales general, y su reuso cada vez que sea viable, antes de su descarga al río Rímac

12.4.4. Etapa 4

Para el proceso de modelación urbana de la zona de estudio, en base a la información cartográfica proporcionada por la Municipalidad distrital de Lurigancho, se utilizó el software SketchUp.

El análisis urbano de la zona de estudio se apoyó en una base cartográfica oficial proporcionada por la Municipalidad Distrital de Lurigancho, la cual permitió estructurar un proceso de interpretación territorial orientado a identificar condiciones de riesgo, relaciones espaciales y oportunidades de intervención, utilizando AutoCAD como herramienta principal para organizar la información y contrastar la situación existente con las estrategias proyectuales planteadas, lo que facilitó una lectura integrada del territorio y una evaluación coherente de las acciones propuestas en función de la problemática urbana y ambiental identificada.

Como complemento al análisis bidimensional, la incorporación del modelado tridimensional del terreno permitió profundizar la comprensión del comportamiento topográfico y su incidencia en las decisiones de diseño, desarrollando un modelo a partir de curvas de nivel detalladas que fue trabajado en SketchUp y posteriormente trasladado a Revit para evaluar la implantación de las plataformas propuestas en el sector de Quirio, proceso que aportó criterios técnicos para ajustar la propuesta a las condiciones reales del terreno y reforzó la consistencia de las intervenciones, constituyéndose además en un insumo relevante para la municipalidad al ofrecer una herramienta de apoyo a la planificación territorial y a la gestión preventiva del riesgo.

13.0. Resultados

13.1. Resultados de la Etapa 1

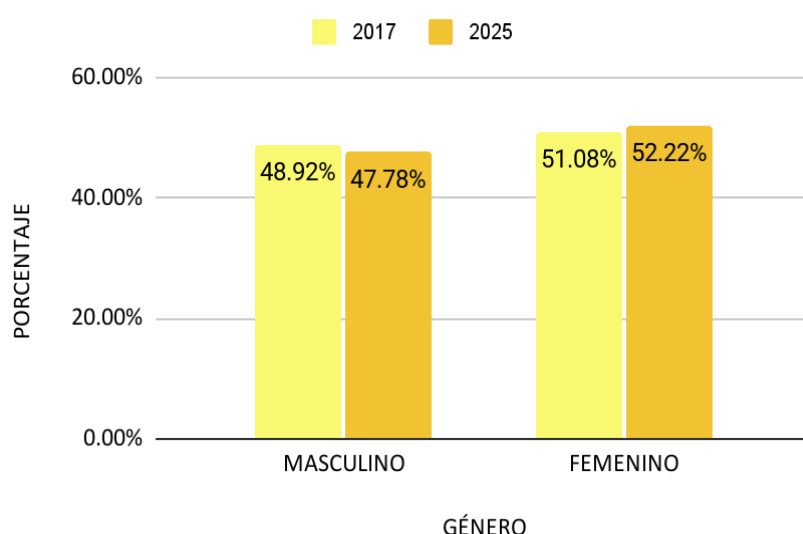
13.1.1. Características Demográficas

13.1.1.1. Género

La comparación entre los años 2017 y 2025 evidencia una ligera variación en la distribución por sexo de la población. En 2017, la población masculina representa el 48.92% mientras que la femenina alcanzaba el 51.08%. Para el año 2025, se proyecta una disminución en la proporción de hombres (47.78%) y un incremento en la de mujeres (52.22%), tal como se muestra en la figura 16.

Figura 16.

Distribución de la población por género. Años 2017 y 2025.



Fuente: Elaboración propia (2025).

En términos generales, se observa una tendencia hacia un mayor predominio de la población femenina, aunque las diferencias no son muy marcadas. Esto refleja una estabilidad relativa en la distribución por sexo, con un leve crecimiento de la participación femenina a lo largo del tiempo.

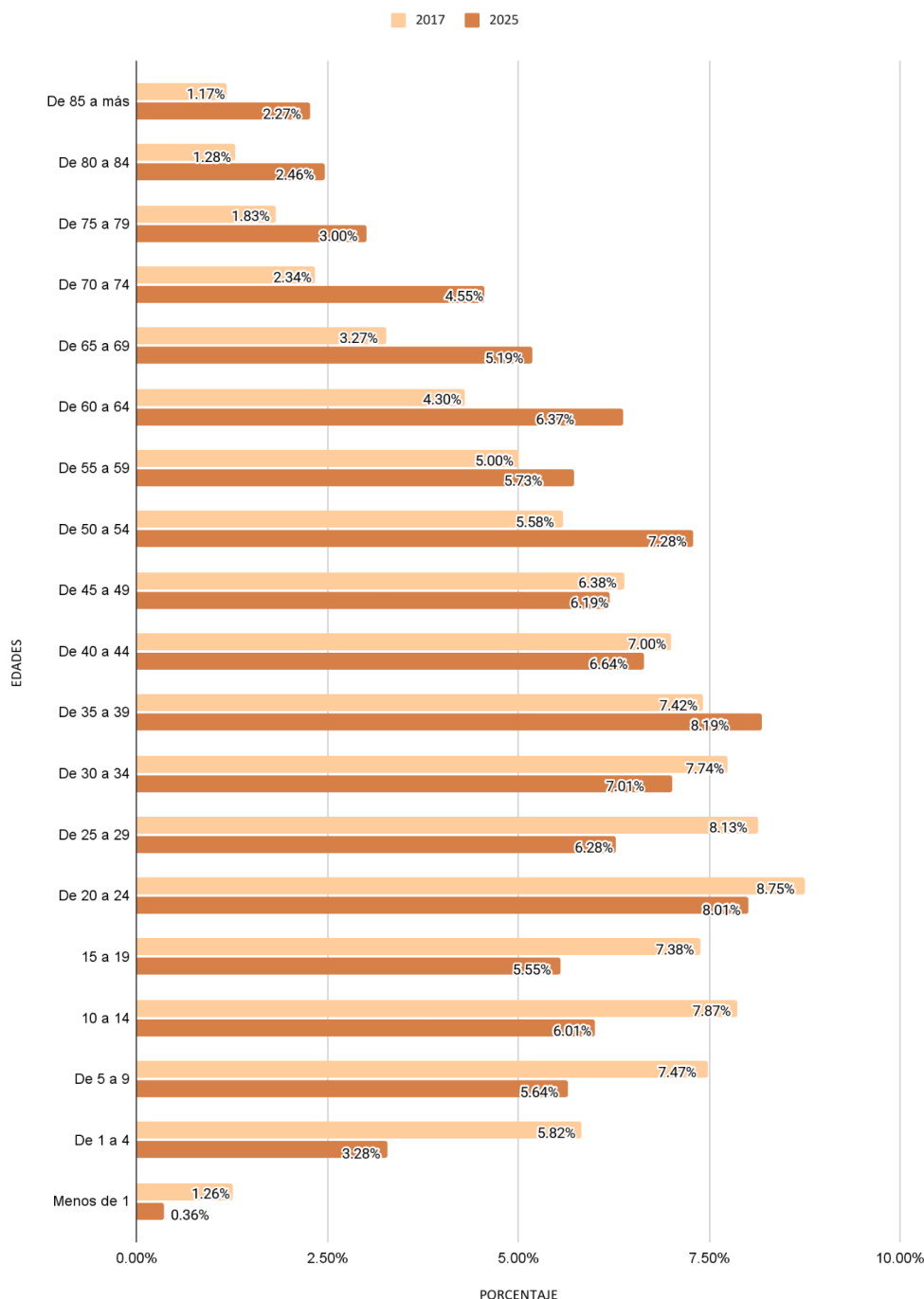
13.1.1.2. Edades

La comparación de la estructura etaria entre 2017 y 2025 evidencia una evolución demográfica hacia el envejecimiento. La proporción de población infantil y juvenil tiende a disminuir, mientras que los grupos de adultos intermedios y mayores aumentan progresivamente. Esta tendencia muestra un cambio en la composición poblacional, con un mayor peso de las personas de mayor edad.

En la figura 17 se grafica la comparación por grupos etarios entre los años mencionados.

Figura 17.

Distribución de la población por edad. Años 2017 y 2025.

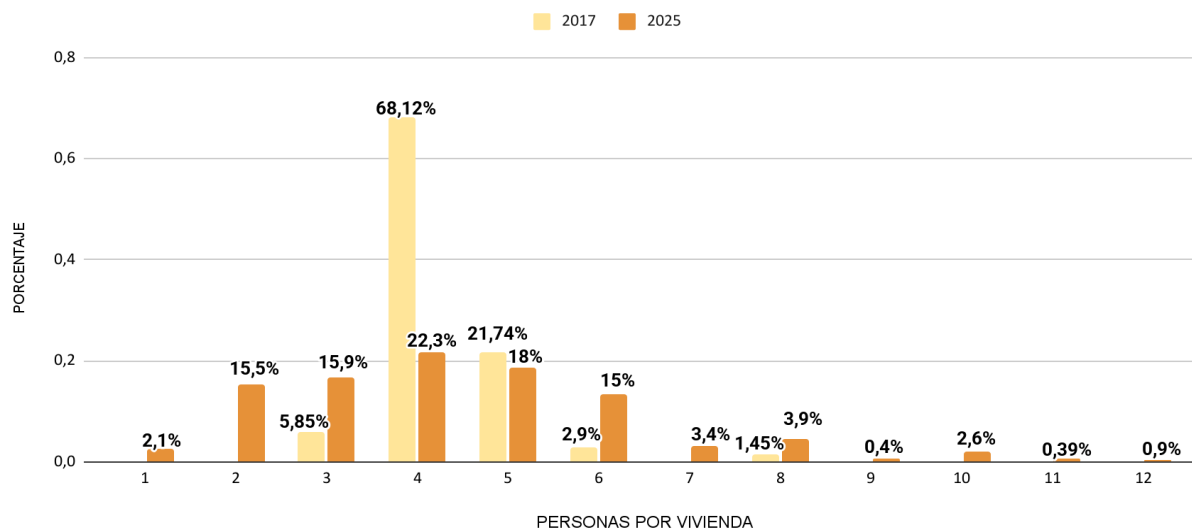


Fuente: Elaboración propia (2025).

13.1.1.3. Persona por vivienda

En 2017, el patrón dominante era claramente el de 4 personas por vivienda (4,30 hab/viv). En el 2025 el patrón se mantiene con una leve variación (4,42 hab/viv). Sin embargo, se registra actualmente una mayor dispersión y diversificación en el tamaño de los hogares. En el **2025** se observa una **mayor dispersión y diversificación en el número de ocupantes**. Además, aparecen nuevos registros de viviendas con **más de 6 personas**, incluyendo hasta **12 personas por vivienda (0.9 %)**, lo que antes no se reportaba. Esto podría estar vinculado a **procesos de hacinamiento**, migración interna o cambios en la composición familiar.

Figura 18.
Número de personas por vivienda. Años 2017 y 2025.



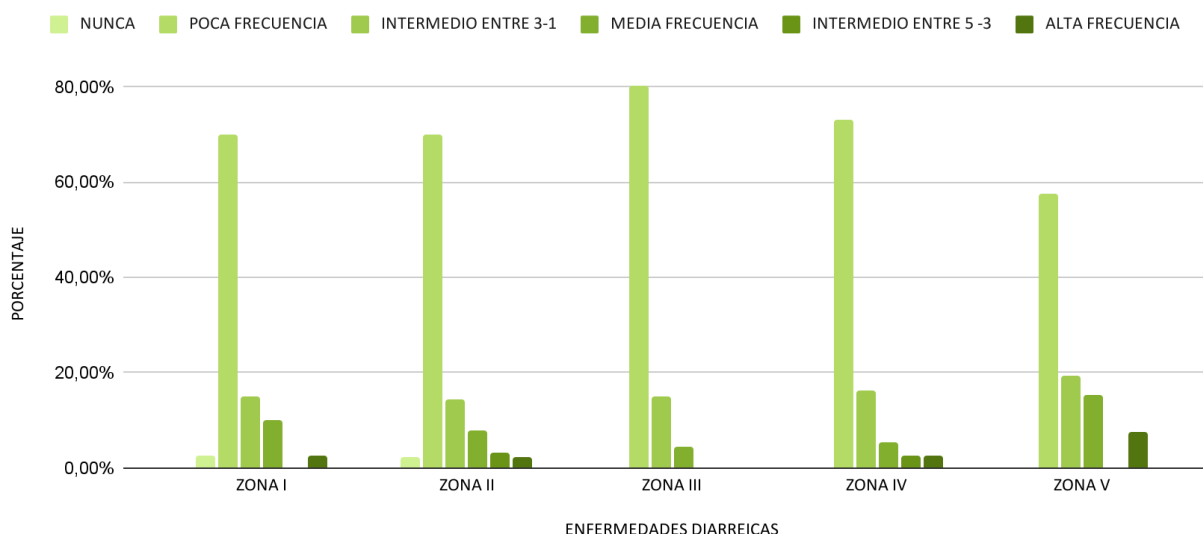
Fuente: Elaboración propia (2025).

13.1.2. Características Sociales

13.1.2.1. Enfermedades diarreicas

En todas las zonas analizadas predomina la categoría “**Poca frecuencia**”, evidenciando que los casos de enfermedades diarreicas se presentan de manera esporádica en la mayoría de la población. La **Zona III presenta la mejor situación de salud**, con menor incidencia de enfermedades diarreicas. En contraste, las **Zonas II (Quirio), IV (Buenos Aires) y I (Casco Central)** muestran mayor incidencia. Por su parte, la **Zona V (Carosio)** presenta una situación intermedia: aunque mantiene predominio de baja frecuencia, exhibe una mayor proporción de casos en categorías intermedias, lo que indica **una recurrencia más visible que en otras zonas**.

Figura 19.
Frecuencia de enfermedades diarreicas en la vivienda. Año 2025.



Fuente: Elaboración propia (2025).

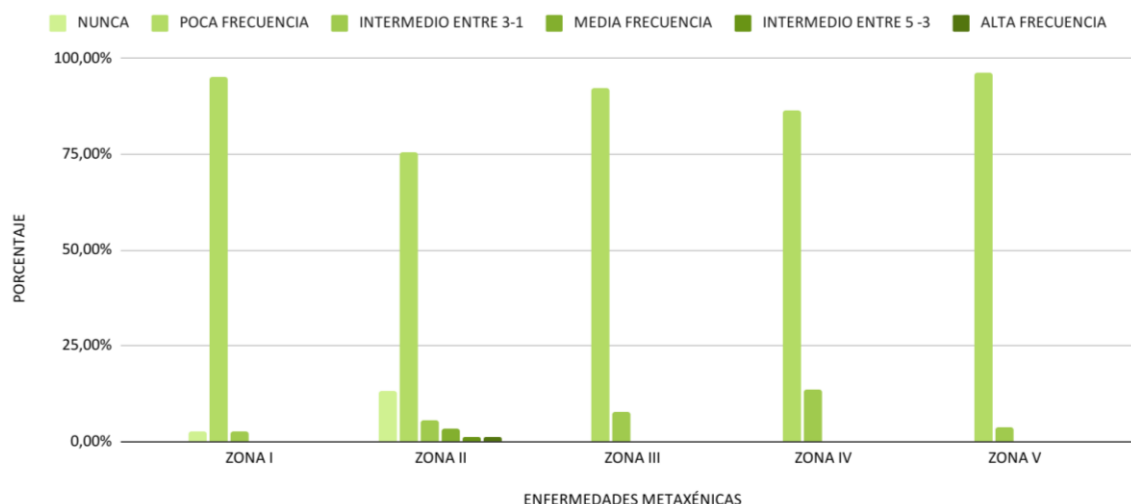
13.1.2.2. Enfermedades Metaxenicas

En el análisis de las **enfermedades metaxénicas** se observa un claro predominio de la categoría “**Poca frecuencia**” en todas las zonas evaluadas, lo que indica que la presencia

de estas enfermedades es limitada y se manifiesta de manera esporádica en la población. La **Zona I (Casco Central)** demuestra tener **mejor salud en cuanto a enfermedades metaxénicas**, presentando menor incidencia respecto a las demás zonas. En cambio, las **Zonas II (Quirio), III (Casa Huerta) y IV (Buenos Aires)** evidencian una mayor recurrencia dentro de las categorías intermedias, reflejando una incidencia más notoria de estas enfermedades. Finalmente, la **Zona V (Carosio)**, si bien mantiene el predominio de baja frecuencia, presenta también proporciones intermedias, lo que indica una situación menos favorable que la Zona I.

Figura 20.

Frecuencia de enfermedades metaxénicas en la vivienda. Año 2025.



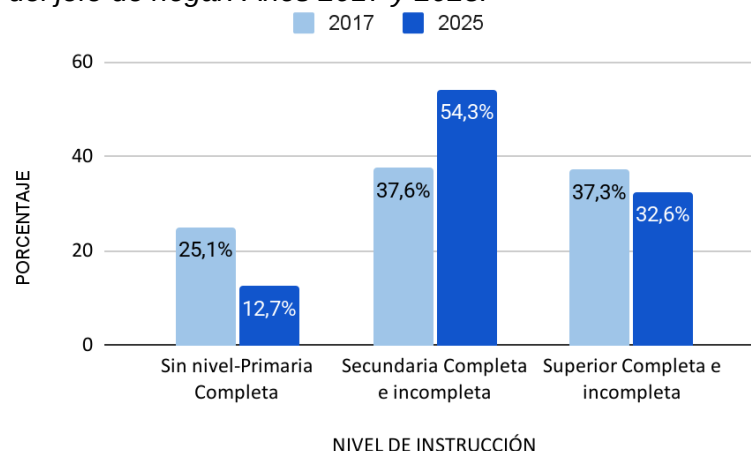
Fuente: Elaboración propia (2025).

13.1.2.3. Nivel de instrucción

El análisis del **nivel educativo máximo** alcanzado en Lurigancho-Chosica, entre los datos del **Censo INEI 2017** con los resultados de las **encuestas realizadas en 2025**, muestra una **evolución positiva en los niveles de educación secundaria**, así como una **reducción significativa del grupo con baja escolaridad**.

Figura 21.

Nivel de instrucción del jefe de hogar. Años 2017 y 2025.



Fuente: Elaboración propia (2025).

En **2017**, el **12.7 %** de los jefes de hogar sólo había completado la primaria o no tenía ningún nivel educativo. El segmento con **educación secundaria completa o incompleta** se eleva al **54.3 % (2025)**, convirtiéndose en el nivel de instrucción más frecuente. Esto sugiere que una

mayoría de los encuestados **sí logró culminar al menos parte de la educación secundaria**, lo que es un indicador de mejor cobertura y permanencia escolar en las últimas décadas.

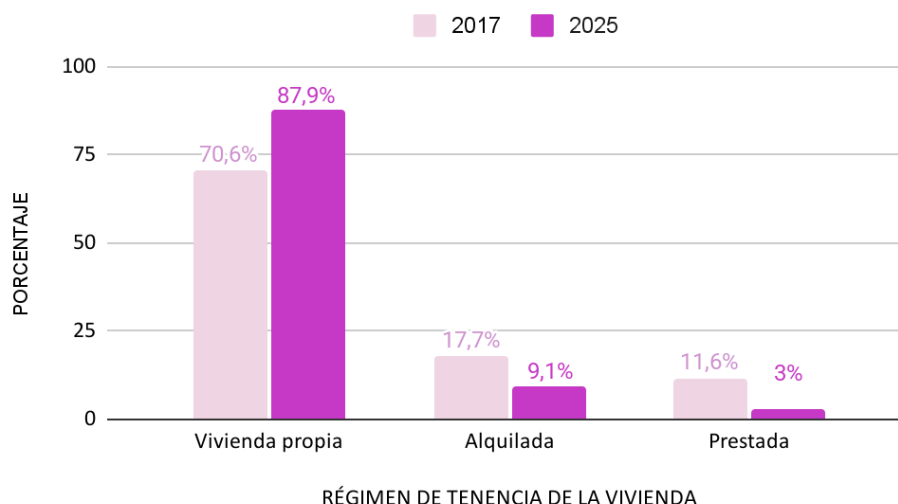
En **educación superior**, se reporta **32.6 % en 2025**. Esto puede interpretarse como una **desigualdad en el acceso a la educación terciaria**, especialmente entre la población adulta mayor, que no pudieron continuar estudios superiores, posiblemente por dificultad de acceder a oportunidades de estudio.

13.1.2.4. Régimen Tenencia de la vivienda

El gráfico muestra la evolución del régimen de tenencia de vivienda entre 2017 y 2025. Se observa un **incremento significativo en la declaración de vivienda propia**, que pasa de 70,6% en 2017 a 87,9% en 2025, mientras que las viviendas alquiladas y prestadas disminuyen de forma considerable (de 17,7% a 9,1% y de 11,6% a 3%, respectivamente). Esto refleja una **mayor consolidación de la propiedad de vivienda en la población hacia 2025**, indicando estabilidad y menor dependencia de alquiler o préstamo.

Figura 22.

Tenencia de la vivienda. Años 2017 y 2025



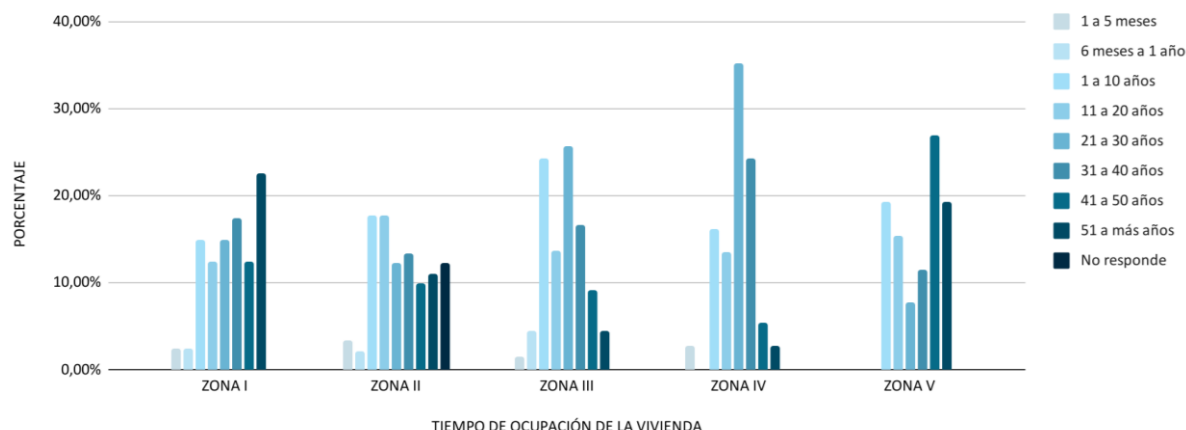
Fuente: Elaboración propia (2025).

13.1.2.5. Tiempo de Ocupación de la vivienda

En el análisis del **tiempo de ocupación de la vivienda** se observa un gran arraigo en todos los sectores, lo que refleja estabilidad residencial en la población. La **Zona I (Casco Central)** presenta un predominio en la categoría de más de 50 años de ocupación, lo que evidencia la permanencia histórica de las familias en este sector. En contraste, las **Zonas II (Quirio), III (Casa Huerta) y IV (Buenos Aires)** muestran una mayor distribución en tiempos menores de ocupación, especialmente en los rangos de 1 a 30 años, lo cual refleja dinámicas de asentamiento más recientes y en consolidación. Por su parte, la **Zona V (Carosio)**, aunque mantiene el predominio de residencias de larga duración, presenta también porcentajes elevados en categorías intermedias (11 a 30 años), lo que indica una situación menos consolidada que el Casco Central, pero más estable en comparación con las zonas donde predomina la movilidad poblacional.

Figura 23.

Tenencia de la vivienda. Años 2017 y 2025



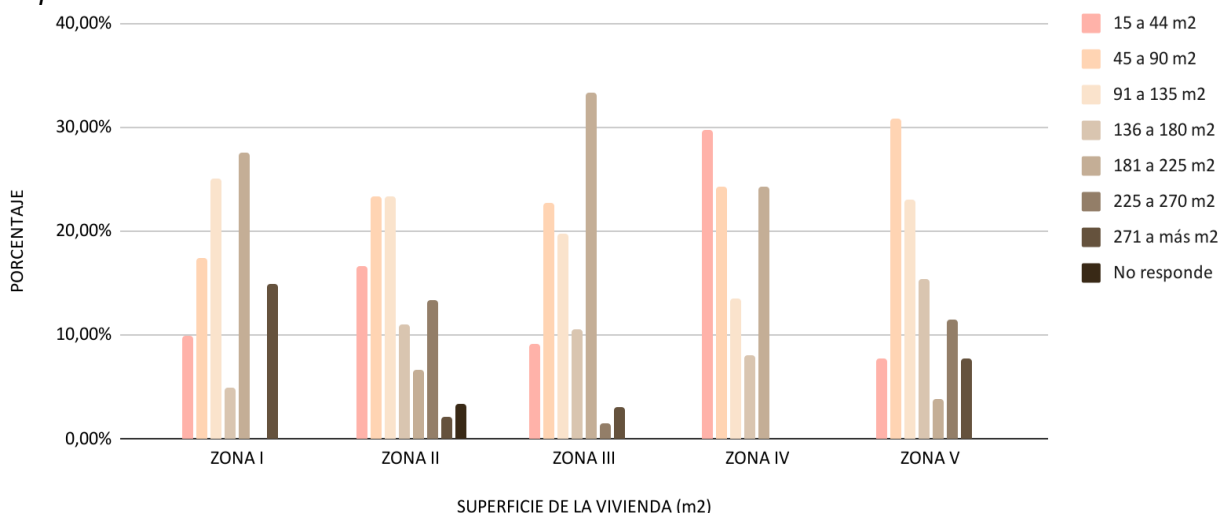
Fuente: Elaboración propia (2025).

13.1.2.6. Superficie de la vivienda (m²)

En el análisis de la **superficie de la vivienda** se aprecia una distribución variada en todas las zonas, con una mayor concentración en los rangos de **45 a 90m²** y **91 a 135m²**, lo que refleja viviendas de tamaño medio como tendencia predominante. Sin embargo, en la **Zona IV (Buenos Aires)** destacan de manera más significativa las viviendas de **menor superficie (15 a 44m²)**, lo que indica condiciones habitacionales más reducidas en comparación con otros sectores. En contraste, las **Zonas I (Casco Central), II (Quirio), III (Casa Huerta) y V (Carosio)** presentan una mayor diversidad de tamaños, con presencia tanto de viviendas pequeñas como de superficies más amplias, alcanzando incluso categorías superiores a los **181m²**. En conjunto, se evidencia que, si bien predomina la vivienda de tamaño medio, la **Zona IV se caracteriza por una mayor proporción de viviendas pequeñas**, lo cual marca una diferencia importante respecto a los demás sectores.

Figura 24.

Superficie de la vivienda. Año 2025



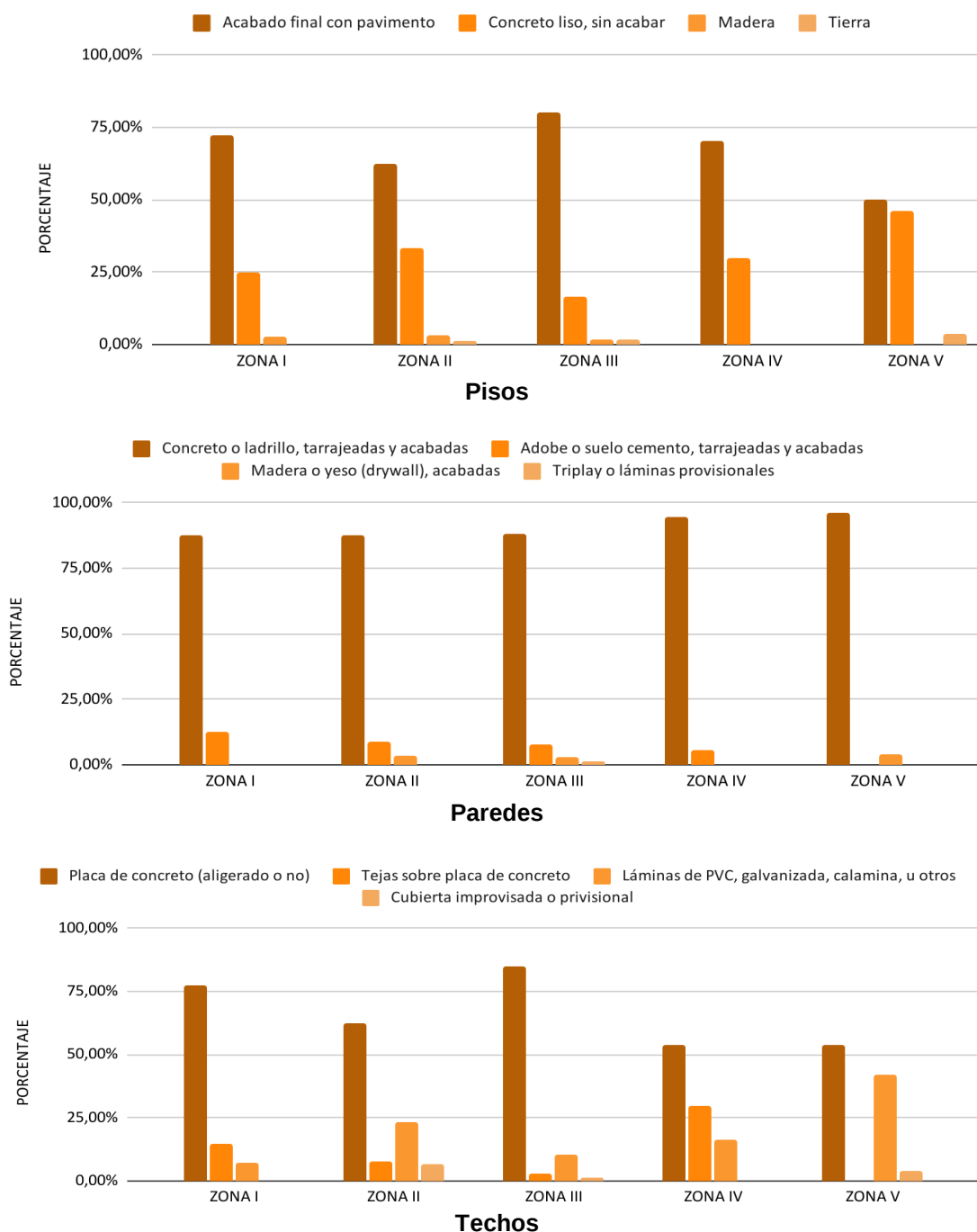
Fuente: Elaboración propia (2025).

13.1.2.7. Material predominante de la vivienda

Los sistemas constructivos predominantes corresponden a estructuras aporticadas de concreto armado con albañilería de ladrillo, techos de placa de concreto y pisos con acabados de mayólica, lo que refleja un patrón consolidado en la mayoría de las zonas. Sin embargo, como se observa en la figura 25, en sectores como la **Zona IV y la Zona V** se identifican mayores porcentajes de materiales sin acabados o alternativos, lo que indica condiciones habitacionales más heterogéneas y, en algunos casos, más precarias en comparación con el resto.

Figura 25.

Materiales de construcción en viviendas en pisos, paredes y techos. Año 2025.



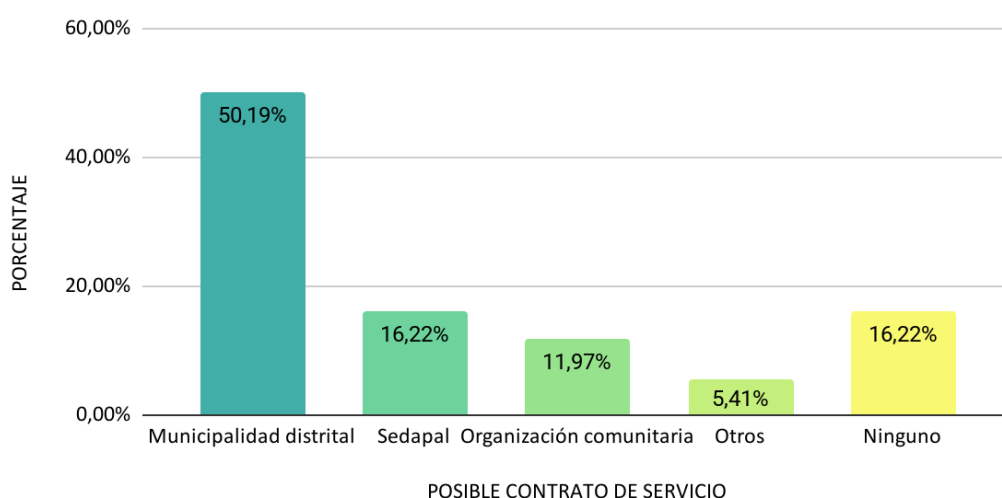
Fuente: Elaboración propia (2025).

13.1.2.8. Posible contrato de servicio

En 2025, el patrón dominante frente a un **posible contrato de servicio** recae en la **Municipalidad Distrital**, que concentra el **50.19 %** de las preferencias, consolidándose como **la opción mayoritaria**. En contraste, **Sedapal y la opción de no establecer contrato** muestran niveles similares (**16.22 % cada uno**), mientras que la **organización comunitaria** alcanza solo el **11.97 %**. Las alternativas clasificadas como **“otros”** representan un **5.41 %**, manteniéndose como la opción menos considerada. Este escenario refleja una marcada confianza en la gestión municipal, aunque persiste un grupo importante de la población que opta por Sedapal o por no establecer ningún contrato, lo cual evidencia cierta fragmentación en las percepciones sobre la administración y formalización del servicio.

Figura 26.

Posible Contrato de Servicio. Años 2017 y 2025.

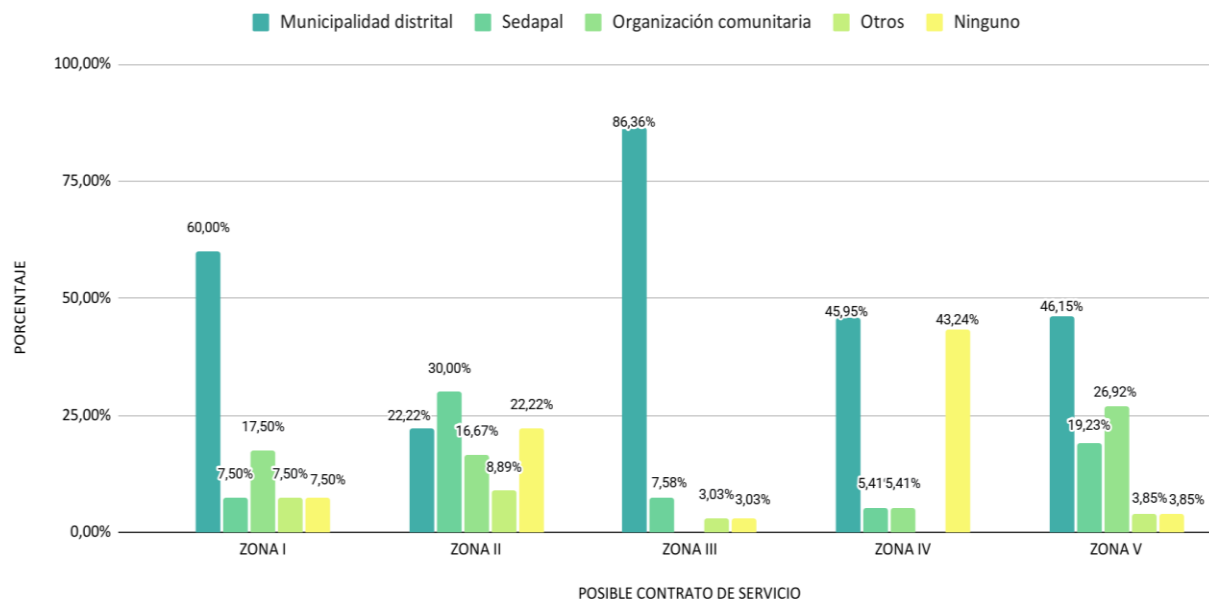


Fuente: Elaboración propia (2025).

En el análisis del **posible contrato de servicio** se observa que la **Municipalidad Distrital concentra la mayor preferencia en la mayoría de zonas**, destacando con fuerza en la **Zona III (86.36%)** y en la **Zona I (60%)**. La **Zona V** también mantiene una proporción importante (**46.15%**), aunque con una presencia significativa de **Sedapal (26.92%)**. En la **Zona II (Quirio)**, a diferencia de las demás, **Sedapal lidera con el 30%**, mientras que la **Municipalidad registra 22.22%** y la opción **“Ninguno”** también **alcanza 22.22%**, reflejando un escenario más fragmentado. Por su parte, la **Zona IV** muestra un comportamiento más equilibrado entre la **Municipalidad (45.95%)** y quienes **no optarían por ningún contrato (43.24 %)**. En conjunto, se evidencia que la **Municipalidad Distrital es la opción predominante**, salvo en la **Zona II (Quirio)** donde **Sedapal adquiere mayor relevancia**, lo que revela percepciones diferenciadas sobre la gestión del servicio según el sector.

Figura 27.

Posible Contrato de Servicio. Años 2017 y 2025.



Fuente: Elaboración propia (2025).

13.1.3. Características Económicas

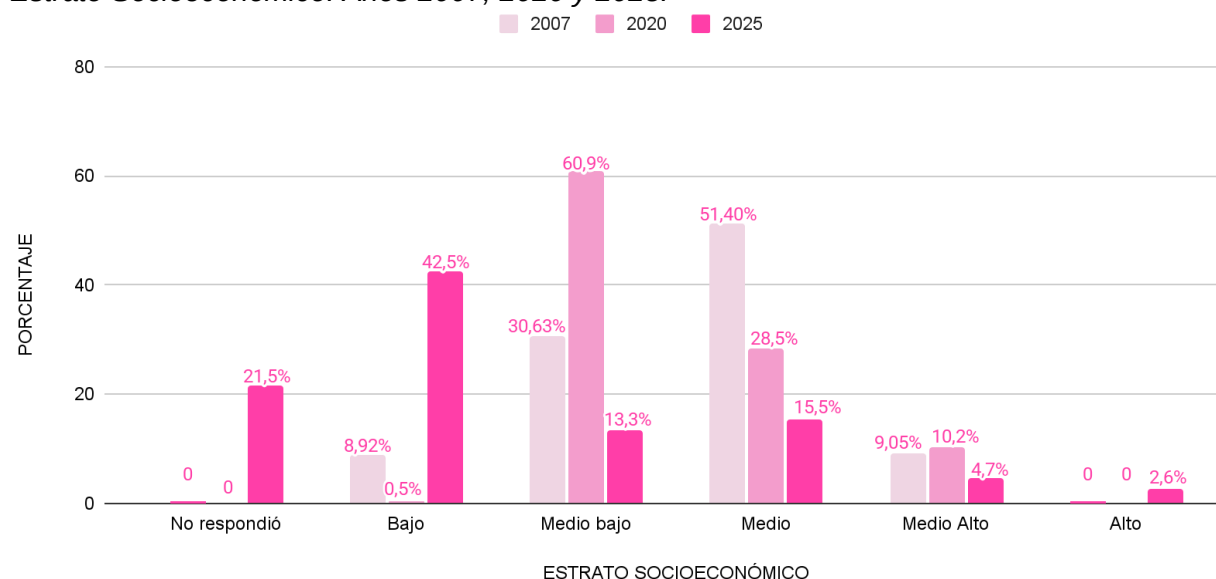
13.1.3.1. Estrato Socioeconómico

La evolución entre 2007, 2020 y 2025 refleja un **empobrecimiento progresivo de la población**. En 2007 predominaba el **estrato medio** (51,4%), pero hacia 2020 se trasladó al **medio bajo** (60,9%). Para 2025, la tendencia se agudiza con un fuerte incremento del **estrato bajo** (42,5%) y una reducción significativa de los estratos medio y medio bajo.

En conjunto, la distribución muestra que los **promedios se desplazan hacia los estratos bajos**, confirmando un deterioro en la capacidad adquisitiva y condiciones de vida de la población.

Figura 28.

Estrato Socioeconómico. Años 2007, 2020 y 2025.



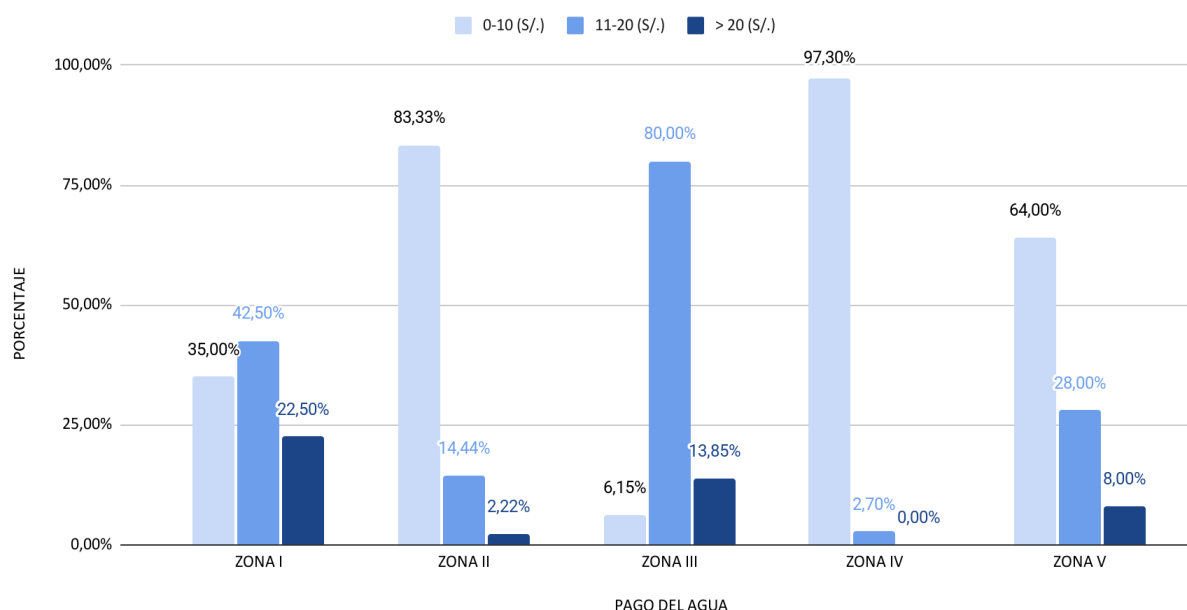
Fuente: Elaboración propia (2025).

13.1.3.2. Pago del agua

El pago por agua varía de forma considerable entre zonas, **la Zona II y la Zona IV concentran la mayoría de pagos bajos de hasta 10 soles**, en la Zona III predomina el rango de **11 a 20 soles** con 80 % mientras que la **Zona I combina pagos medios y altos y la Zona V mantiene un patrón intermedio con mayor peso en los pagos bajos**. En conclusión estas diferencias reflejan no sólo variaciones en el consumo sino también posibles desigualdades en el acceso y distribución del servicio, esta situación demanda una gestión más equilibrada que garantice equidad en el cobro y un acceso justo al recurso en todo el distrito.

Figura 29.

Pago del agua. Año 2025.



Fuente: Elaboración propia (2025).

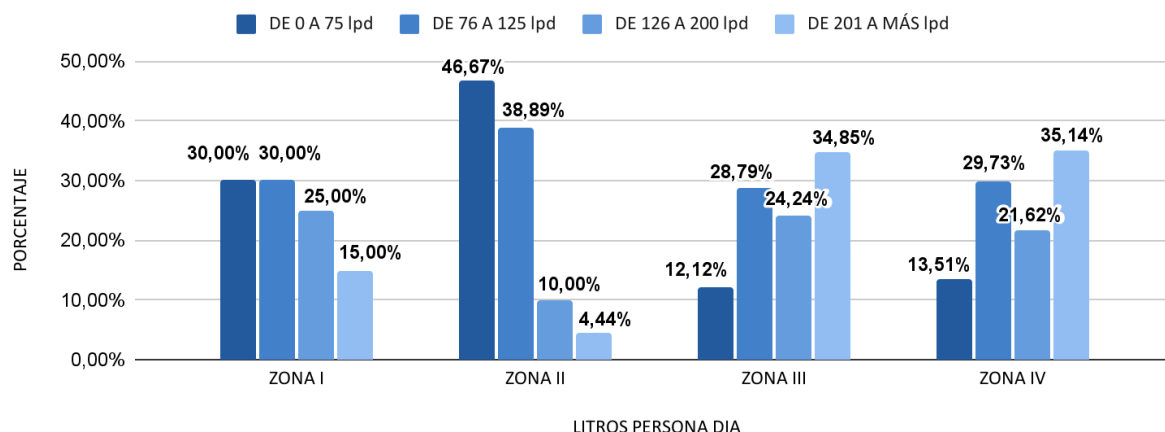
13.1.4. Características Técnicas

13.1.4.1. Litro persona por día

El análisis del consumo de agua en litros por persona por día (LPD) muestra contrastes significativos entre zonas. La **Zona II (Quirio)** concentra la mayor proporción en rangos bajos (0–75 LPD), lo que evidencia un consumo reducido. La **Zona I** también mantiene predominio en niveles bajos, aunque con una ligera presencia de consumos altos. En cambio, las **Zonas III y IV** presentan una situación opuesta: son las que registran **mayor proporción de hogares con consumos superiores a 200 LPD**, evidenciando un patrón de uso más intensivo del recurso.

Figura 30.

Litros por persona al día. Año 2025.



Fuente: Elaboración propia (2025).

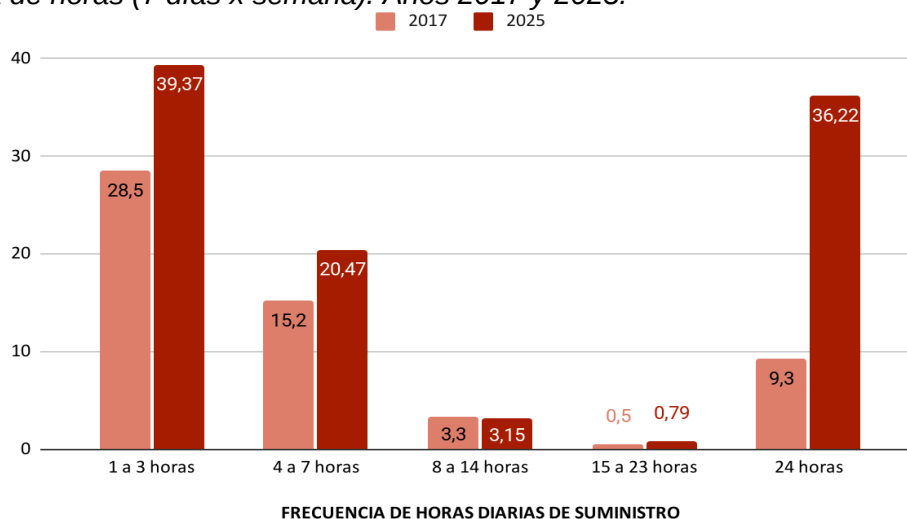
En síntesis, el consumo de agua por persona al día refleja un escenario desigual, donde coexisten hogares con uso restringido y otros con patrones más intensivos, lo que evidencia contrastes en el acceso y la gestión del recurso hídrico.

13.1.4.2. N° horas de suministro de agua

Estos gráficos muestran las horas de suministro considerando todos los días de la semana. Para 2025 se proyecta un cambio importante, ya que el acceso **24 horas diarias sube a 36.22%**, pero también aumenta la proporción en los rangos más bajos (**1 a 3 horas sube a 39.97%**), lo que refleja una **doble tendencia**: avances hacia la cobertura continua en algunos sectores y persistencia de restricciones severas en otros.

Figura 31.

Frecuencia de horas (7 días x semana). Años 2017 y 2025.



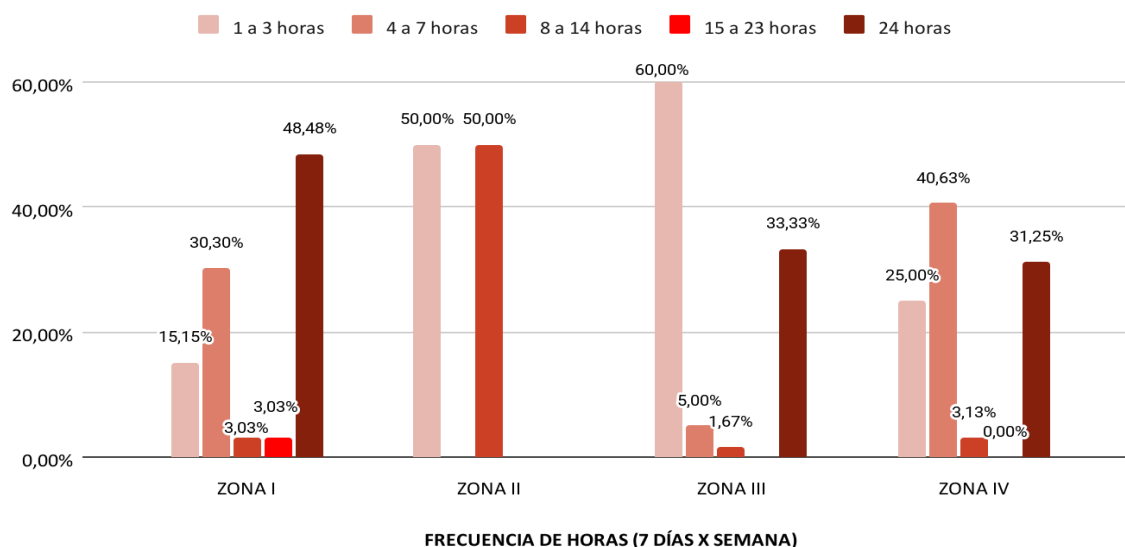
Fuente: Elaboración propia (2025).

Sin embargo, al observar las zonas se evidencian diferencias notorias. La **Zona III** concentra el menor beneficio con un **60% de hogares con suministro de 1 a 3 horas**, mientras que en la **Zona I** prevalece el acceso **24 horas**, en el caso de la **Zona II** solo se abastece en un promedio de **1 a 14 horas** y en la **Zona IV** predomina de **4 a 7 horas**. En conclusión, aunque existe un avance general en el distrito, persisten brechas territoriales que requieren atención para lograr un acceso equitativo.

Estos gráficos muestran las horas de suministro considerando algunos días de la semana.

Figura 32.

Frecuencia de horas (7 días x semana). Año 2025.

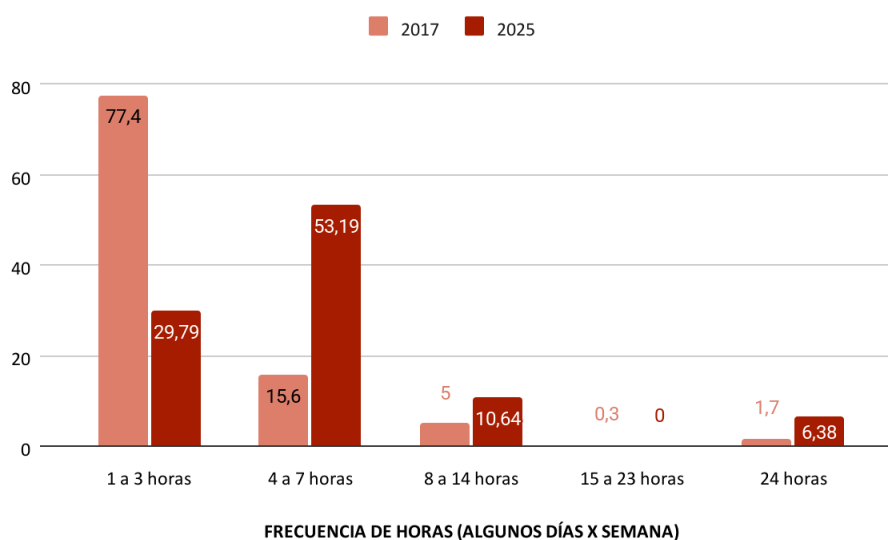


Fuente: Elaboración propia (2025).

En Chosica el suministro de agua en algunos días de la semana evidencia una mejora entre 2017 y 2025, **reduciéndose el predominio de hogares con solo 1 a 3 horas** que en 2017 alcanzaban el 77,4% y **aumentando los que acceden entre 4 a 7 horas** hasta un 53,19%.

Figura 33.

Frecuencia de horas (Algunos días x semana). Años 2017 y 2025.

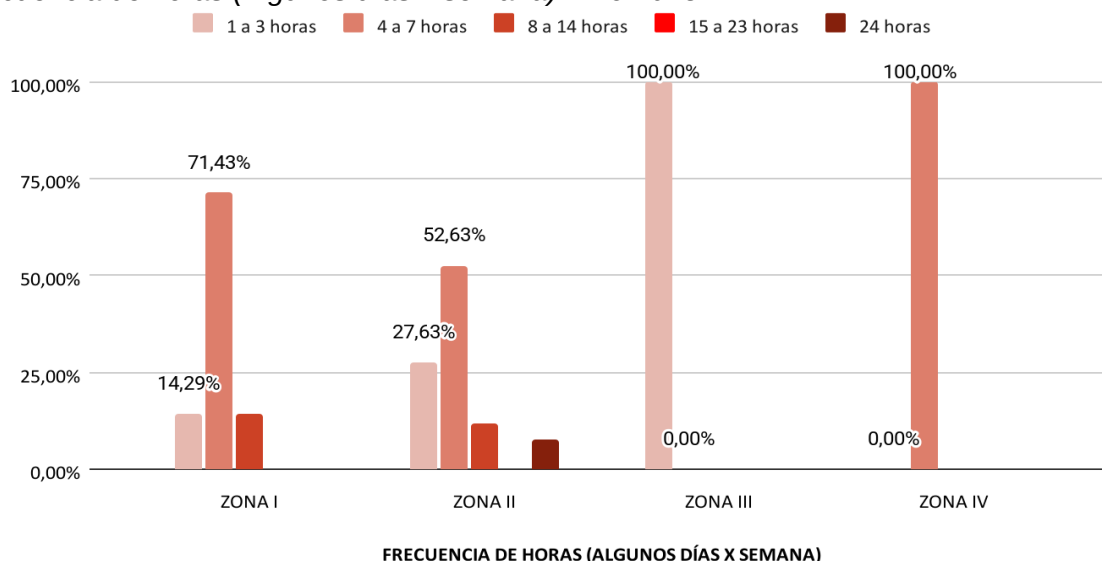


Fuente: Elaboración propia (2025).

A nivel de zonas de estudio, la brecha se intensifica. En la **Zona III y Zona IV, el 100% de los hogares que no tienen agua diaria dependen de un acceso parcial de 1 a 3 horas y 4 a 7 horas, respectivamente**, solo algunos días, mientras que en la **Zona II todavía un 52.63% permanece en rangos bajos de 4 a 7 horas** al igual que la **Zona I**. Esto refleja que, si bien existen sectores con una mejora notable, en otros la precariedad sigue siendo crítica.

Figura 34.

Frecuencia de horas (Algunos días x semana). Año 2025.



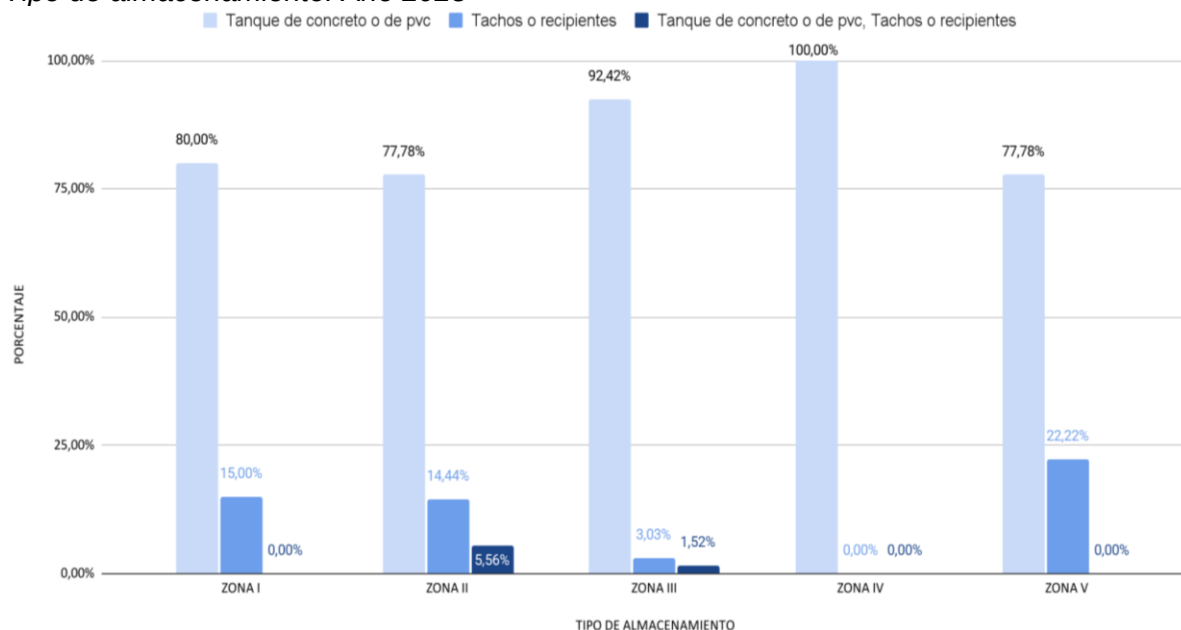
Fuente: Elaboración propia (2025).

13.1.4.3. Tipo de almacenamiento

El almacenamiento de agua **se realiza principalmente en tanques de concreto o PVC con porcentajes muy altos en todas las zonas** alcanzando 80% en la zona I, 77,78% en la zona II, 92,42% en la zona III, 100% en la zona IV y 77,78% en la zona V, en cambio el **uso de tachos o recipientes es menor** con valores de 15% en la zona I, 14,44% en la zona II, 3,03% en la zona III y 22,22% en la zona V, mientras que en la zona IV no se registra, en conclusión **la información revela que el tanque es el método más seguro y predominante de almacenamiento en Chosica aunque aún persiste el uso de recipientes en ciertas zonas lo que podría reflejar limitaciones en la capacidad o continuidad del servicio.**

Figura 35.

Tipo de almacenamiento. Año 2025



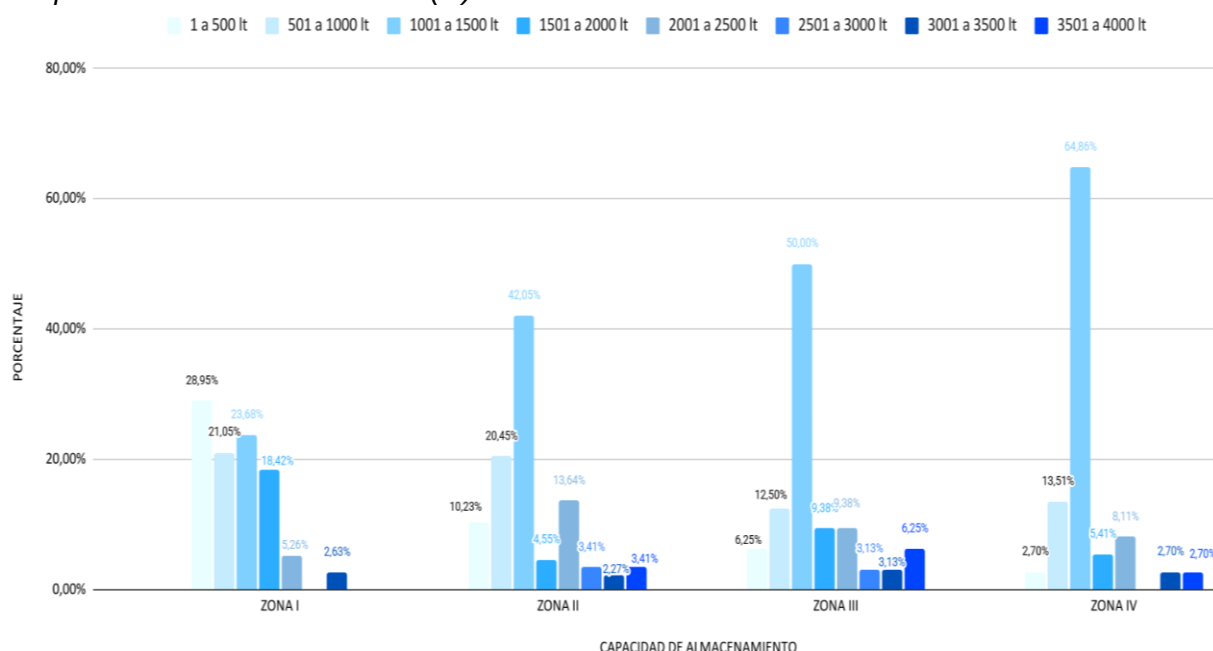
Fuente: Elaboración propia (2025).

13.1.4.4. Capacidad de almacenamiento (lt.)

La capacidad de almacenamiento en tanques de agua varía según la zona, en la **zona I predomina el rango de 1 a 500 litros con 28,95% y 501 a 1000 litros con 23,68%**, en la **zona II destaca el rango de 1001 a 1500 litros con 42,05%**, en la **zona III la mitad de los hogares almacena entre 1501 y 2000 litros con 50%** y en la zona IV este mismo rango alcanza 64,86% mostrando mayor concentración, en conclusión **se observa que mientras en la zona I se utilizan tanques de menor capacidad en las demás zonas se requieren volúmenes más grandes lo cual sugiere diferencias en la continuidad del servicio y en la necesidad de garantizar reservas de agua para el consumo diario.**

Figura 36.

Capacidad de almacenamiento (lt.). Año 2025.

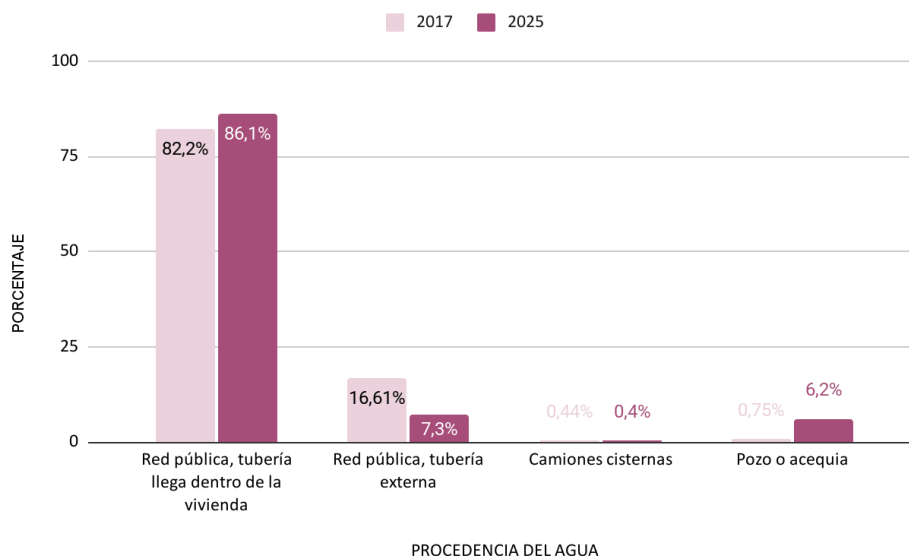


Fuente: Elaboración propia (2025)

13.1.4.5. Procedencia del agua

En el distrito de Chosica en **2017 el 82,2% de viviendas recibía agua de la red pública con tubería dentro de la vivienda** y en **2025 este valor aumenta a 86,1%**, mientras que la red pública con tubería externa disminuye de 16,61% a 7,3%, el abastecimiento por camiones cisterna se mantiene casi igual con 0,44% en 2017 y 0,4% en 2025 y **el uso de pozo o acequia sube de 0,75% a 6,2% lo que evidencia que algunas familias recurren a fuentes alternativas posiblemente por limitaciones de acceso**, en conclusión aunque se observa un mayor acceso al agua dentro de las viviendas también hay un incremento en la dependencia de pozos o acequias como recurso complementario.

Figura 37.
Procedencia del agua. Años 2017 y 2025.

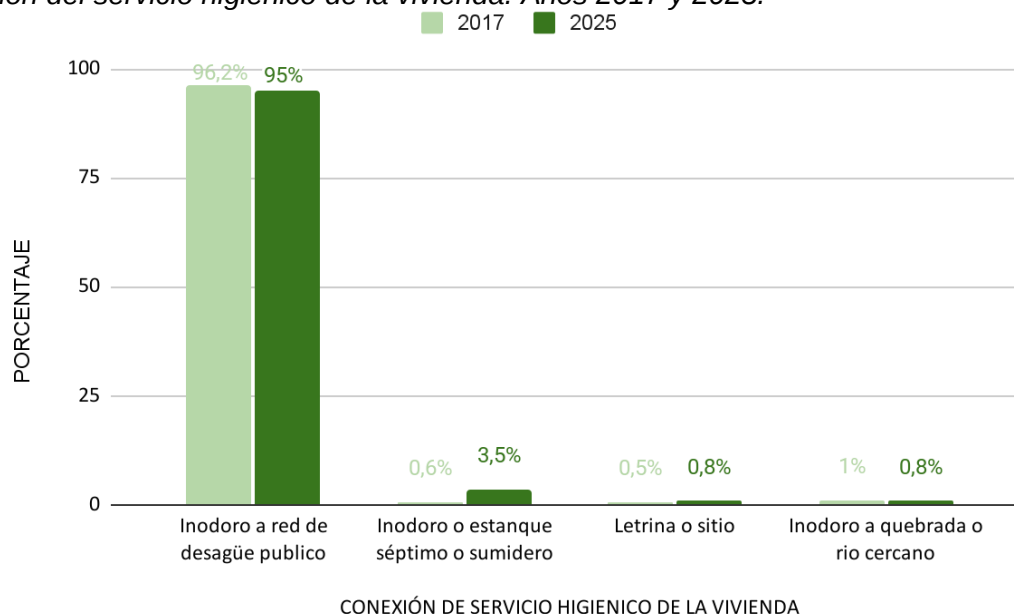


Fuente: Elaboración propia (2025).

13.1.4.6. Conexión del servicio higiénico de la vivienda

En el distrito de Chosica en el año **2017** el **96,2% de viviendas usaban inodoro conectado a la red pública de desagüe** mientras que para el **2025** este porcentaje se reduce a **95%**, en contraste el uso de inodoro con estanque séptico o sumidero aumenta de 0,6% a 3,5% lo que muestra una ligera sustitución en la forma de desagüe, asimismo el uso de letrinas sube de 0,5% a 0,8% y el de inodoro a quebrada o río cercano disminuye de 1% a 0,8%, estos datos reflejan que aunque la mayoría mantiene conexión a la red pública se observa un incremento en sistemas alternativos posiblemente por problemas de cobertura o mantenimiento de la red principal, en conclusión **la tendencia indica una leve reducción de dependencia del sistema público y un aumento de alternativas privadas.**

Figura 38.
Conexión del servicio higiénico de la vivienda. Años 2017 y 2025.



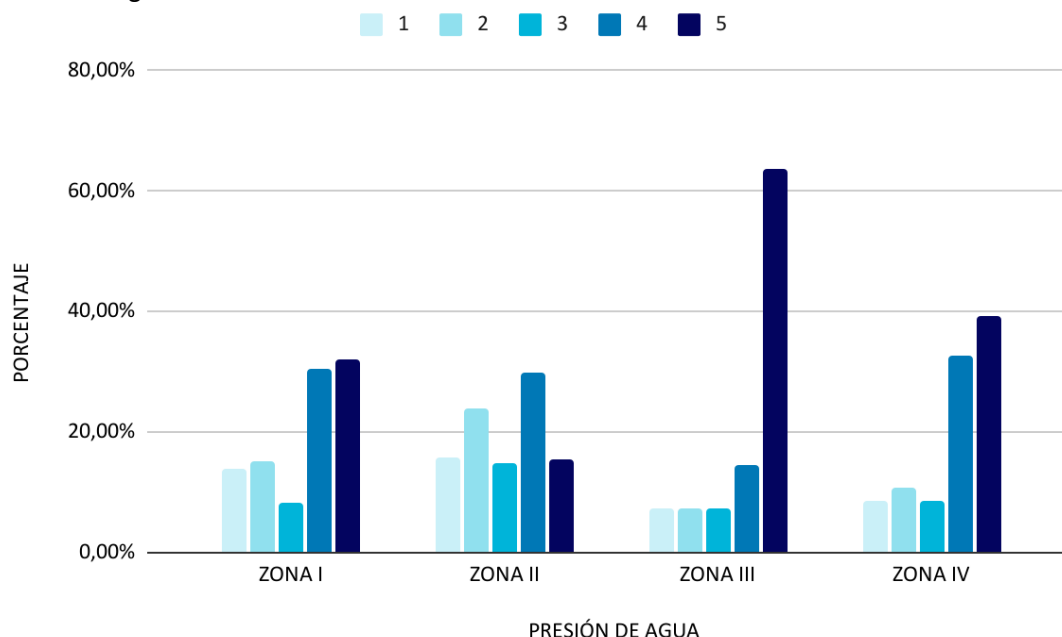
Fuente: Elaboración propia (2025).

13.1.4.7. Presión de agua

La presión de agua en Chosica **muestra una tendencia hacia niveles altos** destacando la **Zona III** con un **63,54 % en nivel 5** y la **Zona IV** con **39,13 % en nivel 5** y 32,61 % en nivel 4 lo que refleja buena disponibilidad, sin embargo en la **Zona II predominan valores medios** con 23,88 % en nivel 2 y 14,93 % en nivel 3 mientras que en la **Zona I** los niveles 4 y 5 alcanzan poco más del 30 %, evidenciando contrastes entre zonas con mayor y menor presión. En conclusión **la distribución del servicio no es uniforme y requiere una regulación que equilibre el abastecimiento en todo el distrito.**

Figura 39.

Presión del agua. Año 2025.

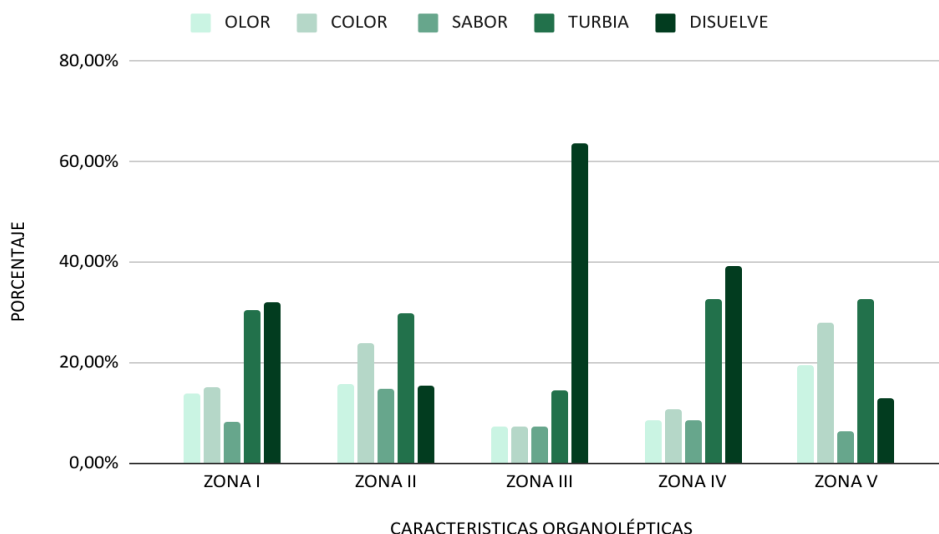


Fuente: Elaboración propia (2025).

13.1.4.8. Características Organolépticas

Las características organolépticas del agua varían según la zona, en la **Zona I, destacan problemas de turbidez y disolución con valores superiores al 30 %**, en la **Zona II predominan problemas con el sabor** con porcentajes cercanos al 24, la **Zona III presenta la situación más crítica con un 63,54 % en disolución** aunque con bajos valores en los demás parámetros, en la **Zona IV la turbidez y la disolución superan el 30 %** mostrando afectación importante, mientras que en la Zona V resalta problemas de turbidez acompañado de niveles intermedios en color y olor. **En conclusión la turbidez y la disolución son los principales problemas en Chosica** con mayor impacto en la calidad del agua.

Figura 40.
Características organolépticas. Año 2025.



Fuente: Elaboración propia (2025).

13.1.5. Descripción del Sistema de distribución de agua potable y disposición de agua servidas

El sistema de distribución se basa en la extracción de agua de fuentes subterráneas a través de varios pozos tubulares arcanos al río Rímac y una galería filtrante situada en el distrito de Santa Eulalia (Pomaticla). Los pozos son de una profundidad entre 35 y 55 metros, y altamente productivos, pues registran aforos superiores a 10 lps; la galería filtrante produce 56,22 lps para dos distritos, por lo que debe asumirse un aporte parcial al distrito de Lurigancho. Para el área de estudio, los pozos tubulares y la galería filtrante aportan unos 131.97 lps.

Tabla 10.
Sistema de Agua Potable del Área de Estudio. Fuentes de agua. Año 2025.

Fuente de agua		Margen con respecto al río Rímac	Estado	Caudal de bombeo (l/s)
Tipo	nombre			
Pozos tubulares	P-366 *	margen derecha	operativo	11,11
	P-367 *		operativo	11,11
	P-368 *		operativo	18,06
	P-369 *		operativo	18,06
	P-370 *		operativo	18,06
	P-371 *	margen izquierda	operativo	8,33
	P-372 *		operativo	6,94
	P-373 *		operativo	6,80
	P-1 (Cantuta)		operativo	4,75
	P-3 (Papelera)	margen izquierda	operativo	18,75
Galería filtrante	Pomaticla	Distrito Sta Eulalia	operativo	56,22 (se adopta 10 lps)

Fuente de agua		Margen con respecto al río Rímac	Estado	Caudal de bombeo (l/s)
Tipo	nombre			
Total Área de Estudio				131.97 lps

Fuente: Municipalidad Distrital de Lurigancho, 2025.

Respecto al tratamiento, de acuerdo a la información suministrada por la Municipalidad distrital, sólo existe una planta en el sector La California. Esta planta presta un servicio particular, y no atiende la demanda de la población del área de estudio.

Tabla 11.

Sistema de Agua Potable del Área de Estudio. Fuentes de agua. Año 2025.

Fuente de agua		Margen con respecto al río Rímac	Estado	Caudal de bombeo (l/s)
Planta de tratamiento de agua potable	PTAP - CALIFORNIA	margen izquierda	operativo	15 (8 h/d) 8 (16 h/d)

Fuente: Municipalidad Distrital de Lurigancho, 2025.

Los pozos no concentran su producción en un sistema de tratamiento municipal, sino que desinfectan y envían a los reservorios y a la red, previa desarenación y desinfección. Ello ayuda a explicar la baja calidad del agua reportada en la encuesta, donde una alta proporción de residentes en todas las zonas señaló que el agua que les llega por tuberías presenta color, sabor, olor, turbidez y no disuelve el jabón. Las características organolépticas requieren que el agua potable sea transparente, incolora, inodora e insípida, y que disuelva el jabón, lo cual sólo puede garantizarse mediante un tratamiento completo (floculación + sedimentación + filtración + desinfección). A las deficiencias de la potabilización se suma la contaminación de las redes de distribución por infiltración. Al quedar vacías por el régimen de bombeo, aquellas tuberías que presentan fugas se suelen contaminar con agua emperchada, lo cual afecta la calidad del agua que llega a las viviendas.

Los pozos bombean el agua a nueve reservorios localizados en distintos puntos del área de estudio.

Tabla 12.
Sistema de Agua Potable del Área de Estudio. Fuentes de agua. Año 2025.

Nombre	Margen Con Respecto al Río Rímac	Volumen (m3)	Antigüedad (años)	Estado	Coordenadas Utm WGS 84		Elevación (m.s.n.m.)	Fuente
					Norte	Este		
Rae-4 * Trinchera	margen derecha	2100	+ 50	regular	8.681.369	316.814	919,5	P-366, P-367, P-368, P-369, P-370, Galería Filtrante Pomaticla
Rae-11 * Trinchera		700	+ 60	regular	8.681.381	316.794	919,1	
Rae-12 La Ronda	margen izquierda	1500	38	regular	8.680.603	312.693	933,0	P-371, P-372, P-373
Rae-9 Señor De Los Milagros		130	+ 3	bueno	8.680.353	316.668	988,0	P-371, P-372, P-373
Rae-10 Mariscal		180	+ 50	regular	8.680.006	316.536	982,0	P-371, P-372, P-373
Rae-13 San Juan		150	38	regular	8.680.056	316.312	994,0	P-371, P-372, P-373
Rae-3 Santo Domingo		1000	+ 3	bueno	8.678.776	315.622	930,7	P-03 Papelera
Rae-2 Santo Domingo		61	38	regular	8.678.945	315.554	942,0	P-03 Papelera
Rae-1 Santo Domingo		18	38	regular	8.678.952	315.556	942,0	P-03 Papelera

Fuente: Municipalidad Distrital de Lurigancho, 2025.

Dentro del área de estudio, los reservorios de la margen derecha del río Rímac - donde existe el mayor número de población - pueden almacenar unos 2800 m3, mientras que los de la margen izquierda 3039 m3. Ello suma 5839 m3. El almacenamiento requerido en el área de estudio para compensar las variaciones horarias del consumo, usualmente estimadas en un 40 % del gasto diario para un suministro continuo durante 24 horas, es de 3167,78 m3. mientras que para un régimen de bombeo intermedio, digamos de 12 horas, se duplica a 6335,56 m3. Puede concluirse que la cantidad de reservorios parece adecuada para el tamaño de la población, siempre que el régimen de bombeo no sea inferior a 12 horas.

Tabla 13.
Sistema de Agua Potable del Área de Estudio. Almacenamiento requerido. Año 2025.

Zonas	Población (2025)	Sectores	Dotación (lpd)	Gasto medio (lps)	Almacenamiento (m3, para 24 horas de bombeo)	Almacenamiento (m3, para 12 horas de bombeo)
Zona I	8493	1, 5, 20, 22, 38, 46, 50, 59, 60, 61, 67	111,12	10,92	377,4	754,8
Zona II	27239	32, 51, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 62, 63, 64, 65, 66, 69	80,48	25,37	876,79	1753,58
Zona III	15789	3, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 33, 34, 35, 40, 41, 42, 48, 52, 68	166,7	30,46	1052,7	2105,4
Zona IV	10832	2, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 36, 37, 39, 43, 44, 45, 47, 49	158,82	19,91	688,09	1376,18
Zona V	2904	4, 11, 21	148,87	5	172,8	345,6
Área de Estudio	65257		121,36	91,66	3167,78	6335,56

Fuente: Elaboración propia (2025).

Sin embargo, las cotas de los estanques se sitúan entre los 920 y 988 msnm, de modo que las viviendas ubicadas por encima de dichas cotas topográficas requieren rebombeo. Los regímenes de bombeo por debajo de 12 horas, aunado a la ubicación de viviendas por encima de las cotas de los estanques, explica la necesidad de almacenamiento de los hogares en las viviendas, que usualmente supera 1 m3 por vivienda, así como la utilización de fuentes de suministro de aguas crudas que no forman parte de la red, como es el caso de las aguas de derivación de la CH de Moyopampa, lo cual agrava las condiciones de prestación de servicio.

Por último, cabe señalar que las pérdidas en la red de distribución pueden alcanzar no menos de un 30% del agua extraída de los pozos, lo que es una condición bastante común en las redes de distribución municipales. Para el total de agua extraída, de 131,97 lps, un 30% de pérdidas supone una disponibilidad neta de 92,38 lps, lo cual se acerca a la demanda media estimada según los reportes de la encuesta socioeconómica, confirmando las dotaciones teóricas adoptadas.

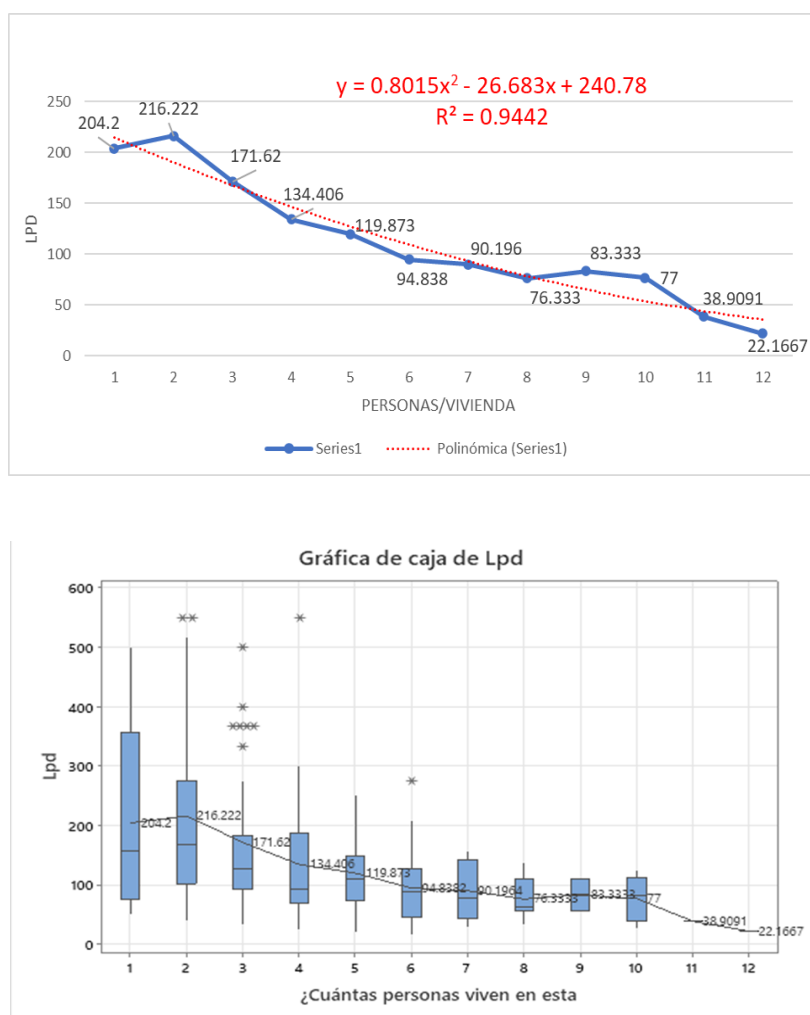
13.1.6. Inferencias Estadísticas Paramétricas

13.1.6.1. Número de personas por vivienda versus litros por día

El gráfico evidencia **una relación inversa entre el número de integrantes en el hogar y el consumo de agua por persona: en los hogares con pocos miembros, el gasto per cápita es más alto y variable**, mientras que en **los hogares numerosos este consumo disminuye y se concentra en valores más homogéneos**. Este comportamiento sugiere que en los hogares pequeños podría existir un uso menos eficiente del recurso, mientras que en los más grandes el consumo reducido por persona podría estar asociado a una optimización compartida o incluso a posibles limitaciones en el acceso al agua.

Figura 41.

Línea de Regresión y Gráfico de cajas - LPD y Personas por Vivienda. Año 2025.

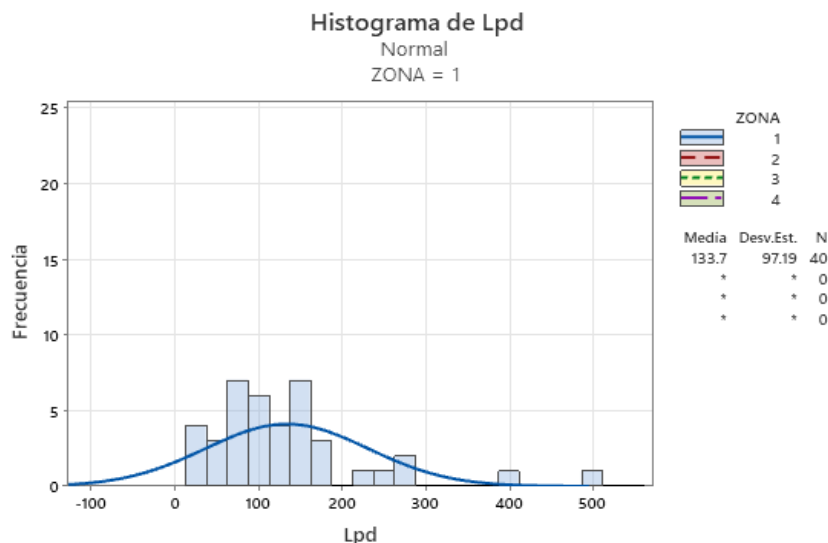


Fuente: Elaboración propia, 2025.

13.1.6.2. Litros por persona al día versus zonas

En esta zona, el consumo promedio de agua es de **133,7 Lpd**. Los datos muestran una **alta dispersión**, con hogares que apenas llegan a 50 Lpd y otros que superan ampliamente los 400 Lpd. Esto evidencia que, aunque el promedio sea relativamente alto, **no existe una distribución equitativa del recurso**. La desigualdad en el acceso al agua podría responder a diferencias en la infraestructura de suministro dentro de la zona, lo que genera **grupos beneficiados con sobredotación** frente a otros que viven en condiciones de carencia.

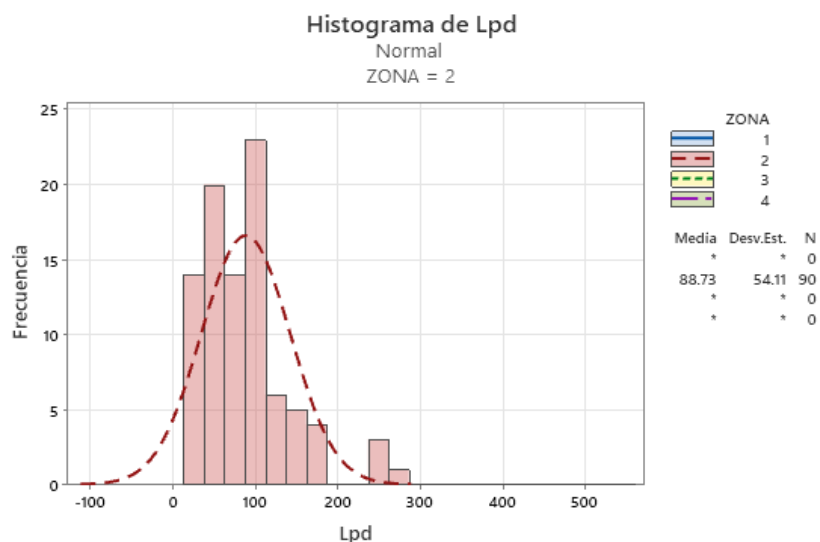
Figura 42.
Zona I y LPD. Año 2025.



Fuente: Elaboración propia, 2025.

La Zona 2 presenta el consumo más bajo, con un promedio de **88,7 Lpd**. La mayor parte de los hogares se concentra entre **50 y 150 Lpd**, lo que refleja una **dotación más homogénea pero restringida** en comparación con las otras zonas. Esta homogeneidad sugiere que el suministro es igualmente limitado para la mayoría de la población, lo cual puede estar asociado a **restricciones estructurales del sistema de distribución de agua**, asimismo este nivel de acceso podría ser insuficiente frente a condiciones de vulnerabilidad.

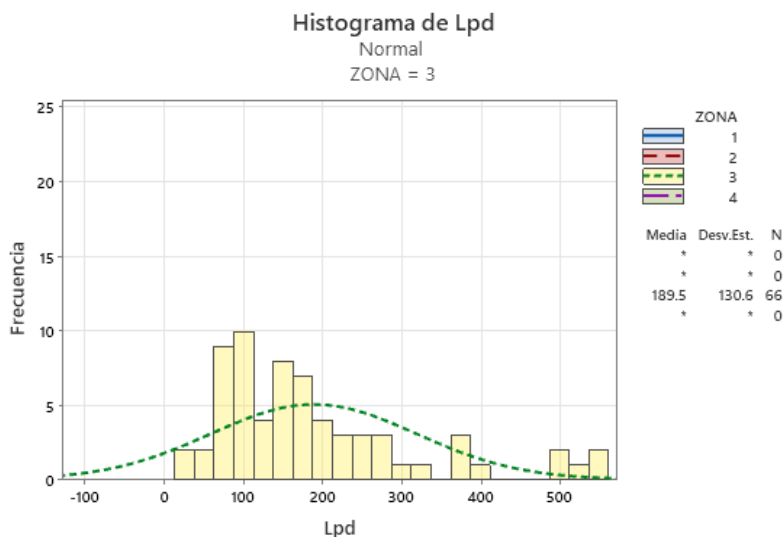
Figura 43.
Zona II y LPD. Año 2025.



Fuente: Elaboración propia, 2025.

La Zona 3 registra el **promedio más alto de consumo (189,5 Lpd)**. No obstante, se evidencia una gran **variabilidad interna**, con hogares que consumen menos de 100 Lpd y otros que superan los 500 Lpd. Esto refleja una **fuerte desigualdad en el acceso**, donde un sector de la población disfruta de un suministro abundante mientras otro permanece en condiciones deficitarias.

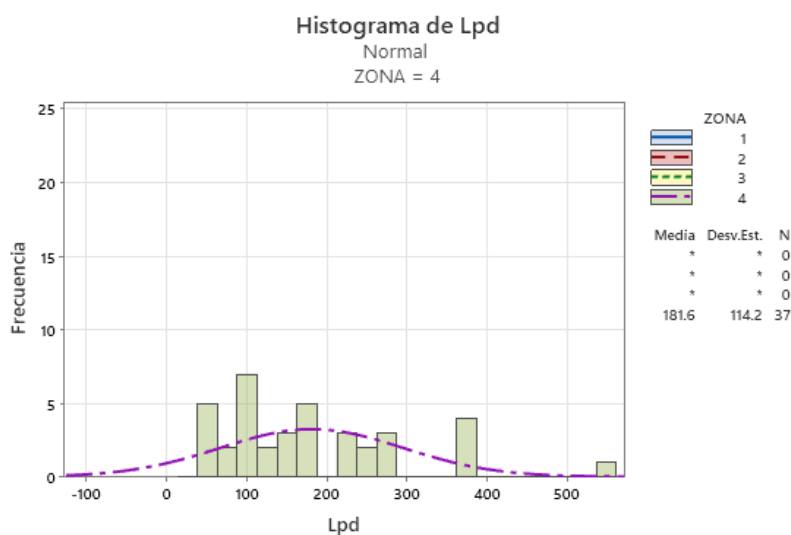
Figura 44.
Zona III y LPD. Año 2025.



Fuente: Elaboración propia, 2025.

En la Zona 4, el consumo promedio es de **181,6 Lpd**, los datos presentan una gran **dispersión con valores extremos**, lo que indica que no toda la población accede a la misma cantidad de agua. Este patrón sugiere que algunos hogares cuentan con un suministro muy elevado, mientras otros apenas cubren el mínimo necesario, generando un escenario de **inequidad en la distribución**.

Figura 45.
Zona IV y LPD. Año 2025.



Fuente: Elaboración propia, 2025.

13.1.7. Inferencias Estadísticas No Paramétricas

13.1.7.1. Relación entre características demográficas y servicios de agua y saneamiento

Comparación entre Litro por persona al día y Zona

La prueba Chi cuadrado confirma (valor $p = 0.000$) que existe una **relación estadísticamente significativa entre el consumo de agua por persona al día y la zona de residencia**. Además, existe evidencia visual clara de que algunas zonas tienen distribuciones de litro por persona al día diferentes a lo esperado, lo que sugiere la dependencia entre estas dos variables.

Tabla 14.

Resultados de la prueba chi-cuadrado de independencia entre Lpd y Zona. Año 2025

Filas: Lpd Columnas: ZONA

	1	2	3	4	5	Todo
0 a 100	15 19.31	55 43.44	19 31.85	10 17.86	26 12.55	125
101 a 200	19 13.59	31 30.58	24 22.42	14 12.57	0 8.83	88
Más de 200	6 7.10	4 15.98	23 11.72	13 6.57	0 4.62	46
Todo	40	90	66	37	26	259

Contenido de la celda
 Conteo
 Conteo esperado

Prueba de chi-cuadrada

	Chi-cuadrada	GL	Valor p
Pearson	69.283	8	0.000
Relación de verosimilitud	80.531	8	0.000

1 celda(s) con conteos esperados menores que 5.

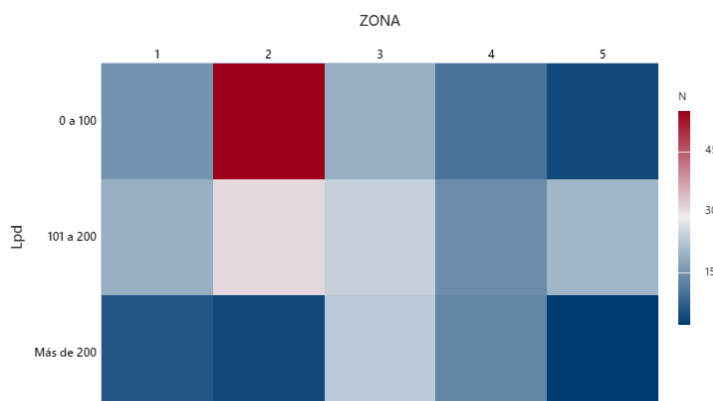
Nota: La tabla muestra conteos observados y esperados

Fuente: Elaboración propia, 2025.

La distribución de LPD no es la misma en todas las zonas, lo que implica una asociación significativa entre LPD y la zona. Se observa que la zona 2 tiene más casos de “0 a 100” litros, en la zona 3 se muestra una gran cantidad de casos que utilizan “Más de 200” litros y por otro lado, en la zona 5 tiene una gran cantidad de casos de “100 a 200” litros y muy pocos en otros rangos.

Figura 44.

Mapa de calor - litro por persona al día y zona. Año 2025



Fuente: Elaboración propia, 2025.

Comparación entre litro por persona al día y número de personas por vivienda

El análisis Chi Cuadrado confirma (valor p - 0.025) que existe **una relación estadísticamente significativa entre el consumo de litros por persona al día y el número de personas por vivienda**. Los datos sugieren que el nivel de hacinamiento o número de ocupantes por vivienda puede influir en los niveles de litros por persona al día, ya que la cantidad de litros que se muestran varían dependiendo del número de personas.

Tabla 15.

Resultados de la prueba chi-cuadrado de independencia entre Lpd y Personas por vivienda. Año 2025

Filas: Lpd Columnas: PERSONAS X VIVIENDA

	1 a	3	4 a	6	7 a	9	Todo
0 a 100	38	71	16	125			
	47.30	67.08	10.62				
101 a 200	38	44	6	88			
	33.30	47.23	7.47				
Más de 200	22	24	0	46			
	17.41	24.69	3.91				
Todo	98	139	22	259			

Contenido de la celda
Conteo
Conteo esperado

Prueba de chi-cuadrada

	Chi-cuadrada	GL	Valor p
Pearson	11.100	4	0.025
Relación de verosimilitud	14.668	4	0.005

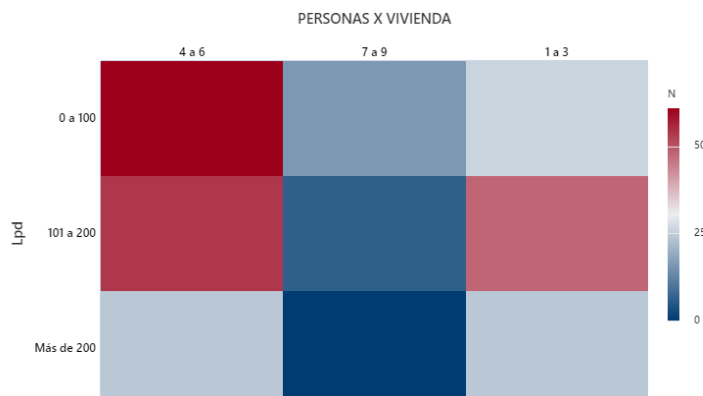
1 celda(s) con conteos esperados menores que 5.

Nota: La tabla muestra conteos observados y esperados

Fuente: Elaboración propia, 2025.

Figura 45.

Mapa de calor - litro por persona al día y número de personas por vivienda. Año 2025



Fuente: Elaboración propia, 2025.

Comparación entre grupo de edades y litro por persona al día

El análisis Chi Cuadrado confirma (valor $p = 0.022$) que existe una **relación estadísticamente significativa entre el grupo de edades y el litro por persona al día**. Se observan diferencias entre los valores, algunos mínimos pero que indican de igual forma una relación entre los niveles de litro por persona al día y grupo de edades.

Tabla 16.

Resultados de la prueba chi-cuadrado de independencia entre Lpd y Grupos de edades. Año 2025

Filas: Lpd Columnas: Columnas de la hoja de trabajo

	0 - 10	10 - 40	40 - 70	> 70	Todo
0 a 10	47 47.41	223 199.49	166 180.71	52 60.38	488
101 a	42 40.90	158 172.10	156 155.90	65 52.09	421
Más de	17 17.68	65 74.40	82 67.40	18 22.52	182
Todo	106	446	404	135	1091

Contenido de la celda
Conteo
Conteo esperado

Prueba de chi-cuadrada

	Chi-cuadrada	GL	Valor p
Pearson	14.804	6	0.022
Relación de verosimilitud	14.505	6	0.024

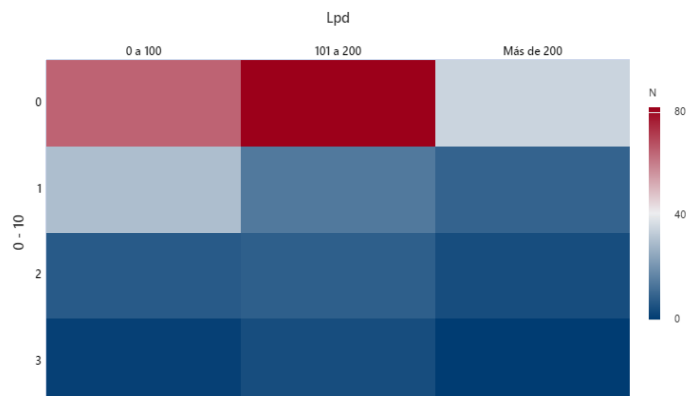
Nota: La tabla muestra conteos observados y esperados

Fuente: Elaboración propia, 2025.

El rango más significativo de “101 a 200” litros muestra un mayor valor significativo con todos los rangos de edades.

Figura 46.

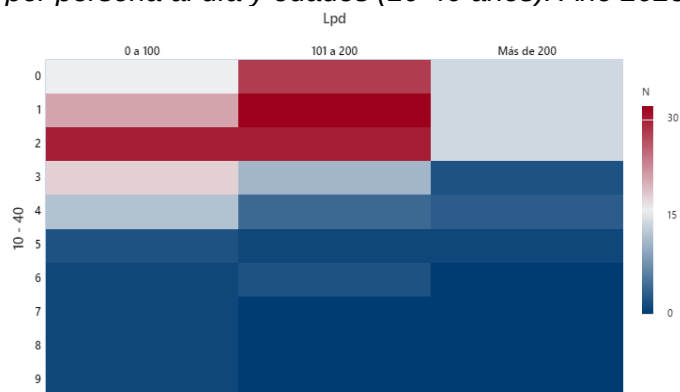
Mapa de calor - litro por persona al día y edades (0-10 años). Año 2025



Fuente: Elaboración propia, 2025.

Figura 43

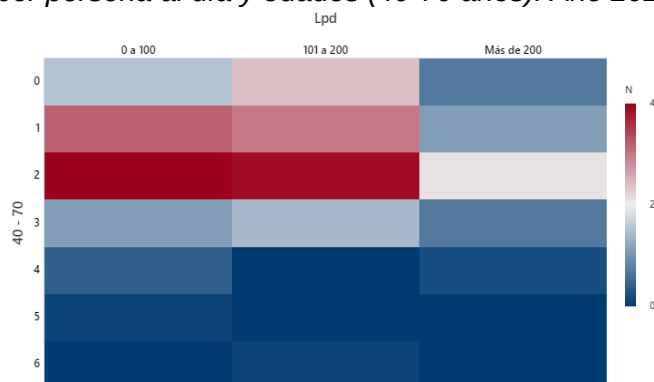
Mapa de calor - litro por persona al día y edades (10-40 años). Año 2025



Fuente: Elaboración propia, 2025.

Figura 44

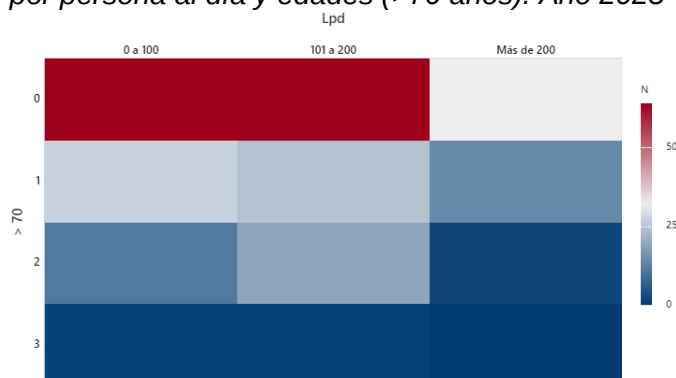
Mapa de calor - litro por persona al día y edades (40-70 años). Año 2025



Fuente: Elaboración propia, 2025.

Figura 45

Mapa de calor - litro por persona al día y edades (>70 años). Año 2025



Fuente: Elaboración propia, 2025.

Relaciones no significativas

En el análisis no se obtuvo una asociación estadísticamente significativa entre:

- Grupo de edad y enfermedades diarreicas.
- Grupo de edad y enfermedades metaxénicas
- Género y litro por persona al día
- Género y lavado del cuerpo
- Género y frecuencia de diarreas

13.1.7.2. Relación entre características sociales y servicios de agua y saneamiento

Comparación entre opinión del agua y agua segura

El análisis Chi Cuadrado confirma (valor $p = 0.000$) que existe una **relación estadísticamente significativa entre la opinión sobre el agua potable y la percepción de seguridad del agua consumida**. A medida que la opinión sobre el agua potable es más baja, predomina la percepción de que el agua **no es segura**. Por el contrario, en los niveles de opinión más altos, aumenta la proporción de personas que consideran que el agua **sí es segura**. Esto demuestra una **coherencia entre la valoración subjetiva de la calidad del agua y la percepción de seguridad** que tienen los encuestados.

Tabla 13

Resultados de la prueba chi-cuadrado de independencia entre Opinión del Agua Potable y Agua Segura. Año 2025

Filas: OPINIÓN AGUA POTABLE Columnas: AGUA SEGURA

	No estoy seguro		Sí Todo	
	No	seguro	Sí	Todo
1	61 38.92	5 11.62	4 19.46	70
2	11 8.90	4 2.66	1 4.45	16
3	51 51.71	20 15.44	22 25.85	93
4	15 25.58	9 7.64	22 12.79	46
5	6 18.90	5 5.64	23 9.45	34
Todo	144	43	72	259

Contenido de la celda
Conteo
Conteo esperado

Prueba de chi-cuadrada

	Chi-cuadrada	GL	Valor p
Pearson	73.918	8	0.000
Relación de verosimilitud	77.287	8	0.000

2 celda(s) con conteos esperados menores que 5.

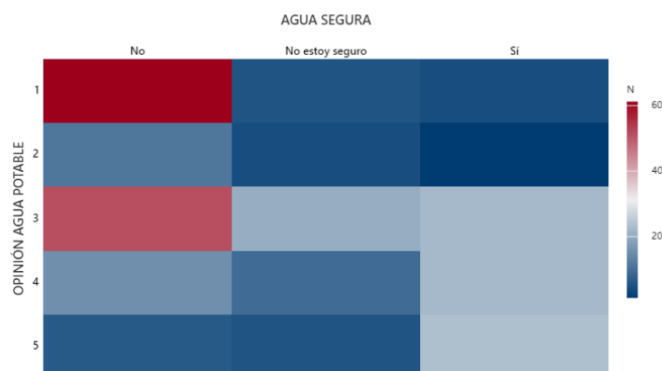
Nota: La tabla muestra conteos observados y esperados

Fuente: Elaboración propia, 2025.

Se observa que quienes califican el agua potable con puntajes bajos (1 y 3) tienden a considerar que el agua no es segura. En cambio, las opiniones más positivas sobre el agua potable (4 y 5) se asocian más con percepciones de que el agua es segura o con mayor incertidumbre.

Figura 46

Mapa de calor - Opinión del Agua Potable y Agua Segura. Año 2025



Fuente: Elaboración propia, 2025.

Comparación opinión del agua y contrato de servicio

El análisis confirma que existe una **relación estadísticamente significativa** entre la **opinión sobre el agua potable** y la **preferencia respecto a un posible contrato de servicio**. Se observa que, a medida que la **opinión sobre el agua potable es más baja (niveles 1 y 2)**, los vecinos tienden a preferir un **contrato con Sedapal u otra empresa externa**, mostrando la búsqueda de un servicio más formal y confiable. En cambio, cuando la **opinión es más alta (niveles 4 y 5)**, aumenta la predisposición a **mantener la organización comunitaria o la municipalidad** como gestores del recurso, evidenciando confianza en los sistemas locales actuales.

Tabla 14

Resultados de la prueba chi-cuadrado de independencia entre Opinión del Agua Potable y Posible Contrato de Servicio. Año 2025

Filas: OPINIÓN AGUA POTABLE Columnas: POSIBLE CONTRATO DE SERVICIO

	Consultor	Municipalidad				Organización		Otra empresa		Sedapal,	
		Municipalidad	Distrital,	Organi	Ninguno	Organización	Internacional	nacional	Sedapal	Municipalidad	Todo
		Distrital	Distrital,	Organi	Ninguno	Comunitaria	con			Distrita	
1	0	15	0	12	11	0	2	24	5	69	
	0.267	34.767	0.267	10.965	8.291	0.267	0.535	11.233	2.407		
2	1	8	0	3	2	0	0	1	1	16	
	0.062	8.062	0.062	2.543	1.922	0.062	0.124	2.605	0.558		
3	0	60	0	12	8	1	0	12	0	93	
	0.360	46.860	0.360	14.779	11.174	0.360	0.721	15.140	3.244		
4	0	25	0	10	7	0	0	3	1	46	
	0.178	23.178	0.178	7.310	5.527	0.178	0.357	7.488	1.605		
5	0	22	1	4	3	0	0	2	2	34	
	0.132	17.132	0.132	5.403	4.085	0.132	0.264	5.535	1.186		
Todo	1	130	1	41	31	1	2	42	9	258	

Contenido de la celda

Conteo

Conteo esperado

Prueba de chi-cuadrada

Chi-cuadrada GL	
Pearson	78.217 32
Relación de verosimilitud	69.553 32

21 celda(s) con conteos esperados menores que 1.

La aproximación de Chi-cuadrada probablemente es no válida.

29 celda(s) con conteos esperados menores que 5.

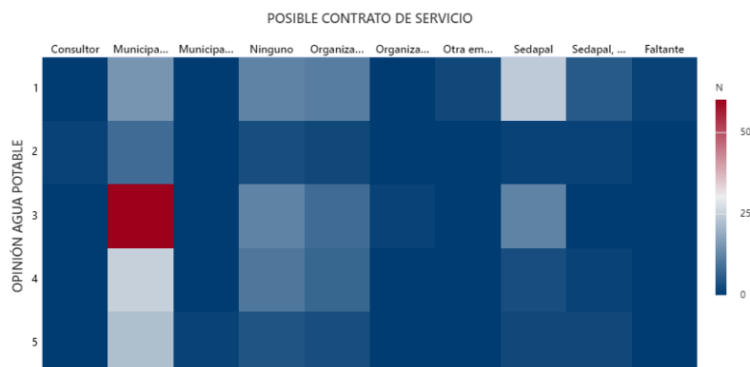
Nota: La tabla muestra conteos observados y esperados

Fuente: Elaboración propia, 2025.

La calificación media (3) del agua potable se concentra principalmente en contratos con municipalidades, mientras que las calificaciones más altas (4 y 5) aparecen distribuidas en diferentes tipos de contratos, sin un patrón tan marcado.

Figura 47

Mapa de calor - Opinión del Agua Potable y Posible Contrato de Servicio. Año 2025



Fuente: Elaboración propia, 2025.

Comparación opinión del desagüe y estado del desagüe

La prueba Chi-Cuadrada **registra una relación estadísticamente significativa** entre la **opinión sobre el desagüe** con la **percepción del estado del desagüe**. En general, **a mayor nivel de satisfacción (opiniones altas), más vecinos consideran que el servicio se encuentra en buen estado**, mientras que las opiniones bajas se asocian con percepciones de mal o regular estado del desagüe.

Tabla 15

Resultados de la prueba chi-cuadrado de independencia entre Opinión del Desagüe y Estado del Desagüe. Año 2025

Filas: OPINIÓN DESAGUE Columnas: ESTADO DESAGUE

	Bueno	Malo	Regular	Todo
1	2 16.28	17 2.23	6 6.49	25
2	4 10.42	2 1.43	10 4.16	16
3	30 40.37	3 5.53	29 16.10	62
4	41 36.47	0 4.99	15 14.54	56
5	91 64.47	1 8.83	7 25.71	99
Todo	168	23	67	258

Contenido de la celda
Conteo
Conteo esperado

Prueba de chi-cuadrada

	Chi-cuadrada	GL	Valor p
Pearson	174.072	8	0.000
Relación de verosimilitud	134.367	8	0.000

4 celda(s) con conteos esperados menores que 5.

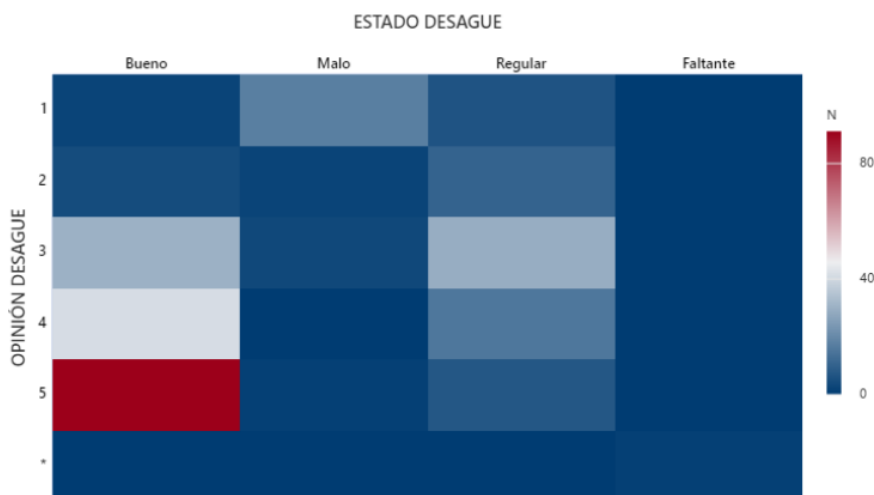
Nota: La tabla muestra conteos observados y esperados

Fuente: Elaboración propia, 2025.

Las opiniones más altas sobre el desagüe (5) se concentran mayormente cuando el estado es percibido como “bueno”. En cambio, las valoraciones medias y bajas se distribuyen más entre percepciones de estado “malo” o “regular”.

Figura 48

Mapa de calor - Opinión del Desagüe y Estado del Desagüe. Año 2025



Fuente: Elaboración propia, 2025.

Comparación opinión del agua y opinión del desagüe

Aunque la prueba Chi-Cuadrada no es válida debido a los valores esperados, la tabla **registra una relación significativa** entre la **opinión sobre el agua potable** y la **opinión sobre el desagüe**. A medida que la valoración del agua potable es más baja, también se tienden a observar **opiniones negativas** respecto al desagüe. Por el contrario, en los niveles más altos de satisfacción con el agua potable, **aumenta la proporción de encuestados que califican de manera positiva el servicio de desagüe**. Esto demuestra una coherencia entre la percepción subjetiva de la calidad del agua y la valoración del sistema de desagüe por parte de los encuestados.

Tabla 16

Resultados de la prueba chi-cuadrado de independencia entre Opinión del agua y Opinión del desagüe

Filas: OPINIÓN AGUA POTABLE Columnas: OPINIÓN DESAGÜE

	1	2	3	4	5	Todo
1	22 6.783	7 4.341	17 16.822	11 15.194	13 26.860	70
2	0 1.550	3 0.992	6 3.845	3 3.473	4 6.140	16
3	1 8.915	5 5.705	33 22.109	17 19.969	36 35.302	92
4	0 4.457	1 2.853	5 11.054	24 9.984	16 17.651	46
5	2 3.295	0 2.109	1 8.171	1 7.380	30 13.047	34
Todo	25	16	62	56	99	258

Contenido de la celda
Conteo
Conteo esperado

Prueba de chi-cuadrada

	Chi-cuadrada	GL
Pearson	129.905	16
Relación de verosimilitud	125.884	16

1 celda(s) con conteos esperados menores que 1.
La aproximación de Chi-cuadrada probablemente es no válida.
9 celda(s) con conteos esperados menores que 5.

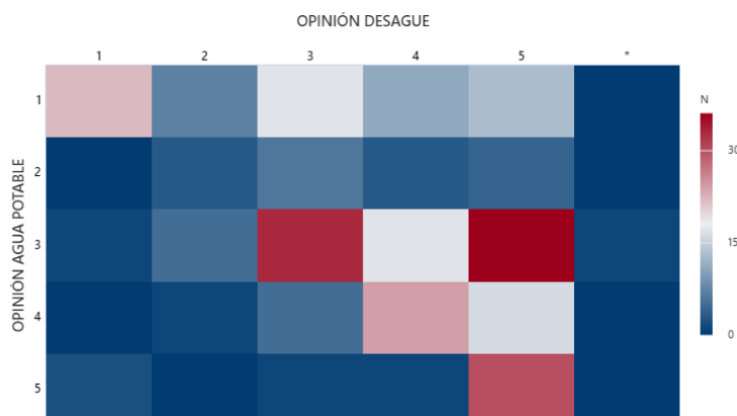
Nota: La tabla muestra conteos observados y esperados

Fuente: Elaboración propia, 2025.

Las opiniones extremas (muy buenas o muy malas) sobre agua potable tienden a asociarse con opiniones similares sobre el desagüe.

Figura 49

Mapa de calor -Opinión del agua y Opinión del desagüe. Año 2025



Fuente: Elaboración propia, 2025.

Comparación entre zonas y lavado de manos

Aunque la prueba Chi-Cuadrada no es válida pues existen valores esperados menores que 5, la tabla **registra una relación significativa** entre las **zonas** y la **frecuencia de lavado de manos**. En la **Zona II (Quirio)** se observa una **mayor proporción de personas que solo se lavan las manos en algún momento**, lo que refleja un **hábito menos constante** en comparación con las demás zonas. Por el contrario, en las **Zonas I (Casco Urbano), III (Casa Huerta), IV (Buenos Aires) y V (Carosio)**, predomina ampliamente el **lavado de manos en todo momento**, evidenciando una **práctica más homogénea y constante** de higiene. Esto demuestra que, aunque en general el lavado de manos en todo momento es la práctica predominante en todas las zonas, existen diferencias en los patrones de frecuencia que dependen del contexto geográfico.

Tabla 17

Resultados de la prueba chi-cuadrado de independencia entre Zonas y Lavado de manos

Filas: ZONA Columnas: LAVADO DE MANOS

	Acostumbra lavado de manos en a	Acostumbra lavado de manos en t	Acostumbra lavado de manos sola	Todo
1	2 7.876	38 31.506	0 0.618	40
2	32 17.722	56 70.888	2 1.390	90
3	11 12.996	54 51.985	1 1.019	66
4	4 7.286	32 29.143	1 0.571	37
5	2 5.120	24 20.479	0 0.402	26
Todo	51	204	4	259

Contenido de la celda
Conteo
Conteo esperado

Prueba de chi-cuadrada

	Chi-cuadrada	Gf.
Pearson	26.615	8
Relación de verosimilitud	28.197	8

3 celda(s) con conteos esperados menores que 5.
La aproximación de Chi-cuadrada probablemente es no válida.
5 celda(s) con conteos esperados menores que 5.

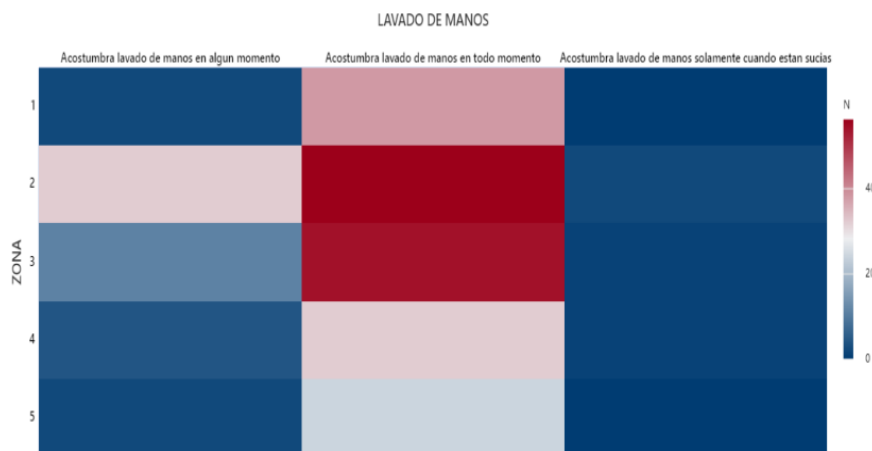
Nota: La tabla muestra conteos observados y esperados

Fuente: Elaboración propia, 2025.

Los datos muestran que en la Zona 2 y la Zona 3, la mayoría se lava las manos en todo momento, mientras que en la Zona 1, 4 y 5 este hábito es menos común y aumenta el lavado “en algún momento”. El lavado solo cuando están sucias las manos es bajo en todas las zonas.

Figura 50

Mapa de calor - Zonas y Lavado de manos. Año 2025



Fuente: Elaboración propia, 2025.

Comparación entre frecuencia de diarreas y características organolépticas (color, olor, sabor, turbidez y disuelve el jabón)

Aunque la prueba Chi-Cuadrada no es aplicable por obtener valores esperados menores que 5, la tabla de valores reales y esperados **registra una relación estadísticamente significativa** entre la **frecuencia de enfermedades diarreicas** y la **percepción del color del agua**. Se observa que, a medida que la **frecuencia de diarreas aumenta (nivel 3)**, también se **incrementa la proporción de personas que perciben alteraciones en el color del agua**. Por el contrario, cuando la **frecuencia de diarreas es baja (nivel 1)**, predominan las respuestas en las que **el color no es señalado como un problema**.

Las demás **características organolépticas evaluadas** (olor, sabor, turbidez y capacidad de disolver el jabón) **no mostraron asociación significativa** con la ocurrencia de diarreas. Esto parece indicar que el **color del agua** constituye un factor relevante asociado a una **mayor frecuencia de enfermedades diarreicas en la población**, mientras que las otras propiedades no reflejan una relación estadística clara con este problema de salud.

Tabla 18

Resultados de la prueba chi-cuadrado de independencia entre Frecuencia de diarreas y Características organolépticas (color)

Filas: FRECUENCIA DIARREAS Columnas: COLOR

	No	No Respondió	Sí	Todo
1	133 123.32	2 1.46	54 64.22	189
2	19 26.10	0 0.31	21 13.59	40
3	17 19.58	0 0.23	13 10.19	30
Todo	169	2	88	259

Contenido de la celda
Conteo
Conteo esperado

Prueba de chi-cuadrada

	Chi-cuadrada	GL
Pearson	10.208	4
Relación de verosimilitud	10.377	4

2 celda(s) con conteos esperados menores que 1.
La aproximación de Chi-cuadrada probablemente es no válida.
3 celda(s) con conteos esperados menores que 5.

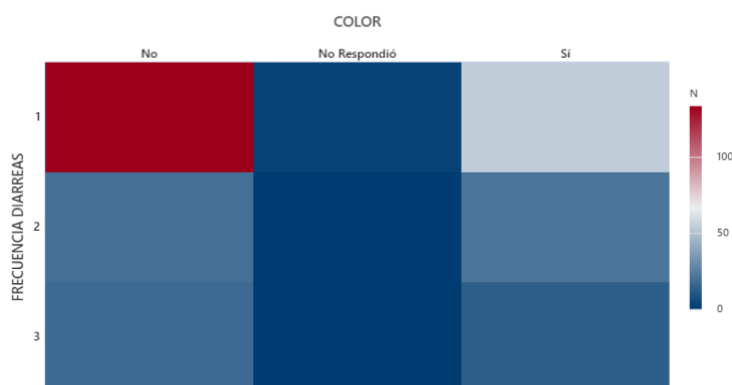
Nota: La tabla muestra conteos observados y esperados

Fuente: Elaboración propia, 2025.

La percepción de cambio de color en el agua se observa sobre todo en zonas con baja frecuencia de enfermedades diarreicas, reduciéndose notablemente en áreas de incidencia media y alta.

Figura 51

Mapa de calor - Frecuencia de diarreas y Características organolépticas (color). Año 2025



Fuente: Elaboración propia, 2025.

Relaciones no significativas

No se demostró en las tablas de contingencia la existencia de asociaciones significativas entre:

- Lavado de manos y frecuencia diarreas

- Nivel educativo y la frecuencia de lavado de manos.
- Percepción de agua segura y la frecuencia de lavado de manos
- Nivel educativo y percepción de agua segura.
- Frecuencia de diarreas y percepción de agua segura.
- Enfermedades metaxénicas y percepción de agua segura.
- Nivel educativo y la frecuencia de diarreas.
- Enfermedades metaxénicas y características organolépticas.

13.1.7.3. Relación entre características económicas y servicios de agua y saneamiento

Comparación entre percepción de agua segura e ingreso familiar

Aunque la prueba Chi-Cuadrada no es aplicable debido a conteos esperados menores que 5, la tabla de contingencia **registra la relación entre el nivel de ingreso familiar y la percepción de contar con agua segura**. En los hogares de **ingresos bajos ($\leq$ S/. 2,359)**, un **62% considera que no cuenta con agua segura**, mientras que en los de **ingresos medios bajos (S/. 2,360 – 2,929)** la percepción negativa llega al **50%**. En cambio, en los hogares con **ingresos altos ($\geq$ S/. 6,590)**, el **50% afirma que sí dispone de agua segura**, mostrando una mejor situación. Estos resultados reflejan una clara **desigualdad en el acceso y confianza respecto al agua segura**, donde los grupos con menos recursos son los más afectados.

Tabla 19

Resultados de la prueba chi-cuadrado de independencia entre Agua segura e Ingreso familiar

Filas: AGUA SEGURA Columnas: INGRESO FAMILIAR (S/.)

	Bajo (s/. 2359 a menos)		Medio (s/. 2360 a s/. 2929)		Alto (s/. 2930 a s/. 6590 a más)		
	Alto (s/. 6590 a más)	Medio (s/. 2360 a s/. 2929)	Medio (s/. 2360 a s/. 2929)	Alto (s/. 2930 a s/. 6590 a más)	Medio (s/. 2360 a s/. 2929)	Alto (s/. 6590 a más)	Todo
No	2 3.445	73 66.603	17 21.818	10 8.612	18 19.522	120	
No estoy seguro	1 0.833	12 16.096	12 5.273	2 2.081	2 4.718	29	
Sí	3 1.722	31 33.301	9 10.909	3 4.306	14 9.761	60	
Todo	6	116	38	15	34	209	

Contenido de la celda
Conteo
Conteo esperado

Prueba de chi-cuadrada

	Chi-cuadrada	GL
Pearson	17.532	8
Relación de verosimilitud	15.617	8

1 celda(s) con conteos esperados menores que 1.
La aproximación de Chi-cuadrada probablemente es no válida.
6 celda(s) con conteos esperados menores que 5.

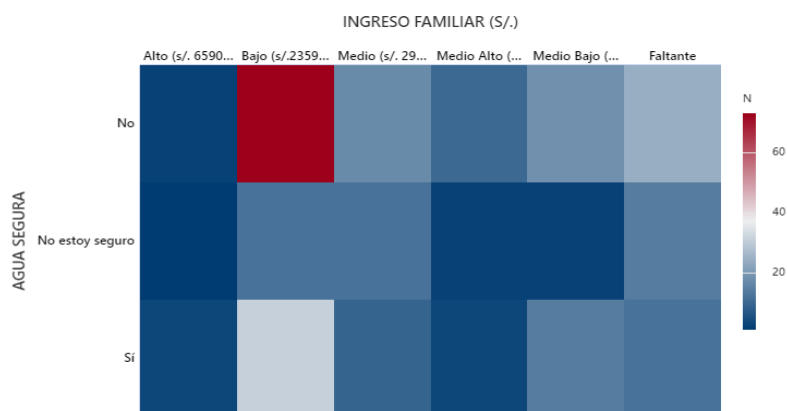
Nota: La tabla muestra conteos observados y esperados

Fuente: Elaboración propia, 2025.

A menor ingreso, más frecuente es reportar no tener agua segura, y a mayor ingreso, la percepción de agua segura tiende a mejorar.

Figura 52

Mapa de calor - Agua segura e Ingreso familiar. Año 2025



Fuente: Elaboración propia, 2025.

Comparación entre m2 y zona

La prueba Chi-Cuadrada **registra una relación estadísticamente significativa** entre **cada zona de estudio y la superficie de la vivienda en m2**. En las **zonas 1 y 2**, predominan **viviendas más pequeñas (0 a 135 m²)**, mientras que en la **zona 3** se observa una mayor proporción de viviendas de **tamaño medio (136 a 225 m²)**, al igual que las **zonas 4 y 5** donde hay **más presencia de viviendas de 45 a 135 m²**. Estos resultados reflejan diferencias claras en la distribución del tamaño de las viviendas según la zona, lo que sugiere que la ubicación influye directamente en el tipo y dimensión de las propiedades.

Tabla 20

Resultados de la prueba chi-cuadrado de independencia entre M2 y Zona

Filas: ZONA Columnas: M2 SUPERFICIE VIVIENDA_1

	0 a 44 m2	136 a 225 m2	226 a más m2	45 a 135 m2	Todo
1	4 5.938	13 11.719	6 4.375	17 17.969	40
2	15 12.914	16 25.488	14 9.516	42 39.082	87
3	6 9.797	29 19.336	3 7.219	28 29.648	66
4	11 5.492	12 10.840	0 4.047	14 16.621	37
5	2 3.859	5 7.617	5 2.844	14 11.680	26
Todo	38	75	28	115	256

Contenido de la celda
Conteo
Conteo esperado

Prueba de chi-cuadrada

	Chi-cuadrada	GL	Valor p
Pearson	30.486	12	0.002
Relación de verosimilitud	33.843	12	0.001

4 celda(s) con conteos esperados menores que 5.

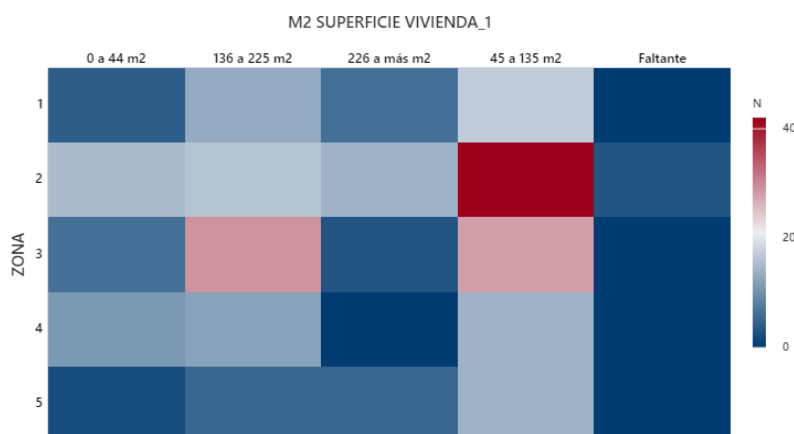
Nota: La tabla muestra conteos observados y esperados

Fuente: Elaboración propia, 2025.

Las viviendas de 45–135 m² son las más frecuentes, sobre todo en la zona 2, mientras que las muy pequeñas o muy grandes son poco comunes.

Figura 53

Mapa de calor - M2 y Zona. Año 2025



Fuente: Elaboración propia, 2025.

Comparación entre ingreso familiar y zona

Aunque la prueba Chio Cuadrado no es aplicable, la tabla de contingencia muestra **una relación entre la zona de residencia y el nivel de ingreso familiar**, lo que indica que el ingreso no se distribuye de manera uniforme en todas las zonas analizadas. En **las zonas 1 y 2** se observa una **mayor proporción de hogares con ingresos bajos y medios bajos ($\leq$ S/. 2,929)**, lo que podría asociarse con áreas más densamente pobladas o con menor acceso a oportunidades económicas. **La zona 3** presenta una **distribución más equilibrada**, con presencia de hogares de ingresos medios y algunos de ingresos altos. Por otro lado, en **las zonas 4 y 5** aparecen con **mayor frecuencia los hogares de ingresos bajos ($\geq$ S/. 2359)**. Estos resultados ponen en evidencia una desigualdad económica entre zonas, donde ciertos sectores concentran mayores recursos mientras que otros muestran condiciones más vulnerables, información clave para la planificación urbana y la focalización de políticas sociales.

Tabla 21

Resultados de la prueba chi-cuadrado de independencia entre Ingreso familiar y Zona

Filas: ZONA Columnas: INGRESO FAMILIAR (S/.)

	Alto (s/. 6590 a más)	Bajo (s/. 2359 a menos)	Medio (s/. 2930 a s/. 3959)	Medio Alto (s/. 3960 a s/. 6589)	Medio Bajo (s/. 2360 a s/. 2929)	Todo
1	1 1.148	12 22.201	15 7.273	5 2.871	7 6.507	40
2	2 1.866	45 36.077	6 11.818	4 4.665	8 10.574	65
3	3 1.608	29 31.081	9 10.182	2 4.019	13 9.110	56
4	0 0.660	14 12.766	6 4.182	0 1.651	3 3.742	23
5	0 0.718	16 13.876	2 4.545	4 1.794	3 4.067	25
Todo	6	116	38	15	34	209

Contenido de la celda
Conteo
Conteo esperado

Prueba de chi-cuadrada

	Chi-cuadrada	GL
Pearson	33.321	16
Relación de verosimilitud	34.996	16

2 celda(s) con conteos esperados menores que 1.
La aproximación de Chi-cuadrada probablemente es no válida.
14 celda(s) con conteos esperados menores que 5.

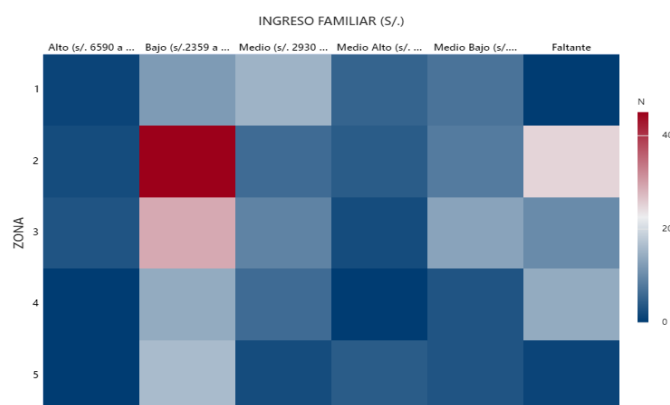
Nota: La tabla muestra conteos observados y esperados

Fuente: Elaboración propia, 2025.

La zona 2 concentra la mayor proporción de hogares con ingresos bajos. Las demás zonas presentan una distribución más equilibrada entre niveles de ingreso.

Figura 54

Mapa de calor - Ingreso familiar y Zona. Año 2025



Fuente: Elaboración propia, 2025.

Relaciones no significativas

La prueba Chi-Cuadrado no registra una relación estadísticamente significativa entre:

- los litros de persona al día y la superficie de la vivienda en m2.
- litros de persona al día y el ingreso familiar.

- la frecuencia de diarreas y el ingreso familiar.
- la frecuencia de enfermedades metaxénicas y el ingreso familiar.

Tabla 14. Comprobación de la Hipótesis 1

Hipótesis 1	Métodos de comprobación	Valoración
El análisis de la problemática de acceso al agua segura y al saneamiento en distintos tipos de sectores del área de estudio de la Municipalidad Distrital de Lurigancho señalará características comunes de índole demográfico, social, económico y técnico que pueden orientar la búsqueda de soluciones.	Análisis de Agrupamientos • El análisis demuestra que existen características comunes entre los sectores que permiten agruparlos en cinco tipos de zonas, de acuerdo a su similitud respecto al horario de distribución de agua y a su localización topográfica.	Confirma la hipótesis
	Análisis de características demográficas • El número de personas por viviendas y la distribución por edades inciden en la disponibilidad de agua per cápita. Las viviendas con mayor número de personas disponen de una menor dotación promedio, mientras que en los hogares donde habitan niños y ancianos, la dotación también es más reducida. Ello invita a elaborar programas de acceso al agua que consideren la mayor vulnerabilidad de familias numerosas, con presencia de niños y ancianos.	Confirma la hipótesis
	Análisis de características sociales • Aunque la prueba de Chi-cuadrado no fue concluyente, la tabla de contingencia demuestra que sí existe asociación entre las bajas condiciones organolépticas y el reporte de enfermedades diarreicas en los hogares. Igualmente, existe asociación entre la baja disponibilidad de agua y el lavado de manos, particularmente en la zona 2, donde se registra una menor disponibilidad del recurso per cápita. Ello refuerza la necesidad de asegurar potabilidad y atender los sectores más desfavorecidos de manera urgente.	Confirma la hipótesis
	Análisis de características económicas • La población prefiere formalizar un contrato de servicio con el Municipio; sin embargo, una baja opinión sobre el servicio actual es acompañado del deseo de cambiar el servicio hacia la empresa metropolitana SEDAPAL, o incluso descartar a cualquier entidad. Ello refuerza la necesidad de fortalecer la gestión local	Confirma la hipótesis

Fuente: Elaboración propia, 2025.

13.2. Resultados de la Etapa 2

13.2.1. Canalización de la quebrada Quirio.

La quebrada Quirio presenta una morfología caracterizada por pendientes pronunciadas (entre 15° y 30°) y por la presencia de suelos coluviales y aluviales de alta susceptibilidad a la erosión. Se trata de una de las quebradas con mayor actividad en la generación de flujos de detritos, registrándose eventos destructivos en 1987, 2015 y 2017 (JICA, 2017). Su cauce desciende desde el cerro Quirio hasta desembocar en el río Rímac, atravesando zonas urbanas de formación informal ubicadas en la parte baja, donde predominan edificaciones de uno y dos niveles. La infraestructura de canalización actual es parcial y se compone de muros de contención y diques de retención en condiciones deficientes, lo que limita su eficacia ante la ocurrencia de flujos de detritos. Además, diversos estudios técnicos señalan que, en su tramo urbano, el cauce ha sido ocupado por construcciones que obstaculizan el paso del agua y del material de arrastre. En la figura 5 se aprecia el sector analizado en quebrada Quirio.

Figura 5: Mapa del área sujeta a mayor riesgo por flujo de detritos en la quebrada Quirio



Fuente: Observatorio Urbano Nacional. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2023.

Diversas investigaciones sobre vulnerabilidad urbana (JICA, 2017) indican que la cuenca posee una superficie aproximada de 10,4 km² y que los caudales de escorrentía pueden llegar a 9,95 m³/s para un periodo de retorno (Tr) de 50 años, 14,2 m³/s para un Tr de 100 años y 20,9 m³/s para un Tr de 200 años (Silva Vega, 2023). Las áreas susceptibles a inundación abarcaría 3,76 ha con un Tr de 50 años, 3,94 ha para un Tr de 100 años y 4,40 ha en un escenario de Tr de 200 años (Silva Vega, 2023). En cuanto al volumen potencial de sedimentos, INGEMMET y JICA estiman flujos aluvionales entre 0,014 y 0,055 x 10⁶ m³, con acumulaciones de material que alcanzan alturas de 2,4 a 2,6 metros. Estos parámetros constituyen insumos clave para plantear medidas de corrección y mitigación. La figura 6

registra una fotografía de la parte alta de quebrada Quirio donde se ubica el dique de retención.

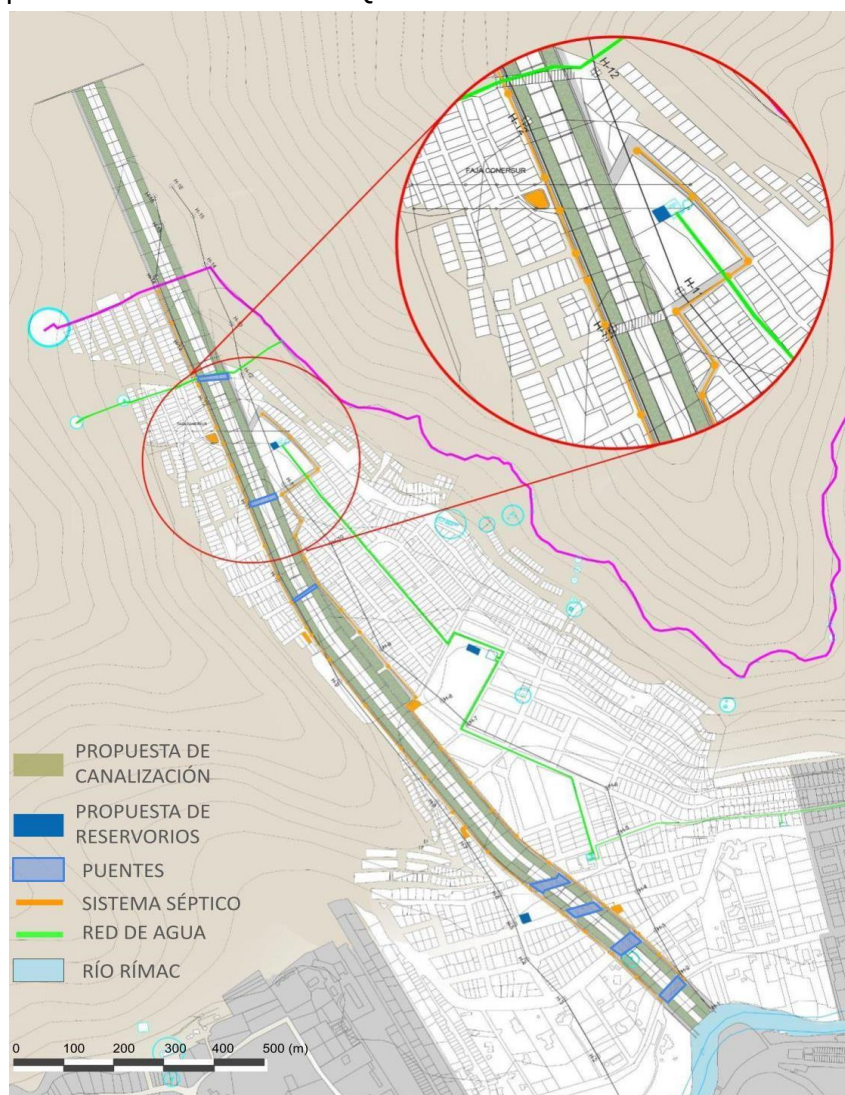
Figura 6: Dique de retención en el cauce de la quebrada Quirio



Fuente: Trabajo de campo, IVUDS, 2025,

Siguiendo las recomendaciones de estudios previos (JICA, 2015, 2017) y tomando como referencia experiencias internacionales (López, 2020), se plantea asegurar el adecuado mantenimiento de los diques de retención y de las mallas geodinámicas existentes, además de construir un dique final de retención de sólidos en la cota 1050 msnm, que marque el límite del área urbana. Este dique adicional, ubicado antes del tramo donde la quebrada ingresa a la zona habitada, funcionará como un elemento de control para disminuir la cantidad de detritos que llegan al canal principal. Posteriormente, se propone una canalización rectangular de 25 metros de ancho y aproximadamente 2 kilómetros de longitud, con una pendiente media del 10%, fondo móvil y muros laterales de hasta 5 metros, permitiendo la instalación de puentes de cruce sobre el canal. Asimismo, se prevé la incorporación de disipadores de energía en los tramos de mayor pendiente con el fin de reducir la velocidad del flujo. En la figura 7 se grafica la propuesta de canalización descrita.

Figura 7: Propuesta de canalización de Quirio

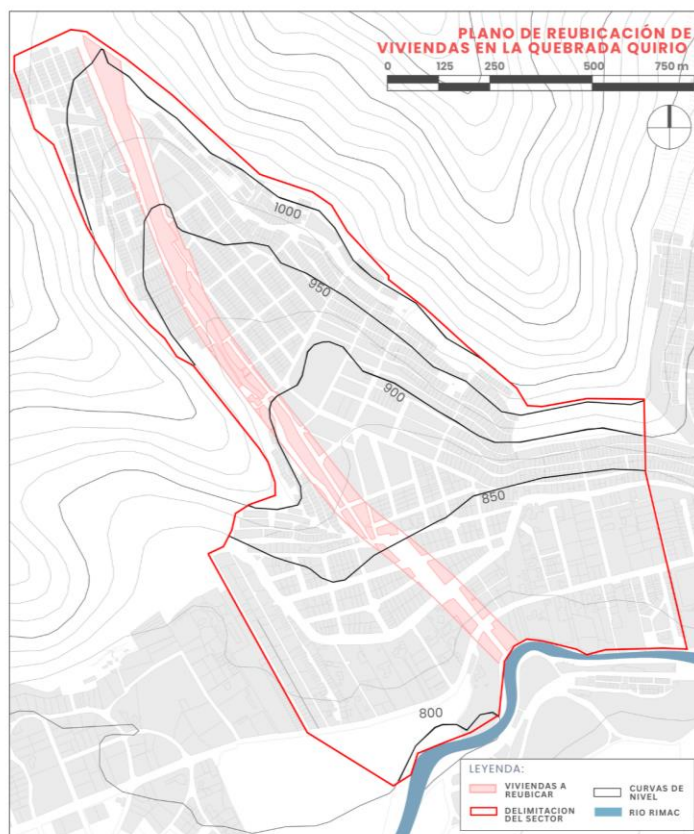


Fuente: Elaboración propia. IVUDS, 2025.

Relocalización de viviendas vulnerables

Como consecuencia de la canalización, se estima el traslado de un total de 280 viviendas, distribuidas a lo largo de 2 kilómetros entre las cotas de 800 y 1050 metros de altitud. La intervención busca liberar las áreas críticas de la quebrada y permitir la ejecución de infraestructuras de drenaje y saneamiento que acompañen el crecimiento urbano seguro, favoreciendo una ocupación más ordenada con mejores condiciones de habitabilidad, acceso a servicios básicos y espacios urbanos compatibles con el entorno inmediato. En la figura 8 se muestra la ubicación del grupo de viviendas que serían relocalizadas.

Figura 8: Viviendas a relocalizar



Fuente: Elaboración propia. IVUDS, 2025.

13.2.2. Sistema de agua potable - situación actual y opciones de intervención.

Al considerar el desnivel topográfico del área de estudio, desde los 800 hasta los 1050 m.s.n.m., es necesario establecer cinco niveles de servicio altitudinal, en intervalos de 50 metros, con el fin de mantener las presiones estáticas en 50 metros de columna de agua, tal como lo establece la Norma OS.050 del Reglamento Nacional de Edificaciones (MVCS, 2021).

De acuerdo con los resultados de la encuesta socioeconómica (IVUDS, 2025), la dotación per cápita actual se encuentra en el orden de 84,5 litros por persona al día (lpd), para un gasto promedio anual de 14,5 litros por segundo (l/s) con valores que disminuyen progresivamente a medida que se incrementa la altitud, pasando de 3,60 l/s en el nivel de 800–850 a apenas 0,60 l/s en el nivel superior de 1000–1050 m.s.n.m.

A continuación, en la tabla 4 se detallan los parámetros y la estimación actual del gasto de agua potable.

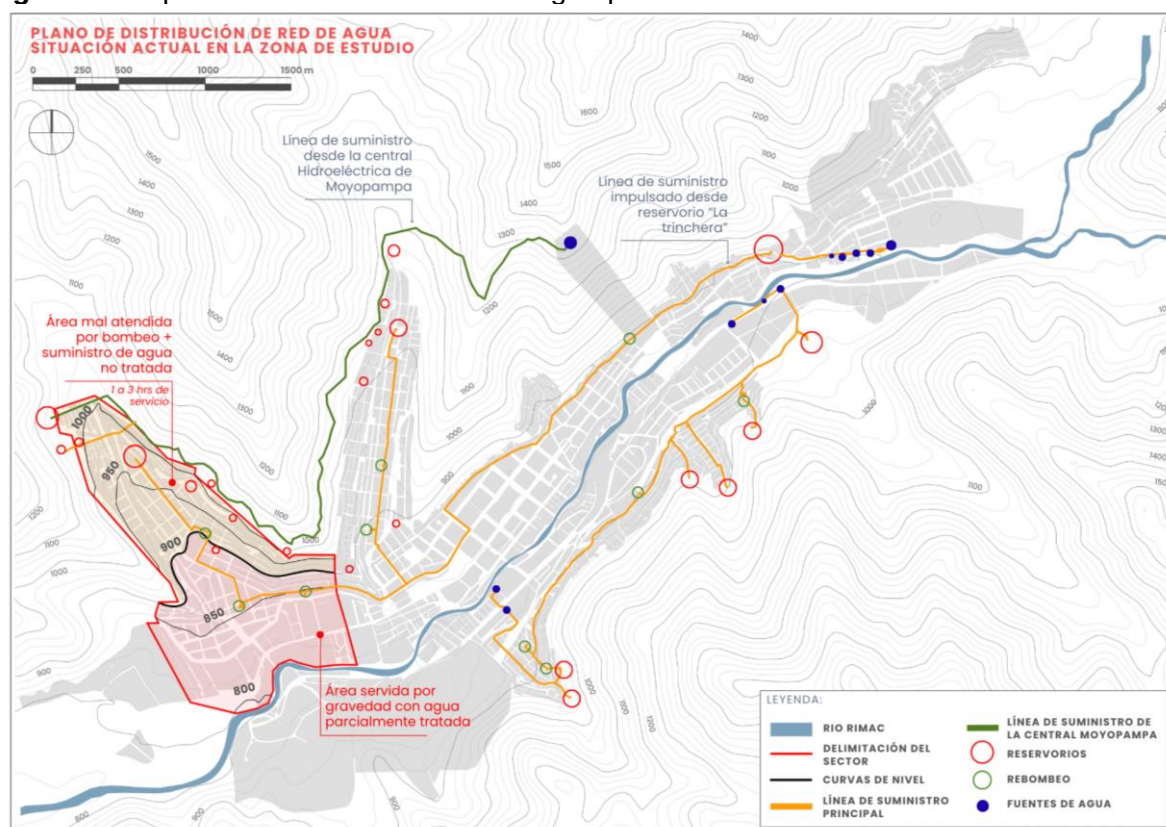
Tabla 4. Estimación del gasto de agua potable. Situación actual.

Nivel de servicio (msnm)	Pob. actual (hab)	Viviendas a reasentar (viv)	Pob. a reasentar (hab)	Pob. neta (hab)	Dotación (lpd)	Gasto medio (l/s)	Gasto máximo diario (l/s)
800 - 850	3686	0	0	3686	84,5	3,60	4,69
850 - 900	3945	0	0	3945	84,5	3,86	5,02
900 - 950	4026	0	0	4026	84,5	3,94	5,12
950 - 1000	2557	0	0	2557	84,5	2,50	3,25
1000 - 1050	612	0	0	612	84,5	0,60	0,78
Total Área de Estudio	14826	0	0	14826	84,5	14,50	18,85

Fuente: Elaboración propia. IVUDS, 2025.

El análisis de la gestión del agua potable en Quirio demuestra la necesidad de planificar sistemas de potabilización, almacenamiento y distribución acordes con las gradientes altitudinales y con la dinámica de crecimiento urbano sobre laderas. En la figura 9 se ha registrado la forma de distribución del agua potable al que accede la población de la zona analizada.

Figura 9: Esquema del sistema actual de agua potable de la zona de estudio



Fuente: Elaboración propia. IVUDS, 2025.

Para una propuesta convencional de intervención, será necesario relocalizar a la población vulnerable, aumentar la dotación per cápita no menos de 150 lpd, construir un sistema de tratamiento de agua potable para todos los sectores de Chosica alrededor del área

consolidada (capacidad: 132,62 lps, en el sector La Trinchera), y distribuir a través de un sistema de bombeo a reservorios para cada nivel de servicio.

En la tabla 5 se detallan los parámetros y la estimación del gasto de agua potable según el sistema convencional.

Tabla 5. Estimación del gasto de agua potable. Sistema convencional.

Nivel de servicio (msnm)	Pob. actual (hab)	Viviendas a reasentar (viv)	Pob. a reasentar (hab)	Pob. neta (hab)	Dotación (lpd)	Gasto medio (l/s)	Gasto máximo diario (l/s)
800 - 850	3686	33	146	3540	150	6,15	7,99
850 - 900	3945	134	592	3353	150	5,82	7,57
900 - 950	4026	103	455	3571	150	6,20	8,06
950 - 1000	2557	10	44	2513	150	4,36	5,67
1000 - 1050	612	0	0	612	150	1,06	1,38
Total Área de Estudio	14826	280	1238	13588	150	23,59	30,67

Fuente: Elaboración propia. IVUDS, 2025.

Respecto a los reservorios, haría falta complementar la disponibilidad en los niveles inferiores para garantizar la impulsión por rebombeo hacia cotas superiores. En la tabla 6 se incluye la estimación de reservorios requeridos según el sistema convencional.

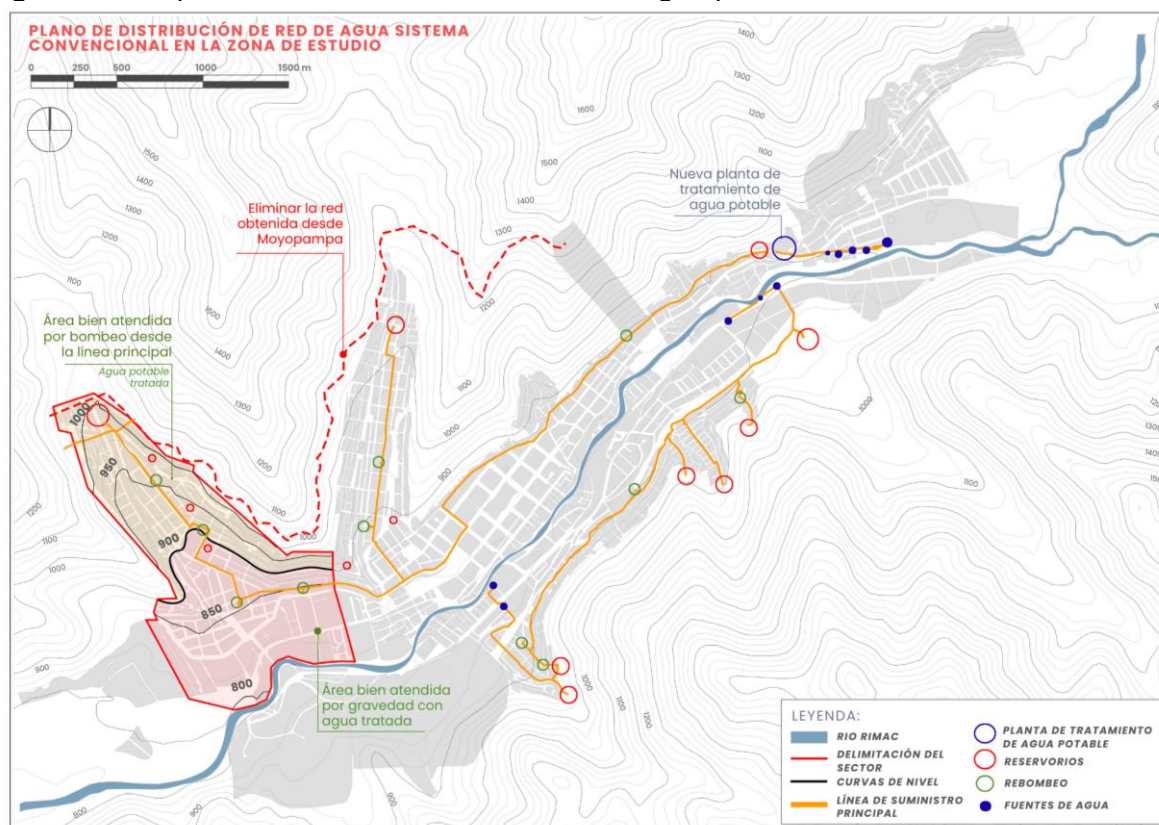
Tabla 6. Estimación de reservorios demandados. Sistema convencional

Nivel de Servicio	Comp. Variaciones horarias (m3)	Rebombeo (m3)	Q incendio (m3)	Demanda total de reservorio (m3)	Oferta reservorio (m3)	Balance (m3)
800-850	132,755	0	-	132,755	0	-132,755
850 - 900	125,727	502,1655	-	627,893	100	-527,893
900 - 950	133,903	234,36	-	368,263	100	-258,263
950 - 1000	94,230	45,9	-	140,130	1093	952,870
1000 - 1050	22,950	0	50	72,950	342.86	269,910

Fuente: Elaboración propia. IVUDS, 2025.

En la figura 10 se destacan las características principales de un sistema convencional para Chosica: la construcción de una nueva planta de tratamiento al este, el almacenamiento de agua tratada en el sector Trinchera, su distribución por gravedad hasta la cota 900 y por impulsión entre las cotas 900 - 1050. El abastecimiento desde la aducción de Moyopampa, se mantendría bajo (< 2 lps), con ciertas mejoras para garantizar la potabilidad del agua.

Figura 10: Esquema del sistema convencional de agua potable



Fuente: Elaboración propia. IVUDS, 2025.

Por otra parte, bajo la premisa de disponer de un sistema alternativo donde las mejoras al sistema de acueducto sean alcanzables según los planes de la gestión municipal, el abastecimiento provendría desde una toma en la cota 1440 msnm donde se encuentra una derivación de 65 lps de la aducción de la Central Hidroeléctrica de Moyopampa.

La derivación alimentará una pequeña planta de tratamiento convencional a construir por el municipio distrital en el sitio de la toma; el agua potable posteriormente será transportada a través de una tubería de aducción de 6 pulgadas de 5 km de longitud hasta la zona en estudio.

En vista que el agua proviene de una zona alta a otra de menor altitud, la distribución se realizará por gravedad. De acuerdo con la información suministrada por el gobierno local, ello permitirá mejorar de manera preferencial la calidad del agua para el consumo humano, aunque probablemente podrá garantizar una dotación per cápita mayor que la actual. En vista de ello, se ha incrementado la dotación a un promedio de 110 lpd.

Las características principales del sistema alternativo se muestran en la tabla 7:

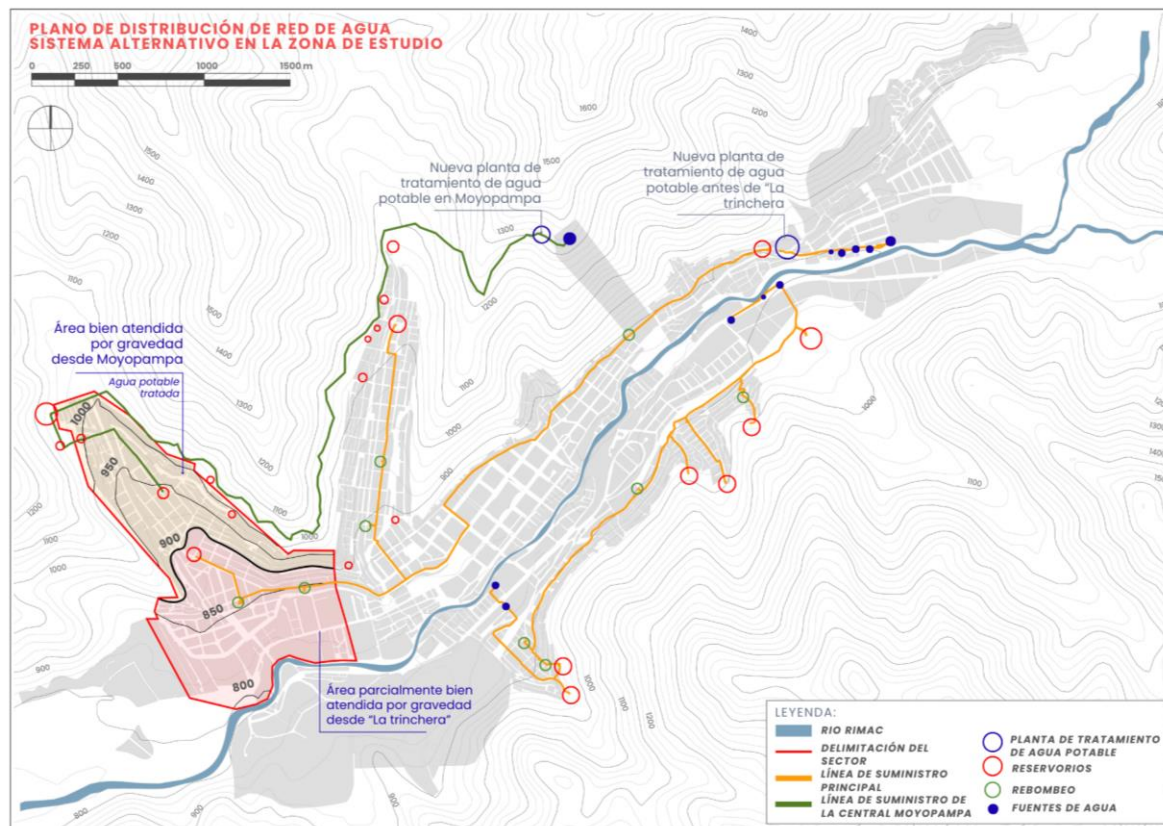
Tabla 7. Estimación del gasto de agua potable. Sistema alternativo.

Nivel de servicio (msnm)	Pob. actual (hab)	Viviendas a reasentar (viv)	Pob. a reasentar (hab)	Pob. neta (hab)	Dotación (lpd)	Gasto medio (l/s)	Gasto máximo diario (l/s)
800 - 850	3686	33	146	3540	110	4,51	5,86
850 - 900	3945	134	592	3353	110	4,27	5,55
900 - 950	4026	103	455	3571	110	4,55	5,91
950 - 1000	2557	10	44	2513	110	3,20	4,16
1000 - 1050	612	0	0	612	110	0,78	1,01
Total Área de Estudio	14826	280	1238	13588	110	17,30	22,49

Fuente: Elaboración propia. IVUDS, 2025.

En cuanto al almacenamiento, en vista de que el número de reservorios existentes en las cotas altas es de elevada capacidad ($1093 + 342,86 = 1435,86 \text{ m}^3$), mucho mayor al 25% de la demanda para un suministro continuo por gravedad, no se proponen nuevos reservorios. En la figura 11 se resumen las principales características del sistema alternativo. Destaca la localización alejada y vulnerable de la Planta de Tratamiento, la longitud de la aducción, su trazado en la ladera, y la necesidad de prever tanquillas rompe carga a lo largo del recorrido. Respecto al suministro por impulsión desde La Trinchera, bajo este esquema sólo se realizarán mejoras menores.

Figura 11: Esquema del sistema alternativo de agua potable.

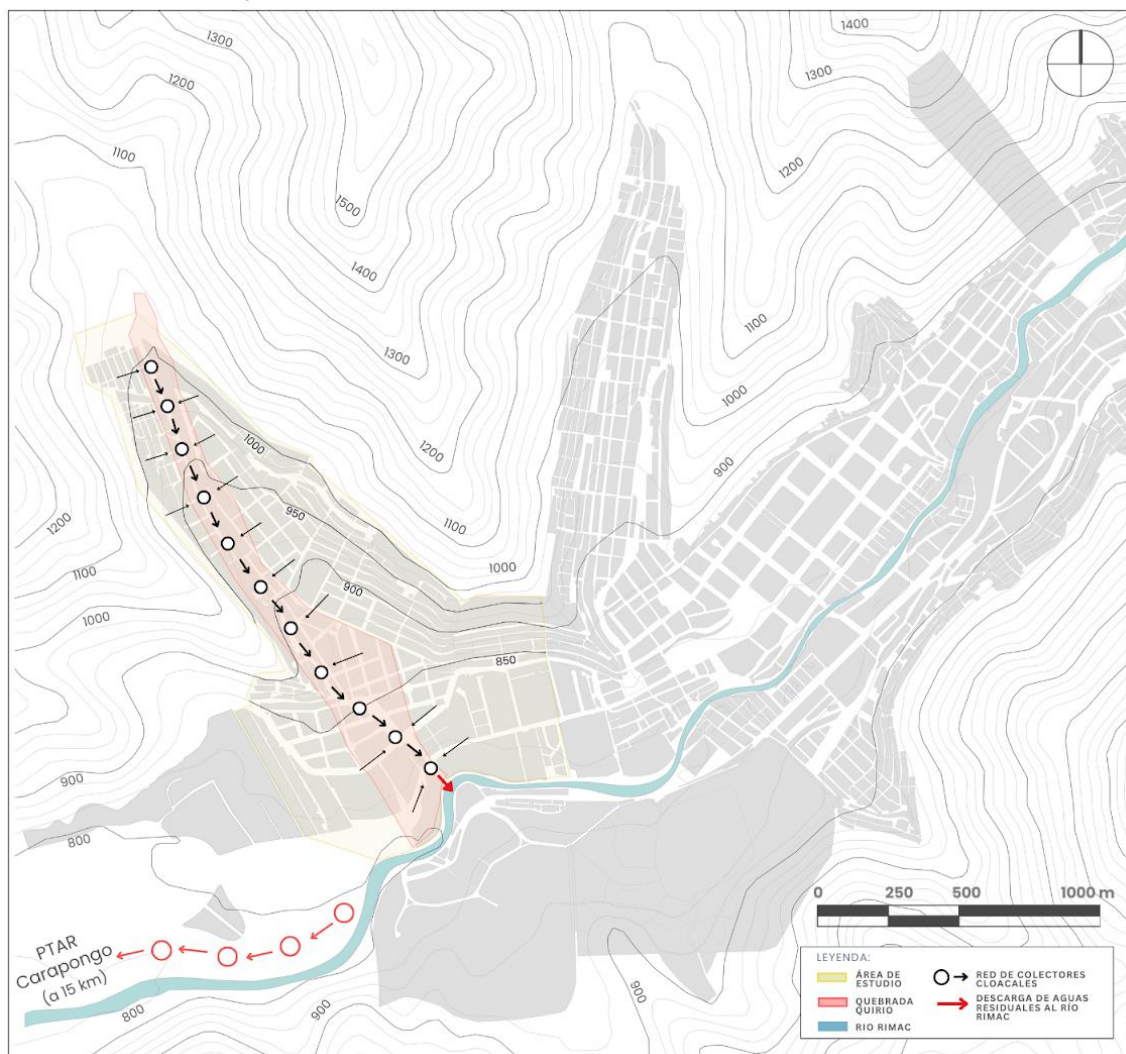


Fuente: Elaboración propia. IVUDS, 2025.

13.2.3. Sistema de agua residual- situación actual y opciones de intervención.

Respecto al sistema de aguas residuales, la situación actual recoge las aguas residuales de una población abastecida a un nivel bajo (84,5 lpd), razón por la cual no se observan problemas de registros de inspección colapsados ni aguas residuales corriendo por las calles. El agua es recogida en colectores cloacales existentes y es descargada en el río Rímac sin tratamiento, pues aún no existe un sistema de recolección que garantice su transporte hasta la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) ubicada en Carapongo, a unos 15 km del área de estudio. En la figura 12 se muestra cómo es actualmente el sistema de aguas residuales en quebrada Quirio..

Figura 12: Esquema del sistema actual de aguas residuales.

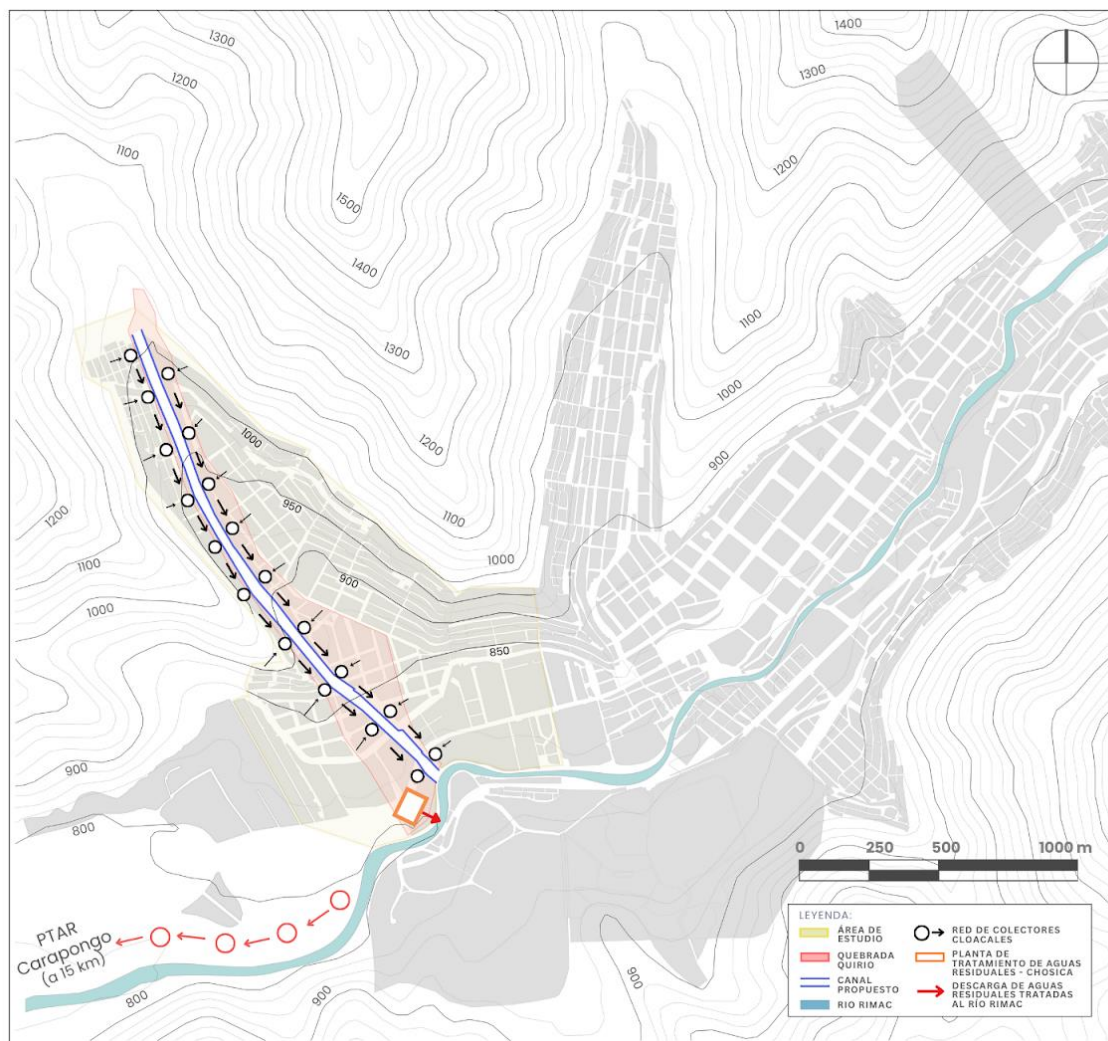


Fuente: Elaboración propia. IVUDS, 2025.

El sistema convencional supone construir un sistema de colectores marginales a la nueva canalización. Ello beneficiará a un total de 920 viviendas. Respecto al tratamiento, la expectativa consiste en que todas las aguas residuales serán transportadas a la PTAR de Carapongo para un tratamiento secundario, antes de ser descargadas en el río Rímac.

Bajo un sistema convencional, una mejora al sistema de recolección y tratamiento de efluentes en el área de estudio supondría la construcción de infraestructura gris, esto es, un colector emisario que envíe los efluentes a un sistema de tratamiento secundario y su descarga al río Rímac. En la figura 13 se grafica la alternativa propuesta, dentro de un sistema convencional.

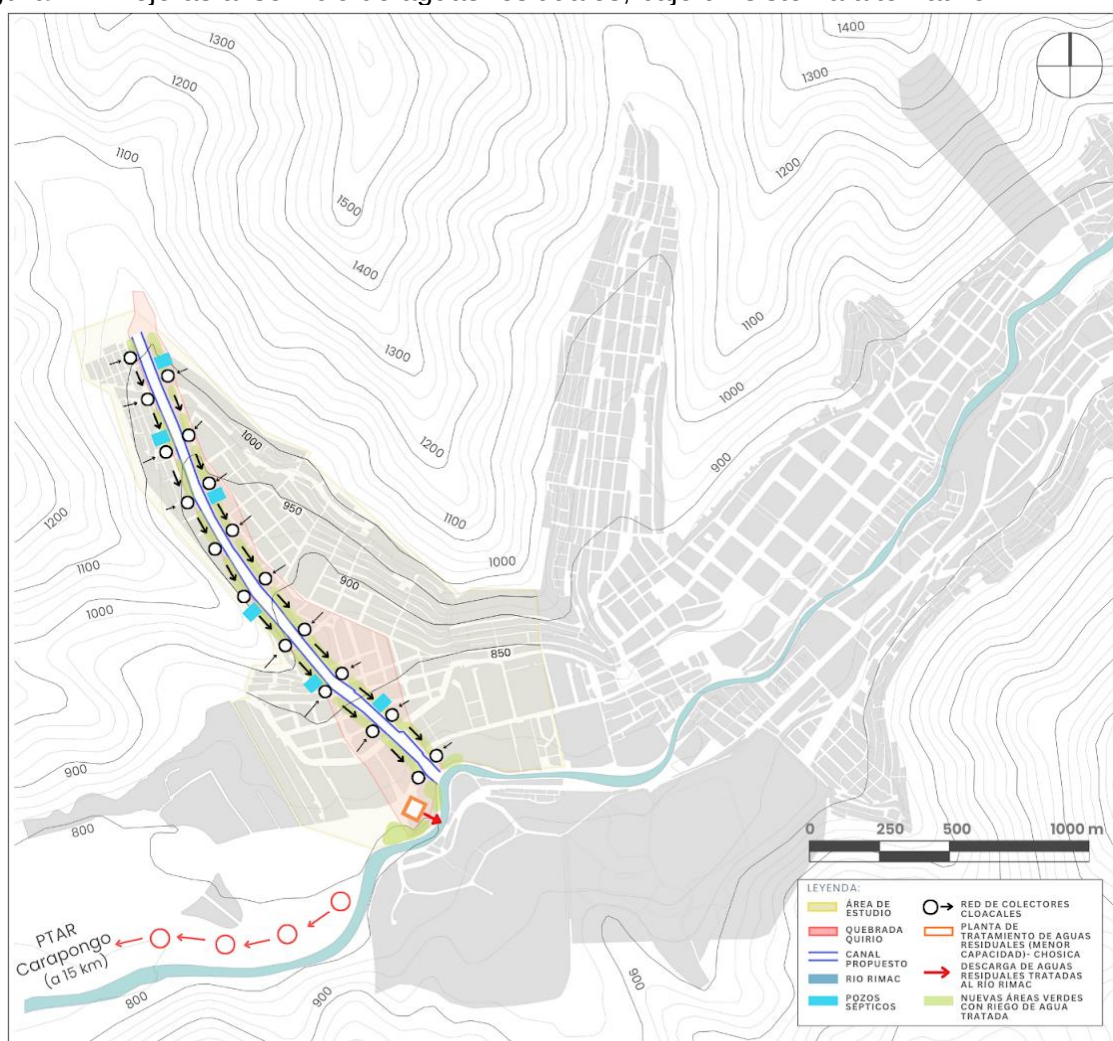
Figura 13: Mejoras al servicio de aguas residuales, bajo un sistema convencional.



Fuente: Elaboración propia. IVUDS, 2025.

El sistema alternativo también supone un nuevo sistema de colectores. La canalización de la quebrada Quirio ofrece la oportunidad de incrementar las áreas verdes para evitar la ocupación de áreas de viviendas desalojadas. Para regar estas nuevas áreas y evitar el riego con agua potable del sistema de distribución, en el sistema alternativo se prevé la construcción de seis sistemas de tratamiento primario (tanques sépticos de varias cámaras y desinfección por cloración) para tratar los efluentes de 2100 habitantes, de modo que los efluentes tratados se utilicen para regar con agua tratada las nuevas áreas verdes. Ello permitirá incorporar y regar unos 90 mil metros cuadrados de áreas verdes. En la figura 14 se muestra la propuesta como parte de un sistema alternativo.

Figura 14: Mejoras al servicio de aguas residuales, bajo un sistema alternativo.



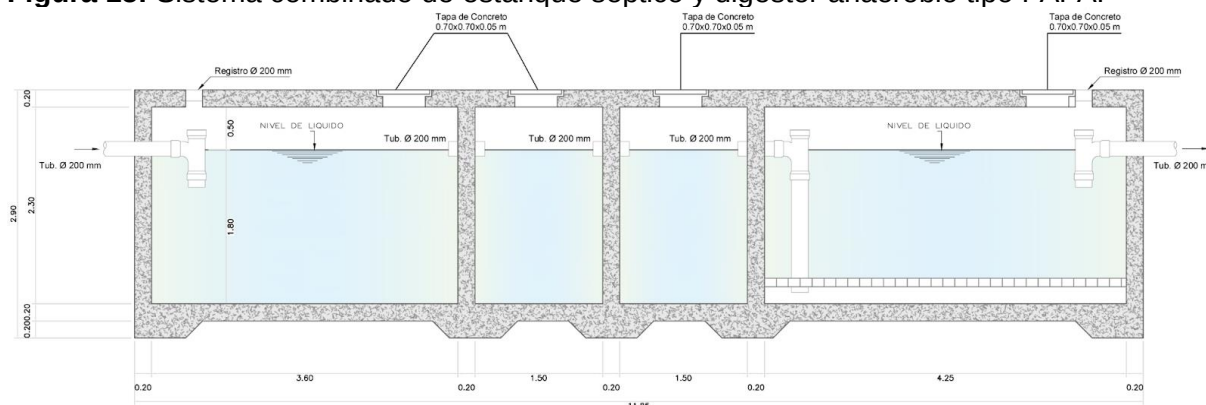
Fuente: Elaboración propia. IVUDS, 2025.

El sistema está orientado al tratamiento parcial de aguas residuales para su reutilización en el riego de áreas verdes urbanas, priorizando tecnologías simples, de bajo mantenimiento y probada eficiencia según la literatura técnica y lineamientos oficiales. Se plantea la instalación de un tanque séptico de cuatro compartimientos: los tres primeros para la retención y sedimentación de sólidos, y el cuarto configurado como filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA), permitiendo un incremento en la remoción de materia orgánica y asegurando condiciones óptimas para la biodegradación anaeróbica. Este diseño es adecuado para poblaciones hasta 350 habitantes por módulo y permite flexibilidad si se requiere modularidad o expansión.

El dimensionamiento del tanque séptico contempla el cálculo del volumen útil necesario para asegurar la retención y tratamiento adecuados de líquidos y lodos, estableciendo el tiempo de detención hidráulica en función del caudal de diseño. Para la fracción de aguas residuales analizada (caudal de 0.5 L/s para 350 habitantes), y siguiendo los lineamientos del CEPIS/OPS/OMS (OPS, 2005), se obtiene un volumen útil de 37.1 m³. Este volumen incluye zonas diferenciadas para la separación progresiva de sólidos y grasas y considera un compartimiento dedicado al filtro anaeróbico de flujo ascendente (FAFA), lo que optimiza la depuración (EPA, 2000).

En la figura 15 se grafica la propuesta de sistema combinado de estanque séptico y digestor anaeróbico.

Figura 15: Sistema combinado de estanque séptico y digestor anaerobio tipo FAFA.



Fuente: Elaboración propia. IVUDS, 2025.

13.2.4. Estimación de indicadores técnicos, económicos, sociales e institucionales relativo al agua potable

En la tabla 8 se resumen los indicadores de las opciones relativas al suministro de agua potable. Respecto a los indicadores de índole técnico, los valores del gasto promedio diario resultan de dotaciones per cápita diferenciadas entre 84,5 lpd (situación actual), 150 lpd (sistema convencional) y 110 lpd (sistema alternativo). La continuidad del servicio se relaciona con premisas distintas respecto al funcionamiento horario de cada sistema, donde una solución convencional ofrecería la mayor disponibilidad (24 hrs de servicio).

En cuanto a la calidad del servicio, la situación actual refleja lo señalado por la encuesta (IVUDS, 2025) respecto a la percepción de agua segura según sus características organolépticas para un bajo porcentaje de la población (37%), lo cual mejoraría en forma ostensible si se dispone de un sistema convencional o de un sistema alternativo.

En cuanto a los indicadores económicos, la tarifa del servicio de agua potable bajo la situación actual refleja los pagos mensuales por unidad de vivienda del servicio municipal, que corresponden a unos 10 soles / mes, más los costos adicionales que deben incurrir las familias por adquirir agua embotellada para consumo humano e invertir en estanques de almacenamiento individuales, todo ello estimado en 80 soles mensuales por vivienda, expresado en dólares americanos, a una tasa de 3,5 soles/USD. Para un sistema convencional, se aplica la tarifa social de SEDAPAL (alrededor de 50 soles / mes / vivienda), mientras que para un sistema alternativo se presupone una tarifa intermedia (unos 30 soles/viv/mes) entre la de SEDAPAL y la del municipio.

Respecto a los costos de inversión necesarios, mantener la situación actual implica una inversión mínima para extender la red y sustituir tuberías, estimados en el orden de 60 USD/viv. En cambio, un sistema convencional implica la construcción de una planta de tratamiento de agua potable necesaria para toda Chosica (Q máximo diario de 172,4 lps), construir dos reservorios (Cap total 1220 m³) y cuatro estaciones de bombeo para la zona en estudio, todo lo cual supondría un costo de inversión en el orden de 4,5 millones de USD, lo que implica una incidencia aproximada de 1,300 USD/viv.

Tabla 8. Indicadores técnicos, económicos, sociales e institucionales relativos a las opciones de suministro de agua potable.

Indicadores	Valor Real	Valor Estandarizado	Valor Real	Valor Estandarizado	Valor Real	Valor Estandarizado
Técnicos	Gasto promedio diario (l/s)		Continuidad del servicio (hrs/día)		Calidad del servicio (%)	
Situación Actual	12.58	0.232	6.5	0.153	37%	0.156
Sistema Convencional	23.59	0.435	24	0.565	100%	0.422
Sistema Alternativo	18.09	0.333	12	0.282	100%	0.422
Económicos	Tarifa (USD/viv/mensual)*		Costo de Inversión (USD/viv)*		Costo Operacional (USD/viv/anual)*	
Situación Actual	25.73	0.172	60.79	0.855	29.61	0.503
Sistema Convencional	14.2	0.311	1,302.96	0.040	72.68	0.205
Sistema Alternativo	8.53	0.518	493.59	0.105	51.15	0.291
Sociales	Proporción Suministro Óptimo (%)		Disposición a Pagar (%)		Impacto Salud Pública (%)	
Situación Actual	59.96%	0.252	30.89%	0.317	86.67%	0.302
Sistema Convencional	100%	0.430	16.22%	0.167	100%	0.349
Sistema Alternativo	74%	0.318	50.19%	0.516	100%	0.349
Institucionales	Capacidad Gestión Local (escala Likert)		Factibilidad Legal (escala Likert)		Respaldo Grupos Interés (escala Likert)	
Situación Actual	2	0.286	1	0.091	1	0.111
Sistema Convencional	1	0.143	5	0.455	3	0.333
Sistema Alternativo	4	0.571	5	0.455	5	0.556

* Los valores con asterisco se invierten (1/valor) y se estandarizan (escala 0 a 1) antes de incorporarse al modelo
Fuente: Elaboración propia. IVUDS, 2025.

Bajo el sistema alternativo, el costo de construir una planta más pequeña para potabilizar 65 lps y enviarlos 5 kms de distancia por tubería desde la planta potabilizadora situada en la toma de Moyopampa hasta llegar al punto de distribución, tendría un costo total estimado en 1,7 millones de USD, con una incidencia de unos 500 USD/viv. Los costos de operación están correlacionados con la inversión: en la situación actual, se conoce que la incidencia no supera 30 USD/viv/año, para una solución convencional podría superar 70 USD/viv/año y para un sistema alternativo se adopta un costo operacional intermedio entre los dos valores anteriores.

Respecto a los indicadores sociales, la proporción de habitantes beneficiados con un suministro óptimo refleja el porcentaje de suministro respecto a una dotación teórica óptima de 150 lpd. En relación a la disposición a pagar, el indicador refleja los resultados de la encuesta socioeconómica (IVUDS, 2025) respecto al grado de satisfacción con el servicio actual, la disposición a pagar a SEDAPAL si se adopta un servicio convencional y la expectativa de mejorar y mantener el servicio ofrecido por la municipalidad bajo un sistema

alternativo. Por último, los indicadores de salud pública reflejan la proporción de habitantes que no padecen de enfermedades diarreicas asociadas al agua según lo registrado en la encuesta (IVUDS, 2025), y la expectativa de aumentar esta proporción, en caso de que mejore la calidad del servicio.

Finalmente, respecto a los indicadores institucionales, se adoptó la escala de Likert para valorar de manera cualitativa y desde el punto de vista del equipo de investigadores la capacidad de la gestión local para manejar el servicio de manera idónea, la factibilidad legal de regularizar el servicio ante organismos como la SUNASS, y el respaldo institucional de grupos de interés, considerando 1 punto la valoración más baja y 5 la mejor.

13.2.5. Estimación de indicadores técnicos, económicos, sociales e institucionales relativo al saneamiento

En la tabla 9 se resumen los indicadores de las opciones relativas al servicio de saneamiento. Respecto a los indicadores de índole técnico, los valores de viviendas conectadas al desagüe cloacal reflejan los registros del INEI para la situación actual, donde no todas las viviendas están conectadas, versus las conexiones de todas las viviendas en caso de mejoras. Los efectos ambientales negativos se refieren a la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), en kilogramos de oxígeno al día requeridos al río Rímac para degradar la carga orgánica de los efluentes del área de estudio, la cual sería alta si no hay tratamiento, y baja, en caso contrario. En cuanto a la superficie de área verde, el indicador refleja la disponibilidad de área verde actual, la cual se mantendría igual bajo la premisa del sistema actual y del sistema convencional, pero se incrementa en el sistema alternativo, que supone el tratamiento de una parte de los efluentes cerca de la canalización mediante tanques sépticos, digestores anaerobios de flujo ascendente y desinfección, posibilitando el riego de área verde adyacente al canal.

En cuanto a los indicadores económicos, la tarifa del servicio de aguas residuales bajo la situación actual refleja la porción de los pagos de la tarifa de agua potable que deben derivarse para el mantenimiento de desagües cloacales; respecto al sistema convencional, se adopta la tarifa social de SEDAPAL para alcantarillado sanitario, y para el sistema alternativo se adopta un 50% de dicha tarifa.

Respecto a los costos de inversión, la situación actual implica un monto mínimo para extender la red y sustituir tuberías, con una incidencia aproximada de 220 USD/viv. En cambio, un sistema convencional implica la construcción de una planta de tratamiento aguas residuales para toda Chosica (Q promedio diario de 106 lps), y prolongar el colector principal hacia el sitio de tratamiento, todo lo cual supondría un costo de inversión en el orden de 13,92 millones de USD, lo que, al prorratear respecto al total de 14686 viviendas existentes en Chosica, implica una incidencia aproximada de 947 USD/viv. Bajo el sistema alternativo, el costo de construir una planta más pequeña para tratar unos 10 lps y construir seis estanques sépticos y seis biodigestores para tratar 3 lps, más los nuevos colectores marginales (2 kms) a ambos lados de la canalización de la quebrada Quirio, tendría un costo total estimado en 3,04 millones de USD, con una incidencia aproximada de unos 875 USD/viv. Respecto a los costos de operación en la situación actual se conoce que la incidencia no supera 8 USD/viv/año; para una solución convencional, el costo de operación anual se estima en 5% respecto al costo de inversión, lo que implica una incidencia anual de 47,392 USD/viv/año, y para un sistema alternativo, que aunque es más pequeño implica el riego de áreas verdes, el costo operacional se estima en 43.791 USD/viv/año.

Tabla 9. Indicadores técnicos, económicos, sociales e institucionales relativos a las opciones de recolección y tratamiento de aguas residuales.

Indicadores	Valor Real	Valor Estandarizado	Valor Real	Valor Estandarizado	Valor Real	Valor Estandarizado
Técnicos	Viviendas Conectadas (%)		Efectos Amb. Negativos (kg DBO/día) *		Sup. Área Verde Regada (m2)	
Situación Actual	94%	0.32	434.81	0.058	29149.67	0.178
Sistema Convencional	100%	0.34	61.14	0.409	29149.67	0.178
Sistema Alternativo	100%	0.34	46.87	0.533	105857.49	0.645
Económicos	Tarifa (USD/viv/mes)*		Costo de Inversión (USD/viv) *		Costo Operacional (USD/viv/anual)*	
Situación Actual	1.55	0.573	219.76	0.674	7.837	0.744
Sistema Convencional	4.54	0.196	947.84	0.156	47,392	0.123
Sistema Alternativo	3.86	0.231	875.83	0.169	43.791	0.133
Sociales	Viviendas Beneficiadas (viv)		Disposición a Pagar (%)		Impacto Salud Pública (%)	
Situación Actual	0	0	30,89%	0.317	86,67%	0.302
Sistema Convencional	910	0.500	16,22%	0.167	100%	0.349
Sistema Alternativo	910	0.500	50,19%	0.516	100%	0.349
Institucionales	Capacidad Gestión Local (escala Likert)		Factibilidad Legal (escala Likert)		Respaldo Grupos Interés (escala Likert)	
Situación Actual	2	0.286	1	0.091	1	0.111
Sistema Convencional	1	0.143	5	0.455	3	0.333
Sistema Alternativo	4	0.571	5	0.455	5	0.556

* Los valores con asterisco se invierten (1/valor) y se estandarizan (escala 0 a 1) antes de incorporarse al modelo
Fuente: Elaboración propia. IVUDS, 2025.

Respecto a los indicadores sociales e institucionales, se mantienen los mismos valores señalados para el sistema de acueducto para los tres sistemas a evaluar.

13.2.6. Cálculo de prioridades, de acuerdo con el Procedimiento de Análisis Jerárquico

El análisis inicial de prioridades se realizó utilizando la ponderación de pesos asignados por el panel de expertos, reflejando la importancia relativa de cada criterio según su juicio, lo cual se muestra en la tabla 10.

Tabla 10. Pesos relativos de los criterios e indicadores de agua potable, según ponderación de los expertos

Criterio técnico 27,4%	Criterio económico 26,3%	Criterio social 23,6%	Criterio Institucional 22,7%
Gasto promedio diario 28,1%	Tarifa 34,9%	Suministro Óptimo 38,3%	Capacidad de gestión local 36,1%
Continuidad del servicio 30,2%	Costo de inversión, 35,9%	Disposición a pagar el servicio 25,6%.	Factibilidad legal y regulatoria 33,9%
Calidad del servicio 41,7%	Costo de operación 29.2%	Impacto en salud pública 36,1%	Respaldo de grupos de interés 30,0%

Fuente: Elaboración propia. IVUDS, 2025.

Como resultado del otorgamiento de pesos, y a la luz de los valores de los indicadores, la aplicación del procedimiento de análisis jerárquico arroja la priorización que se muestra en la figura 16.

Figura 16. Priorización de los sistemas de agua potable, según el modelo AHP

Name	Graphic	Ideals	Normals	Raw
A_SITUACION ACTUAL		0.749203	0.289885	0.096628
B_SISTEMA CONVENCIONAL		0.835277	0.323190	0.107730
C_SISTEMA ALTERNATIVO		1.000000	0.386925	0.128975

Fuente: Elaboración propia. IVUDS, 2025.

El análisis multicriterio de alternativas de Agua Potable, señala a la opción C_SISTEMA ALTERNATIVO como la más favorable, seguido de la opción B_SISTEMA CONVENCIONAL y finalmente la opción A_SITUACIÓN ACTUAL. Llama la atención que no exista una diferencia relevante entre el puntaje de la situación actual y la de los sistemas mejorados, lo cual se debe a que el criterio económico tiene un peso relevante, que las opciones con mayores costos van en dirección contraria al criterio de selección, y que en este caso las mejoras siempre implican tarifas, costos de inversión y de operación mucho mayores que la situación actual.

Respecto a las opciones de saneamiento, las ponderaciones de los expertos arrojaron los valores que se registraron en la tabla 11.

Tabla 11. Pesos relativos de los criterios e indicadores de saneamiento, según ponderación de los expertos.

Criterio técnico 28,3%	Criterio económico 25,6%	Criterio social 25,0%	Criterio Institucional 21,1%
Viviendas Conectadas 30,7%	Tarifa 32.8%	Viviendas Beneficiadas 36,7%	Capacidad de gestión local 37.7%
Efectos Amb. Negativos 34,4%	Costo de inversión, 36.6%	Disposición a pagar el servicio 24,7%.	Factibilidad legal y regulatoria 31.7%
Sup. Área Verde Regada 34,9%	Costo de operación 30.6%	Impacto en salud pública 38,6%	Respaldo de grupos de interés 30.6%

Fuente: Elaboración propia. IVUDS, 2025.

Como resultado del otorgamiento de pesos, y a la luz de los valores de los indicadores, el procedimiento de análisis jerárquico arroja la priorización registrada en la figura 17.

Figura 17. Priorización de los sistemas de saneamiento, según el modelo AHP

Name	Graphic	Ideals	Normals	Raw
A_SITUACION ACTUAL		0.843981	0.325140	0.108380
B_SISTEMA CONVENCIONAL		0.751762	0.289613	0.096538
C_SISTEMA ALTERNATIVO		1.000000	0.385246	0.128415

Fuente: Elaboración propia. IVUDS, 2025.

El C_SISTEMA ALTERNATIVO obtuvo la mayor puntuación, seguido del A_SITUACIÓN ACTUAL, mientras que el B_SISTEMA CONVENCIONAL se posicionó como la alternativa menos favorable. A pesar de su peor desempeño ambiental y su incidencia negativa en la salud pública, la situación actual queda en segundo término debido a que una gran proporción de los habitantes ya están conectados, y porque el criterio económico favorece los menores costos. El sistema alternativo, además de reducir el daño ambiental, ofrece la oportunidad de reciclar el agua, por lo que ofrece beneficios técnicos mayores, superando a la situación actual, a pesar de implicar tarifa, costos de inversión y de operación mayores.

13.2.7. Análisis de Sensibilidad

Para comprobar qué tan estables son los resultados de la priorización de cada modelo AHP se realizaron dos escenarios, cambiando los pesos de los criterios entre sí, pero manteniendo el peso relativo de los indicadores internos. Como primer escenario se asignó el mismo peso a todos los criterios en ambos modelos, según se detalla en la tabla 12.

Tabla 12. Análisis de Sensibilidad. Pesos Distribuidos Uniformemente.

Criterios	Pesos	
	Modelo AHP Agua Potable	Modelo AHP Saneamiento
• Criterio Técnico	0.25	0.25
• Criterio Económico	0.25	0.25
• Criterio Social	0.25	0.25
• Criterio Institucional	0.25	0.25

Fuente: Elaboración propia. IVUDS, 2025.

Los resultados de la asignación uniforme de pesos se muestran seguidamente en la figura 18.

Figura 18. Análisis de sensibilidad. Pesos distribuidos uniformemente. Priorización de los sistemas de agua potable, según el modelo AHP.

Name	Graphic	Ideals	Normals	Raw
A_SITUACION ACTUAL		0.718152	0.283229	0.094410
B_SISTEMA CONVENCIONAL		0.817440	0.322386	0.107462
C_SISTEMA ALTERNATIVO		1.000000	0.394385	0.131462

Fuente: Elaboración propia. IVUDS, 2025.a

En Agua Potable, el C_SISTEMA ALTERNATIVO continuó en primer lugar (1.00), seguido del B_SISTEMA CONVENCIONAL (0.817) y del A_SITUACIÓN ACTUAL en tercero.

Figura 19 Análisis de sensibilidad. Pesos distribuidos uniformemente. Priorización de los sistemas de saneamiento, según el modelo AHP.

Name	Graphic	Ideals	Normals	Raw
A_SITUACION ACTUAL		0.827776	0.322255	0.107418
B_SISTEMA CONVENCIONAL		0.740924	0.288443	0.096148
C_SISTEMA ALTERNATIVO		1.000000	0.389302	0.129767

Fuente: Elaboración propia. IVUDS, 2025.

En Saneamiento, el C_SISTEMA ALTERNATIVO lideró nuevamente, seguido del A_SITUACIÓN ACTUAL, dejando al B_SISTEMA CONVENCIONAL en último lugar. La evidencia muestra una valoración más alta del Sistema Alternativo, incluso al ponderar todos los criterios por igual. Se compararon dos escenarios de priorización: uno basado en la opinión de expertos que enfatiza los criterios técnico y económico (aproximadamente 53.7% para agua y 53.9% para saneamiento), y un segundo escenario que priorizó los criterios social e institucional (60%) sobre los técnico y económico (40%). Esto se muestra en la tabla 13.

Tabla 13. Análisis de Sensibilidad. Pesos distribuidos en forma opuesta al criterio de los expertos.

Criterios	Pesos	
	Modelo AHP Agua Potable	Modelo AHP Saneamiento
• Criterio Técnico	0.20	0.20
1. Criterio Económico	0.20	0.20
• Criterio Social	0.30	0.30
• Criterio Institucional	0.30	0.30

Fuente: Elaboración propia. IVUDS, 2025.

Los resultados de la priorización con pesos opuestos a los indicados por los expertos se muestran a continuación en la figura 20.

Figura 20. Análisis de sensibilidad. Pesos distribuidos en forma opuesta. Priorización de los sistemas de agua potable, según el modelo AHP.

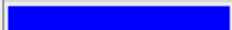
Name	Graphic	Ideals	Normals	Raw
A_SITUACION ACTUAL		0.668932	0.272134	0.090711
B_SISTEMA CONVENCIONAL		0.789164	0.321047	0.107016
C_SISTEMA ALTERNATIVO		1.000000	0.406819	0.135606

Fuente: Elaboración propia. IVUDS, 2025.

Para Agua Potable, el C_SISTEMA ALTERNATIVO siguió siendo la opción más favorable, seguido del B_SISTEMA CONVENCIONAL y, finalmente, el A_SITUACIÓN ACTUAL.

Respecto al sistema de saneamiento, en la figura 21 se muestra el análisis de sensibilidad.

Figura 21. Análisis de sensibilidad. Pesos distribuidos en forma opuesta. Priorización de los sistemas de saneamiento, según el modelo AHP.

Name	Graphic	Ideals	Normals	Raw
A_SITUACION ACTUAL		0.754658	0.303591	0.101197
B_SISTEMA CONVENCIONAL		0.731114	0.294119	0.098040
C_SISTEMA ALTERNATIVO		1.000000	0.402290	0.134097

Fuente: Elaboración propia. IVUDS, 2025.

En Saneamiento, el C_SISTEMA ALTERNATIVO también lidera, seguido del A_SITUACIÓN ACTUAL, con el B_SISTEMA CONVENCIONAL en último lugar, aunque con una diferencia mínima respecto a la segunda opción.

El análisis de alternativas para Agua y Saneamiento determinó que la **Alternativa C (Sistema Alternativo)** es la opción más idónea para ambos servicios. Esta alternativa demostró ser la más sólida y apropiada en todos los escenarios de evaluación, incluyendo la ponderación real de los expertos y una ponderación igualitaria de los cuatro criterios.

El sistema alternativo de agua y saneamiento presenta riesgos y desventajas que podrían reducir su viabilidad en comparación con la evaluación inicial. En el caso del agua, la línea de aducción de 5 km se encuentra en una zona montañosa propensa a la caída de rocas, lo que pone en riesgo la infraestructura. En cuanto al saneamiento, la construcción de sistemas

separados de recolección y tratamiento en cada sector podría implicar una inversión total mayor que la de un único sistema centralizado.

Estas consideraciones apoyan la implementación de sistemas alternativos para optimizar el suministro de agua potable y la gestión de aguas residuales. Estos sistemas representan una oportunidad para mejorar la calidad de dichos servicios en áreas no cubiertas mientras se espera la expansión de la red metropolitana.

Tabla 14. Comprobación de la Hipótesis 2

Hipótesis 2	Métodos de comprobación	Valoración
La mejor opción para ofrecer el servicio de agua y alcantarillado en un sector puede sistematizarse mediante el Proceso de Análisis Jerárquico (AHP), considerando criterios de carácter técnico, económico social, e institucional.	Valoración de expertos La métrica que provee el método AHP según la valoración de los expertos señala que la adopción de soluciones alternativas de agua y saneamiento son más favorables que mantener la situación actual o adoptar/esperar soluciones convencionales..	Confirma la hipótesis
	Análisis de sensibilidad Al intercambiar los pesos entre los criterios, las prioridades cambian, pero se mantiene como principal opción la adopción de sistemas alternativos de agua y saneamiento,	Confirma la hipótesis

Fuente: Elaboración propia, 2025.

Finalmente, como resultado de este análisis riguroso, se elaboró el artículo científico titulado *"Agua y saneamiento en asentamientos informales: análisis de opciones mediante el Proceso Analítico Jerárquico en Lurigancho-Chosica, Perú"*, el cual se encuentra aprobado y en proceso de publicación en la revista **PAIDEIA XXI**, contribuyendo con evidencia académica a la gestión urbana sostenible

13.3. Resultados de la Etapa 3

Se aplicó el método CART para predecir la clasificación de los sectores de acuerdo a las siguientes soluciones estandarizadas de agua potable:

- Solución A: Abastecimiento desde pozos adyacentes al río Rímac y distribución directa a redes cercanas
- Solución B: Abastecimiento a sectores situados en la margen derecha del río Rímac, en cotas < 900 msnm, desde reservorio La Trinchera.
- Solución C: Abastecimiento a sectores en la margen derecha del río Rímac, en cotas > 900 msnm, desde PTAP Moyopampa.
- Solución D: Abastecimiento a sectores situados en la margen izquierda del río Rímac, en cotas < 900 msnm, desde reservorio La Ronda.
- Solución C: Abastecimiento a sectores en la margen izquierda del río Rímac, en cotas > 900 msnm, desde distintas fuentes.

Los casos utilizados para construir el árbol fueron 46, distribuidos de la siguiente manera;

Tabla 15. Comprobación de la Hipótesis 2

Variable	Clase	Conteo	%
Solución Agua Potable	SOL A	10	21.7
	SOL B	7	15.2
	SOL C	16	34.8
	SOL D	8	17.4
	SOL E	5	10.9
	Todo	46	100.0

Fuente: Elaboración propia. IVUDS, 2025.

Estos 46 casos corresponden a igual número de sectores donde, después de analizar cada caso, aplica algunas de las soluciones antes referidas. Las variables utilizadas para construir el árbol de clasificación y regresión fueron las siguientes:

Variable a predecir:

- Solución Agua Potable

Variables predictoras:

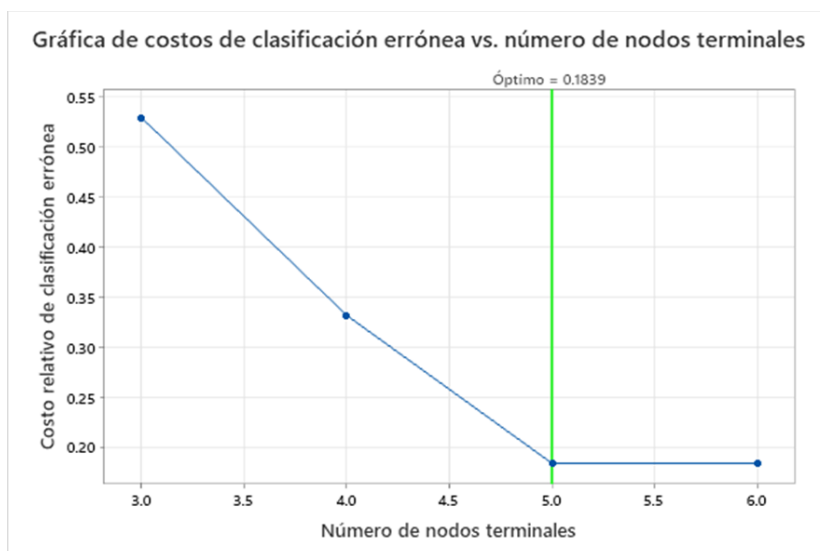
- Disponibilidad de agua (15 a 23hrs)%, de acuerdo al censo de 2017.
- Ubicación respecto a la ribera del río Rímac;
 - Adyacente al margen izquierdo o derecho
 - A la margen izquierda
 - A la margen derecha
- Topografía;
 - Por debajo de 800 msnm
 - Entre 800 y 900 msnm
 - Por arriba de 900 msnm
- Tipo de zona, según análisis de clustering (Etapa 1 de la investigación):
 - Zona I
 - Zona II
 - Zona III
 - Zona IV
 - Zona V

El método utilizado para construir el árbol se resume seguidamente:

- Probabilidades anteriores Igual para todas las clases
- División de nodos Gini
- Árbol óptimo Dentro de 1 error estándar del costo mínimo de clasificación errónea
- Validación del modelo Validación cruzada de 10 pliegues
- Filas utilizadas 46

El número óptimo de nodos terminales reportado por el análisis es el siguiente:

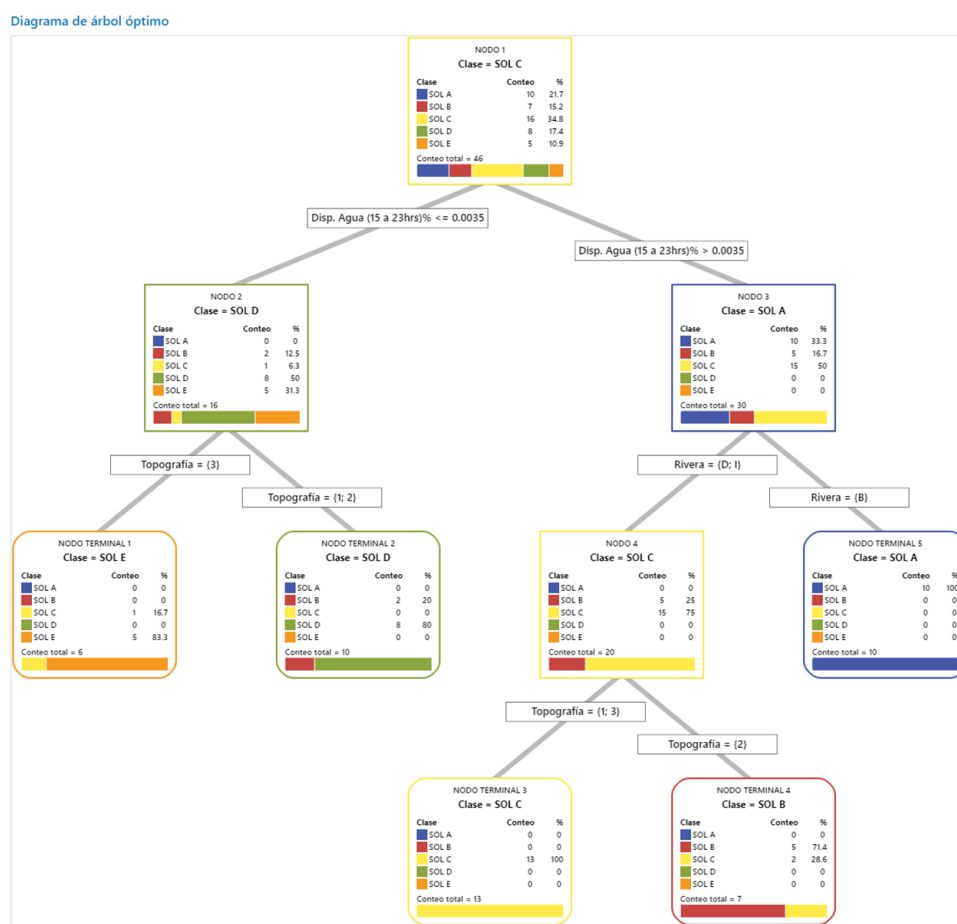
Figura 22. Costos de clasificación errónea, según número de nodos terminales.



Fuente: Elaboración propia, según resultados de MINITAB®, 2025.

El árbol de clasificación y regresión resultante se muestra en la figura a continuación

Figura 23. Árbol de Clasificación y Regresión para predecir opciones de agua potable.



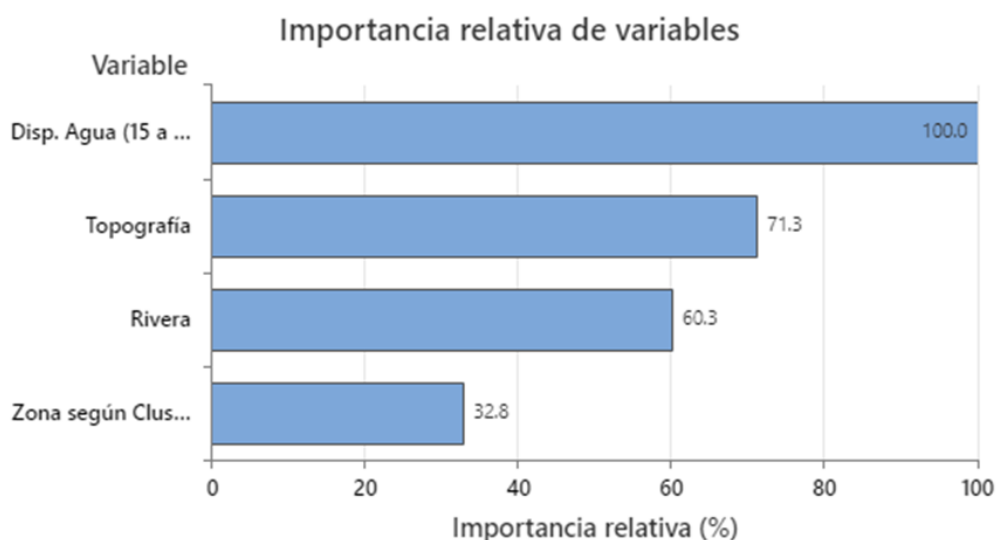
El resumen de los resultados del modelo se aprecian en la tabla a continuación:

Tabla 16. Resumen del modelo

Total de predictores	4
Predictores importantes	4
Número de nodos terminales	5
Tamaño mínimo del nodo terminal	6
Costo de clasificación errónea (Entrenamiento)	0.1183
Costo de clasificación errónea (Prueba)	0.1839
Área bajo la curva ROC	
Solución Agua Potable = SOL A vs. no	1.0000
Solución Agua Potable = SOL B vs. no	0.9377
Solución Agua Potable = SOL C vs. no	0.9740
Solución Agua Potable = SOL D vs. no	0.9737
Solución Agua Potable = SOL E vs. no	0.9878

Las variables predictoras tienen una efectividad distinta al momento de predecir los nodos terminales, tal como se aprecia en la gráfica a continuación

Figura 23. Importancia relativa de las variables predictoras.



La importancia de las variables mide la mejora del modelo cuando se realizan divisiones en un predictor. La importancia relativa se define como un % de mejora con respecto al predictor superior.

Tabla 17. Comprobación de la Hipótesis 3

Hipótesis 3	Métodos de comprobación	Valoración
La selección de una opción óptima para proveer servicio de agua y saneamiento en un sector puede ser estandarizada en múltiples sectores con características similares mediante árboles de clasificación y regresión (CART)	Construcción de CART para soluciones estandarizadas de agua potable. Es posible ajustar un árbol de clasificación y regresión para predecir la solución estandarizada de suministro de agua potable, teniendo como variables predictoras las características de suministro horario, la localización altimétrica, la ubicación respecto al río Rímac, y el tipo de zona en que ha sido catalogado el sector, según el análisis de clustering (Etapa 1).	Confirma la hipótesis
	Construcción de CART para soluciones estandarizadas de saneamiento. Al analizar la posibilidad de proponer opciones, se descarta la pertinencia de aplicar la construcción del árbol de clasificación y regresión, pues en el área de estudio sólo existe una única solución recomendable: recoger todos los efluentes mediante una red cloacal, tratarlos y reutilizar parte del agua tratada para el riego de áreas verdes, antes de la disposición final del excedente.	Descarta la hipótesis

Fuente: Elaboración propia, 2025.

13.4. Resultados de la Etapa 4

Respecto al proceso de modelación urbana de la zona general de estudio, y en base a la información cartográfica proporcionada por la Municipalidad Distrital de Lurigancho, se utilizó el software AutoCAD como herramienta principal para el desarrollo de la propuesta, iniciando con una etapa de depuración del archivo base mediante la eliminación de líneas sobrepuestas y elementos redundantes con el objetivo de obtener un insumo limpio y preciso, posteriormente se mantuvo únicamente la información relevante para el análisis urbano y territorial como manzanas, lotes, reservorios existentes, traza de la línea que comunica con la planta de tratamiento de agua potable (PTAP) y delimitación de las fajas marginales, sobre esta base se elaboró una maqueta general a escala 1:10000 en formato A2 mostrando curvas de nivel cada 25 metros, en la que se incorporaron las propuestas de reubicación de viviendas, la generación de los canales para la conducción de huaycos, la localización de puentes y demás elementos asociados a la intervención, permitiendo una lectura integral del territorio y de las estrategias proyectuales planteadas para la zona de estudio.

De manera complementaria, para el desarrollo de las propuestas a escala local, se realizaron dos maquetas independientes correspondientes a los sectores de Quirio y Carosio a una escala mayor de 1:2500 en formato A2, replicando el proceso de limpieza y selección de información pero incorporando curvas de nivel cada 10 metros, posteriormente se realizó un modelado tridimensional del terreno en SketchUp a partir de dichas curvas con el fin de comprender con mayor precisión la morfología del suelo y trasladar esta información al software Revit, donde se evaluó la implantación y ubicación adecuada de las plataformas propuestas en el caso de Quirio, asociadas a un esquema de canalización integrado con áreas verdes y espacios públicos de uso comunitario, mientras que en el sector de Carosio la

modelación permitió definir una canalización pluvial articulada a un sistema de drenaje, ambas maquetas fueron luego segmentadas en piezas compatibles para su exportación al software Rhino desde donde se prepararon los archivos para corte láser y posterior ensamblaje físico del terreno, consolidando un soporte técnico y gráfico que fortalece la toma de decisiones proyectuales y constituye un insumo valioso para la municipalidad al facilitar la evaluación de intervenciones, la planificación territorial y la gestión integral del riesgo en los sectores intervenidos.

Se elaboraron propuestas de diseño urbano y vivienda saludable para visualizar las intervenciones de agua y saneamiento. Las dos propuestas de intervención urbana muestran los elementos clave de los sistemas de agua potable, aguas residuales, vialidad y drenaje pluvial, entre otros aspectos. Se consideraron las directrices de la Organización Mundial de la Salud para la Vivienda Saludable (OPS, 2022).

Se proponen parámetros urbanísticos y edificatorios compatibles con la opción de agua y saneamiento seleccionada. Las propuestas permitieron sugerir algunos parámetros urbanísticos y edificatorios para esos sectores, tales como la población máxima a atender, que corresponde con los habitantes de las zonas aledañas a las quebradas Quirio y Carosio, en donde la densidad neta es baja y media baja, con alturas en la mayoría de las edificaciones entre 1 a 4 pisos, definición de áreas públicas?

Para la relocalización de las viviendas vulnerables se recomienda aplicar las Directrices de la Organización Mundial de la Salud sobre Vivienda y Salud, empezando por la selección de un terreno que proporcione seguridad, y que se apliquen criterios de diseño arquitectónico y estructural para que sus moradores disfruten de un “estado de completo bienestar físico, mental y social” (OPS, 2022), contando con los servicios básicos adecuados, dentro de ellos el acceso universal y equitativo del agua segura, es decir apta para el consumo humano, de buena calidad y que no genere enfermedades (Santa María & Martínez, 2024). Debido a que en el análisis realizado en la zona de estudio, con datos del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) de los años 2007 y 2020, y el resultado de las encuestas que aplicamos en 2023 y 2025, se identifica un empobrecimiento progresivo de la población, las alternativas de relocalización tienen que corresponder con programas de financiamiento de acuerdo con el nivel socioeconómico de la población afectada, como por ejemplo Techo Propio que es promovido por el Fondo Mivivienda, del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

Tabla 18. Comprobación de la Hipótesis 4

Hipótesis 4	Métodos de comprobación	Valoración
La selección de una opción de agua y saneamiento tiene repercusiones urbanísticas y arquitectónicas que pueden establecerse como parámetros urbanísticos y edificatorios de gestión urbana.	Análisis de la zonificación La cantidad de viviendas no debe exceder la capacidad del caudal de agua potable disponible. Las propuestas convencional (150 lpd) y alternativa (110 lpd) demuestran que los límites de viviendas deben ajustarse a la capacidad de los sistemas de potabilización y almacenamiento, lo cual constituye un parámetro edificatorio y urbano fundamental	Confirma la hipótesis
	Análisis de la maqueta La representación del territorio analizado, en escala 1:10000 permite identificar los dos tipos de intervenciones mediante las canalizaciones para el drenaje fluvial, una de mayor magnitud en quebrada Quirio y otra menor en quebrada Carosio.	Confirma la hipótesis
		Confirma la hipótesis

Hipótesis 4	Métodos de comprobación	Valoración
	Repercusiones de la propuesta de agua potable Los resultados indican que la organización del suministro por niveles altitudinales (800–1050 msnm) obliga a replantear la ubicación y capacidad de reservorios, y condiciona la localización de nuevas viviendas. La necesidad de mantener diferencias de carga mayores a 10 m genera restricciones directas sobre la implantación arquitectónica en ladera.	Confirma la hipótesis
	Repercusiones de la propuesta de aguas residuales El sistema actual descarga efluentes sin tratamiento al río Rímac, lo que genera impactos ambientales. El sistema alternativo (tanques sépticos + FAFA) permite el tratamiento parcial y el riego de áreas verdes, lo que transforma el borde de quebrada y aumenta la extensión de áreas verdes. Esto confirma efectos urbanos directos derivados de la selección del sistema.	
	Repercusiones de la propuesta de aguas pluviales Los resultados muestran que la canalización propuesta modifica la estructura urbana, incorpora zonas de protección y restringe la ocupación en franjas laterales. Esto genera nuevos parámetros urbanísticos obligatorios para garantizar la seguridad física y la continuidad del drenaje.	Confirma la hipótesis
	Repercusiones de la propuesta de flujo de detritos El diseño del dique de retención y de la canalización de 25 m de ancho exige la relocalización de 280 viviendas. Este proceso demuestra que los sistemas de saneamiento, drenaje y control de detritos imponen condiciones urbanísticas (retiro de cauces, no ocupación de zonas de riesgo, áreas verdes protectoras) que se consolidan como parámetros de ordenamiento territorial.	Confirma la hipótesis

Fuente: Elaboración propia, 2025.

14.0. Discusión

Discusión de la Etapa 1

Los resultados de este estudio confirman que el problema del agua y saneamiento en Lurigancho–Chosica no se limita a la disponibilidad, sino que se centra principalmente en la calidad del recurso, lo cual es consistente con hallazgos previos en contextos similares de América Latina y África (Handam et al., 2020; Isingoma & Kwesiga, 2021; Akoteyon et al., 2021). La asociación entre las características organolépticas del agua (color) y la percepción de inseguridad del servicio revela que las deficiencias de calidad impactan directamente en la confianza de los hogares hacia los sistemas de abastecimiento, un patrón que también ha sido reportado en Río de Janeiro (Handam et al., 2020) y Kampala (Tumwebaze et al., 2023).

El análisis mostró que el tamaño del hogar se correlaciona con la disponibilidad per cápita de agua. Esta situación refleja dinámicas observadas en otros estudios de asentamientos informales, donde la presión demográfica amplifica la desigualdad en el acceso (Sahasranaman & Bettencourt, 2021; Mukherjee et al., 2020). Asimismo, la relación entre bajos ingresos y percepciones negativas sobre la seguridad del agua coincide con estudios que muestran cómo las condiciones socioeconómicas influyen tanto en la valoración como en la disposición a pagar por el servicio (Olajuyigbe et al., 2012; Singh, 2022).

En términos de salud pública, la asociación entre la prevalencia de enfermedades diarreicas y la calidad del agua confirma el vínculo entre las condiciones sanitarias y la morbilidad reportado en investigaciones regionales (Galezzo et al., 2020; Arruda & Heller, 2022). La prevalencia de enfermedades metaxénicas podría indicar efectos colaterales del inadecuado almacenamiento de agua en los hogares, sumándose a factores ambientales y vectoriales señalados por estudios previos (Ssemugabo et al., 2020).

El hallazgo de que la población mantiene una preferencia por el servicio municipal, a pesar de reconocer sus deficiencias, puede interpretarse en términos de confianza institucional y costos de transición, fenómeno discutido en la literatura sobre gobernanza del agua (Brinks et al., 2022; Soares et al., 2025). Estos datos son relevantes para el diseño de políticas, ya que indican que la mejora del servicio a nivel local podría tener una aceptación social más amplia que un cambio abrupto hacia modelos metropolitanos o comunitarios.

En resumen, el estudio muestra que la sostenibilidad de las intervenciones en agua y saneamiento en contextos urbanos informales debe integrar calidad, equidad y gobernanza. Estrategias de mejora gradual, adaptadas a cada tipología urbana identificada mediante análisis de clústeres, podrían incrementar la efectividad de las políticas públicas, en línea con enfoques de planificación basados en la evidencia (Ahmad et al., 2025; Rafaai et al., 2025).

Discusión de la Etapa 2

Los resultados del AHP muestran que las alternativas “C”, tanto para agua potable como para saneamiento, representan las opciones más sólidas al ser evaluadas bajo criterios técnicos, económicos, sociales e institucionales. Estos resultados coinciden con la literatura reciente, la cual resalta la importancia de implementar soluciones descentralizadas, graduales y flexibles en asentamientos informales, donde las limitaciones de infraestructura y las condiciones topográficas dificultan la expansión de sistemas convencionales. Estudios previos (Amala et al., 2023; Akoteyon et al., 2021) indican que las poblaciones urbanas vulnerables, priorizan la continuidad y calidad del servicio, además de la accesibilidad económica y el respaldo institucional cercano, aspectos que se alinean con la mayor aceptación social registrada en las alternativas evaluadas.

Desde el enfoque técnico, la preferencia por sistemas no tradicionales responde a tendencias globales que promueven tratamientos primarios y esquemas de reutilización local del recurso, especialmente en territorios con estrés hídrico (Ahmad et al., 2025; Apanowicz & Kwiatkowska, 2024). En particular, la reutilización de aguas residuales tratadas para el riego de áreas verdes —elemento central en la alternativa C de saneamiento— es coherente con los enfoques de infraestructura verde y azul, orientados a generar soluciones más resilientes y con múltiples funciones (Suárez-Inclán et al., 2022).

Respecto a la gestión del riesgo por flujos de detritos, la evidencia técnica disponible (JICA, 2015, 2017; INDECI, 2018; CENEPRED, 2018) destaca la fuerte exposición estructural de la quebrada Quirio, situación que también ha sido descrita por López (2020) en el caso del Estado de Vargas. Las medidas planteadas —reasentamiento hacia zonas seguras, refuerzo de diques y canalización— son coincidentes con las recomendaciones formuladas para otras quebradas de Chosica (Santuyo Marca & Zambrano Orosco, 2019), reafirmando que las intervenciones estructurales requieren ser complementadas con organización local y mantenimiento permanente para garantizar su efectividad.

En el ámbito institucional, el análisis evidencia que la capacidad de gestión local influye directamente en la viabilidad de opciones descentralizadas. Esto concuerda con los estudios sobre gobernanza y servicios de agua y saneamiento, los cuales señalan que las limitaciones normativas y la fragmentación institucional afectan la sostenibilidad de los sistemas urbanos (Paulini, 2023; Sinharoy et al., 2019; Shah et al., 2024). En el caso peruano, la experiencia de los sistemas autogestionados —desde el Programa Agua para Pueblos Jóvenes hasta las JASS— demuestra que los modelos híbridos pueden operar de manera eficaz cuando cuentan con soporte técnico, un marco regulatorio apropiado y participación comunitaria.

Finalmente, si bien las alternativas C se posicionan como las más favorables, los resultados también advierten limitaciones no incluidas en el AHP: vulnerabilidad de la aducción alternativa ante caída de rocas y mayores costos acumulados de sistemas descentralizados. Este reconocimiento crítico coincide con la literatura que enfatiza la importancia de integrar análisis de riesgo, mantenimiento y costos del ciclo de vida en las decisiones de planificación urbana (Brinks et al., 2022; Arruda & Heller, 2022).

Discusión de la Etapa 3

La aplicación de los Árboles de Clasificación y Regresión (CART) evidenció su utilidad como herramienta de apoyo en la toma de decisiones para la planificación de soluciones estandarizadas de abastecimiento de agua potable. Tal como señalan Breiman et al. (1984), los modelos CART permiten identificar reglas de decisión claras a partir de variables de distinta naturaleza, sin requerir supuestos paramétricos estrictos, lo que los hace especialmente adecuados para el análisis de sistemas urbanos complejos, como los asentamientos periurbanos del valle del río Rímac.

El modelo construido a partir de 46 casos presentó un buen desempeño, reflejado en bajos costos de clasificación errónea, lo que indica una adecuada capacidad predictiva. Estos resultados confirman que variables territoriales y operativas —como la localización altimétrica, la ubicación respecto al río Rímac y la disponibilidad horaria del servicio— son determinantes en la selección de alternativas de abastecimiento, en concordancia con estudios técnicos que destacan la influencia del medio físico y el riesgo hidrológico en la planificación de infraestructura (JICA, 2015; JICA, 2017).

La incorporación del tipo de zona, definido mediante análisis de clustering, refuerza la pertinencia de combinar métodos multivariantes con técnicas de clasificación estadística, tal como sugieren Everitt et al. (2011) y Field (2018). En comparación con aplicaciones previas de CART centradas en la depuración de datos de calidad de agua (Gai et al., 2023) o en la

predicción de patrones de consumo (Bermejo-Martín et al., 2021), este estudio amplía su uso hacia una dimensión estratégica de estandarización de decisiones de planificación.

La comprobación de la hipótesis confirma que CART permite replicar criterios técnicos de selección de soluciones de agua potable en sectores con características similares, fortaleciendo una planificación basada en evidencia. No obstante, el análisis también muestra sus limitaciones cuando el número de alternativas es reducido, como ocurre en el caso del saneamiento, donde la solución técnica resulta prácticamente única, en línea con enfoques normativos vigentes (MVCS, 2018).

Discusión de la Etapa 4

Para desarrollar la intervención urbana de canalización, infraestructuras de drenaje y saneamiento en quebrada Quirio, se plantea reubicar 280 viviendas actualmente asentadas entre las cotas de 800 y 1050 m.s.n.m. Esto implica que más de 1 000 personas inicien el proceso de traslado hacia zonas que les brinden mayor seguridad física, esto con el acompañamiento del gobierno local y las instancias del gobierno nacional que cuentan con las competencias requeridas, entre ellas el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

Para viabilizar la propuesta de canalización pluvial y el sistema de drenaje proyectado en la quebrada Carosio, se plantea la reubicación de catorce viviendas localizadas dentro del área de intervención, cuyo emplazamiento actual limita la continuidad del trazado y mantiene a la población en una condición de exposición directa frente a eventos asociados a los desastres originados por huaycos. Esta acción supone el traslado aproximado de cincuenta y seis personas hacia sectores que presenten condiciones adecuadas de seguridad y habitabilidad, proceso que deberá desarrollarse con el acompañamiento del gobierno local y la articulación con las entidades del gobierno nacional competentes en materia de vivienda y ordenamiento territorial, garantizando una transición planificada y coherente con los objetivos de reducción del riesgo.

15.0. Conclusiones

Conclusiones de la Etapa 1

La principal limitación del servicio en Lurigancho–Chosica no es la cantidad, sino la calidad del agua, con fuertes implicancias en la percepción de seguridad hídrica y en la salud pública. Factores demográficos y socioeconómicos influyen significativamente en el acceso y uso del recurso: los hogares más grandes tienen menor disponibilidad per cápita, mientras que los ingresos bajos se asocian a percepciones negativas sobre la seguridad del agua. La relación entre la calidad del agua y la prevalencia de enfermedades diarreicas confirma la necesidad de intervenciones integrales en saneamiento.

La población mantiene una preferencia por los servicios municipales, lo que evidencia una oportunidad para fortalecer las capacidades locales en lugar de priorizar únicamente la expansión de redes metropolitanas.

Las futuras intervenciones deben adoptar un enfoque diferenciado según las tipologías urbanas, priorizando mejoras graduales en la calidad del agua, su uso eficiente y el reúso para riego, en consonancia con el ODS 6 y con los enfoques recientes de gestión integrada de recursos hídricos.

Conclusiones de la Etapa 2

El análisis multicriterio permitió determinar que las alternativas descentralizadas y de implementación gradual para los servicios de agua y saneamiento —en especial la alternativa C para ambos— representan opciones viables desde el punto de vista técnico, con alta aceptación social y factibles de gestionar institucionalmente en un distrito con condiciones urbanas precarias como Lurigancho-Chosica. Estas soluciones aportan mejoras relevantes en la calidad del recurso hídrico, promueven oportunidades de reutilización y reducen los impactos ambientales, en línea con los enfoques actuales de sostenibilidad urbana.

Las medidas estructurales planteadas para la quebrada Quirio —reasentamiento, construcción de diques de retención, canalización y creación de áreas verdes protectoras— se ajustan a las características geomorfológicas del área y coinciden con las recomendaciones de estudios especializados. No obstante, su efectividad en el tiempo depende de complementarlas con sistemas de alerta temprana, procesos de educación comunitaria, mantenimiento continuo y espacios de participación ciudadana en la gestión urbana.

En el componente institucional, se concluye que la puesta en marcha de las alternativas evaluadas requiere reforzar las capacidades locales, delimitar claramente las responsabilidades entre municipalidades, SEDAPAL y entidades nacionales, y promover modelos de gobernanza que favorezcan una autogestión supervisada, similar a los esquemas exitosos implementados en otras áreas periurbanas del país.

Asimismo, se propone una estrategia integral de mejoramiento por fases que articule: (i) expansión o modernización progresiva de los sistemas de agua y saneamiento; (ii) reutilización de aguas residuales tratadas para el mantenimiento de áreas verdes; (iii) mitigación de riesgos mediante soluciones combinadas de infraestructura gris y verde; y (iv) fortalecimiento institucional y comunitario. Este enfoque contribuirá a incrementar la resiliencia, promover la equidad territorial y facilitar la regeneración urbana en asentamientos informales de Lima Metropolitana.

Los resultados confirman que las soluciones técnicas pueden adaptarse para asegurar costos accesibles; que los análisis económicos respaldan intervenciones progresivas; que la aceptación e impacto social son determinantes para la ejecución; y que el soporte institucional resulta fundamental para la sostenibilidad y formalización de las acciones propuestas.

En conjunto, una estrategia de mejoramiento barrial integral y por etapas —que articule reasentamiento, infraestructura de protección ante inundaciones y flujos de detritos, optimización del tratamiento y almacenamiento de agua potable, reutilización de aguas tratadas en áreas verdes y mecanismos de gobernanza participativa— contribuye a fortalecer la resiliencia, la equidad en el acceso a servicios y las condiciones de habitabilidad en la periferia de Lima.

Conclusiones de la Etapa 3

La aplicación del árbol de clasificación y regresión constituye una manera de sistematizar las soluciones y de obtener respuestas rápidas respecto al tipo de abordaje para atender las necesidades de agua potable del sector analizado, lo cual es replicable en situaciones con donde exista incertidumbre, siempre y cuando se haya realizado previamente un análisis de casos que permita estandarizar las soluciones. Ello reduce el riesgo de improvisar respuestas y permitiría construir una base de datos para acompañar la formulación e implementación de políticas públicas de agua y saneamiento.

Conclusiones de la Etapa 4

La propuesta de relocalización de las viviendas, en busca de zonas más seguras para sus habitantes, y que adicionalmente se implementen las directrices de Vivienda Saludable promovidas por la Organización Mundial de la Salud, está en consonancia con la necesidad de alcanzar un vivienda que ofrezca adecuada protección respecto a todos los peligros potenciales en su entorno geográfico, económico y social. Esta experiencia de abordaje integral de la problemática de riesgos físicos y deficiencias en el acceso a agua segura identificada en la zona de estudio en el distrito de Lurigancho, sería un referente a tener en cuenta por otros gobiernos locales en nuestro país que presentan situaciones similares.

16.0. Financiamiento de la investigación

Presupuesto aprobado (en moneda soles)	Presupuesto ejecutado (en moneda soles)
S/. 44,324.00	S/. 30,133.73 Corresponde con el 67.99% del monto presupuestado

17.0. Referencias

- Agencia de Cooperación Internacional del Japón - JICA (2015). The Study for Disaster Prevention in the Rímac and Huaycoloro River Basin (Final report, Vol. 3). JICA. https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/1000034201_03.pdf
- Agencia de Cooperación Internacional del Japón - JICA (2017). Estudio básico de la demanda de control de inundaciones en la República del Perú: Informe final [Informe técnico]. Autoridad Nacional del Agua; CTI Engineering International Co., Ltd. https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/1000034201_01.pdf
- Agresti, A. (2018). Statistical methods for the social sciences (5th ed.). Pearson.
- Ahmad, S., Peng, X., Ashraf, A., Yin, D., Chen, Z., Ahmed, R., Israr, M., & Jia, H. (2025). Building resilient urban drainage systems by integrated flood risk index for evidence-based planning. *Journal of Environmental Management*, 374, 124130. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.124130>
- Akotey, I. S., Aliu, I. R., & Soladoye, O. (2021). Household levels of deprivation to WaSH and residential conditions in slum settlements of Lagos, Nigeria. *Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development*, 11(1), 60–74. <https://doi.org/10.2166/washdev.2020.157>
- Amala, Z., Setiyawan, A. S., Sarli, P. W., Soewondo, P., & Awfa, D. (2023). Water and sanitation service: A priority to improve quality of slum areas in Pontianak City based on stakeholders' preferences. *International Journal of GEOMATE*, 24(102), 85–92. <https://doi.org/10.21660/2023.102.s8547>
- Apanowicz, E., & Kwiatkowska, B. (2024). Integrated geospatial and geostatistical multi-criteria evaluation of urban groundwater quality using water quality indices. *Water*, 16(17), 2549. <https://doi.org/10.3390/w16172549>
- Arruda, A. E., & Heller, L. (2022). Acesso à água e esgotos em ocupação urbana na Região Metropolitana de Belo Horizonte: Efeitos na saúde, qualidade de vida e relações de gênero. *Physis: Revista de Saúde Coletiva*, 32(2), e320204. <https://doi.org/10.1590/S0103-73312022320204>
- Bermejo-Martín, G., Rodríguez-Monroy, C. & Núñez-Guerrero, Y.M. (2021). Water Consumption Range Prediction in Huelva's Households Using Classification and Regression Trees. *Water* 2021, 13, 506. <https://doi.org/10.3390/w13040506>
- Breiman, L., Friedman, J. H., Olshen, R. A. & Stone, C. J. (1984). Classification and regression trees. Wadsworth & Brooks/Cole Advanced Books & Software. ISBN 978-0-412-04841-8.
- Brinks, D. M., Singh, A., & Wilson, B. M. (2022). The decentered construction of global rights: Lessons from the human rights to water and sanitation. *Water*, 14(11), 1795. <https://doi.org/10.3390/w14111795>
- Celeste, N. E. (2023). Linking poverty with water and sanitation in targeting households for achieving sustainable development. *Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development*, 13(2), 140-149. <https://doi.org/10.2166/washdev.2023.199>
- Chacón Jiménez, L. M., & Mora González, A. L. (2023). Problemas asociados a la gestión social del agua en seis comunidades indígenas costarricenses (2019-2020). *Población y Salud en Mesoamérica*, 20(2), 77–109. <https://doi.org/10.15517/psm.v20i2.51020>
- Cruz, N., & Mierzwa, J. C. (2020). Saúde pública e inovações tecnológicas para abastecimento público. *Saúde e Sociedade*, 29(1), e180824. <https://doi.org/10.1590/S0104-12902020180824>
- Defi, L. P., Kusumayanti, I., Fatimah, W. M., Sarli, P. W., & Soewondo, P. (2022). The rise of rainbow village: Optimizing aesthetical program to accelerate sanitation access. *International Journal of GEOMATE*, 22(90), 118–124. <https://doi.org/10.21660/2022.90.7569>
- Dewoolkar, P., Iossifova, D., Shelar, S., Browne, A. L., & Holm, E. (2024). Everyday practices of administrative ambiguation and the labour of de-ambiguation: Struggling for water infrastructure in Mumbai. *Urban Studies*, 62(9), 1939-1956. <https://doi.org/10.1177/00420980241283731>
- Everitt, B. S., Landau, S., Leese, M., & Stahl, D. (2011). Cluster analysis (5th ed.). Wiley.
- Field, A. (2018). Discovering statistics using IBM SPSS statistics (5th ed.). SAGE Publications.
- Gai, R.-L., Zhang, H., & Thanh, D. N. H. (2023). A big data cleaning method for drinking-water streaming data. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 66(12), e23220365. <https://doi.org/10.1590/1678-4324-2023220365>
- Genatios, C. (2010). Vargas: desastre, proyecto y realidad [Trabajo presentado ante la Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat]. https://acading.org.ve/wp-content/uploads/2023/02/TI_CARLOS_GENATIOS1.pdf

- Hassoun-Nedjar, N., Djebbar, Y. & Djemili, L. (2023). Application of the analytical hierarchy process for planning the rehabilitation of water distribution networks. *Arab Gulf Journal of Scientific Research*, Vol. 41 No. 4, pp. 518-538. <https://doi.org/10.1108/AGJSR-07-2022-0110>
- Handam, N. B., Santos, J. A. A., Moraes Neto, A. H. A. de, Alencar, M. F. L., Ignacio, C. F., & Sotero-Martins, A. (2020). Sanitary quality (bacteriological and physical-chemical) of drinking water in urban slums in Rio de Janeiro, RJ, Brazil. *Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development*, 10(3), 413–424. <https://doi.org/10.2166/washdev.2020.118>
- Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico - INGEMMET (2015). Evaluación geodinámica de los flujos de detritos del 23/03/2015 entre las quebradas Rayos de Sol y Quirio (Chosica) y Cashahuacra (Santa Eulalia) (Informe técnico N.º A 6680). <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/1310#files>
- Instituto Geofísico del Perú -IGP (2012). Zonificación sísmica – geotécnica del área urbana de Chosica. http://sigrid.cenepred.gob.pe/docs/PARA%20PUBLICAR/IGP/informe_chosica_2012f.pdf
- Instituto Nacional de Defensa Civil - INDECI (2018). Informe Técnico 19-2018-INDECI/10.1 Situación actual de la Quebrada Carosio, análisis de la efectividad de los trabajos que se vienen realizando, análisis del riesgo debido a la ocurrencia de lluvias y recomendaciones estructurales y no estructurales. <https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/4575>
- Isingoma, B. E., & Kwesiga, S. (2021). Microbiological analysis of domestic water sources in Banda slum of Kampala, Uganda. *Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development*, 11(4), 676–686. <https://doi.org/10.2166/washdev.2021.236>
- Instituto de Vivienda, Urbanismo y Desarrollo Sostenible - IVUDS (2025). Informe de Avance. Informe técnico no publicado.
- López, J. L. (2020). Aprendiendo del desastre de Vargas: Una visión crítica y constructiva sobre las medidas adoptadas para la mitigación del riesgo de aludes torrenciales [Trabajo de Incorporación como Individuo de Número]. Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat. https://acading.org.ve/wp-content/uploads/2023/02/TI_JOSE_LOPEZ.pdf
- Martínez-Rivas, R., & Santa María-Huertas, R. (2024). Gestión integral del agua: análisis y propuestas para acceder al agua segura y reducir la vulnerabilidad hídrica en un sector del distrito de Lurigancho, Chosica, Perú. *Paideia XXI*, 14(1), 9–59. <https://doi.org/10.31381/paideiaxxi.v14i1.6443>
- Mendenhall, W., Beaver, R., & Beaver, B. (2017). Estadística para administración y economía (12.ª ed.). Cengage Learning.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento – MVCS (2021). Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma OS.050. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2365676/21%20OS.050%20REDES%20DE%20DISTRIBUCION%20DE%20AGUA%20PARA%20CONSUMO%20HUMANO%20DS%20N%C2%B0%20010-2009.pdf?v=1636053054>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento – MVCS (2023). Observatorio Urbano Nacional. <https://oun.vivienda.gob.pe/>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento – MVCS (2024). Decreto Supremo N.º 010-2025-VIVIENDA Reglamento de la Ley N.º 32065, Ley que establece medidas para asegurar el Acceso Universal al Agua Potable. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/7491885/6374446-reglamento-ley-32065-ds-010-2024-vivienda.pdf?v=1736952595>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2018). Norma técnica de diseño: Opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural [Norma técnica]. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1743222/ANEXO%20RM%20192-2018-VIVIENDA%20B.pdf.pdf>
- Moore, D., McCabe, G., & Craig, B. (2017). Introduction to the practice of statistics (9th ed.). W. H. Freeman.
- Municipalidad Distrital de Lurigancho (2022). Plan de Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres del distrito de Lurigancho- Chosica, periodo 2022-2025. Gerencia de Seguridad Ciudadana – Sub-gerencia de Defensa Civil. http://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/storage/biblioteca/14006_plan-de-prevencion-y-reduccion-del-riesgo-del-desastres-del-distrito-de-lurigancho-chosica-periodo-2022-2025.pdf
- Municipalidad Distrital de Lurigancho, ANA, COFOPRI, CONIDA, INGEMMET, INEI, MVCS (2015) Informe de Evaluación de Riesgos por flujo de detritos en el área de influencia de las Quebradas Carosio y Libertad en el Distrito de Lurigancho - Chosica. <http://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/1610/descargar>

- Naz, I., Fan, H., Aslam, R. W., Tariq, A., Quddoos, A., Sajjad, A., Soufan, W., Almutairi, K. F., & Ali, F. (2024). Integrated Geospatial and Geostatistical Multi-Criteria Evaluation of Urban Groundwater Quality Using Water Quality Indices. *Water*, 16(17), 2549. <https://doi.org/10.3390/w16172549>
- Olajuyigbe, A. E., Rotowa, O. O., & Adewumi, I. J. (2012). Water vending in Nigeria: A case study of Festac Town, Lagos, Nigeria. *Mediterranean Journal of Social Sciences*, 3(1), 229–239. <https://doi.org/10.5901/mjss.2012.03.01.229>
- Organización de las Naciones Unidas - ONU (2015) Asamblea General, L. 70/1. Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. [Ggim.un.org](http://ggim.un.org). Recuperado el 24 de noviembre de 2025, de https://ggim.un.org/documents/A_Res_70_1_s.pdf
- Organización Panamericana de la Salud - OPS (2005). Guía para el diseño de tanques sépticos, tanques Imhoff y lagunas de estabilización (OPS/CEPIS/05.163). https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/OPS%202005.%20Gu%C3%ADA%20para%20el%20dise%C3%B1o%20de%20tanques%20s%C3%A9pticos.pdf
- Organización Panamericana de la Salud (2022). Directrices de la OMS sobre vivienda y salud. Washington D.C. (Estados Unidos de América) Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. <https://doi.org/10.37774/9789275325674>
- Osorio Gómez, J., & Orejuela Cabrera, J. (2008, September). El Proceso de Análisis Jerárquico (AHP) y la toma de decisiones multicriterio. Ejemplo de aplicación. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4745706.pdf>
- Pareja Dominguez, M.A., Pascual Figueroa, H.D., & Silva Dávila, M.R. (2022). Evaluation of the effectiveness of flexible debris flow barriers for control of huaycos using satellite images and GIS, in the Basin of rimac river, Perú. In *Lecture Notes in Civil Engineering*. Vol 192. (pp. 29–41). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-16-6140-2_4
- Paulini, C. C. R. (2023). Uma proposta de critérios ambientais, sociais e de governança (ESG) para o setor de saneamento [Tesis de maestría, Universidade de São Paulo]. Repositorio de Tesis y Disertaciones de la USP. <https://doi.org/10.11606/D.6.2023.tde-16112023-162832>
- Plantak, L., Đurin, B., Džeba, T., & Dadar, S. (2021). Optimización del volumen del depósito de agua en el sistema de suministro de agua urbano. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, (104), 178–188. <https://doi.org/10.17533/udea.redin.20210953>
- PNUD. INDECI. (2005) Mapa de peligros y plan de usos del suelo y medidas de mitigación ante desastres de la ciudad de Chosica. Informe Técnico Proyecto INDECI – PNUD PER/02/051. <https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/123/descargar>
- Rafaai, N., Lee, K. E., & Mohd Nasir, N. (2025). Mapping sewage treatment plants for wastewater reclamation and reuse in industrial parks of Peninsular Malaysia: A path towards water security. *Water Resources and Industry*, 33, 100284. <https://doi.org/10.1016/j.wri.2025.100284>
- Saaty, R.W. (1987). The analytic hierarchy process—what it is and how it is used. *Mathematical Modelling Volume 9, Issues 3–5, 1987*, 161-176. [https://doi.org/10.1016/0270-0255\(87\)90473-8](https://doi.org/10.1016/0270-0255(87)90473-8)
- Saaty, T. L. (1990). How to make a decision: The analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*. *European Journal of Operational Research*. Volume 48, Issue 1, 5 September 1990, Pages 9-26. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(90\)90057-I](https://doi.org/10.1016/0377-2217(90)90057-I)
- Sajjadian, M., Firozjaee, T. T., Golbabaee Kootenaee, F., & Firouzian Haji, S. (2025). Application of the Analytic Hierarchy Process for the Selection of Appropriate Target of Municipal Wastewater Reuse in Shiraz City. *Water Conservation Science and Engineering*, 10, Article 26. <https://doi.org/10.1007/s41101-025-00351-6>
- Santuyo Marca, R y Zambrano Orosco, C. (2019). Alternativas de mitigación para el flujo de detritos en la zona de descarga de la quebrada Quirio - Chosica - Perú - 2019. Universidad Ricardo Palma - URP. <https://hdl.handle.net/20.500.14138/2610>
- Santa María, R. & Martínez, R. (2024). Informe Final “Gestión local integral de la salud y ambiente como herramienta para la toma de decisiones en un gobierno local de Lima, Perú (Lurigancho – Chosica)”. <https://file.urp.edu.pe/file-urp-20250901-112438-181-39168b5c8c6dc4f6.pdf>
- Schweitzer, R., Grayson, C., & Lockwood, H. (2014). Mapping of Water, Sanitation and Hygiene Sustainability Tools. IRC International Water and Sanitation Centre. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4812.8725>
- Shah, S. A., Shah, S. H., & Khan, M. A. (2024). Drivers of municipal water security and vulnerability in Pakistan: A case study of Mardan, Khyber Pakhtunkhwa. *Groundwater for Sustainable Development*, 26, 101229. <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2024.101229>

- Silva Vega, D. (2023). Gestión de inundaciones por caudales máximos en la parte baja de la microcuenca Quirio. UNFV.Tesis.. <https://repositorio.unfv.edu.pe/handle/20.500.13084/7579>
- Singh, A. (2022). The right to water, law and municipal practice: Case studies from India. *Water*, 14(1), 73. <https://doi.org/10.3390/w14010073>
- Sinharoy, S. S., Pittluck, R., & Clasen, T. (2019). Review of drivers and barriers of water and sanitation policies for urban informal settlements in low-income and middle-income countries. *Utilities Policy*, 60, 100957. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2019.100957>
- Suárez-Inclán, A. M., Allende-Prieto, C., Roces-García, J., Rodríguez-Sánchez, J. P., Sañudo-Fontaneda, L. A., Rey-Mahía, C., & Álvarez-Rabanal, F. P. (2022). Development of a multicriteria scheme for the identification of strategic areas for SUDS implementation: A case study from Gijón, Spain. *Sustainability*, 14(5), 2877. <https://doi.org/10.3390/su14052877>
- Triola, M. F. (2020). *Elementary statistics* (13th ed.). Pearson.
- Unión Europea, Comisión Europea. (2013). *Infraestructura verde (IV): mejora del capital natural de Europa* (COM final No. 2013/249). Oficina de Publicaciones de la Unión Europea. eur-lex.europa.eu
- United States Environmental Protection Agency. - EPA (2000). *Onsite wastewater treatment systems manual* (EPA/625/R-00/008). U.S. EPA. https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-06/documents/2004_07_07_septics_septic_2002_osdm_all.pdf
- Wei, X., Wang, M., Wei, Q., & Ma, X. (2025). Piping Material Selection in Water Distribution Network Using an Improved Decision Support System. *Water*, 17(3), 342. <https://doi.org/10.3390/w17030342>.
- World Bank Group. (2002). *La experiencia del proyecto alimentación de agua para pueblos jóvenes (APPJ): Servicios de agua en zonas periurbanas de Lima Metropolitana* [Informe]. Water and Sanitation Program. <https://documents.worldbank.org/curated/en/339731468191367061/La-experiencia-del-proyecto-alimentacion-de-agua-para-pueblos-jovenes-APPJ-servicios-de-agua-en-zonas-periurbanas-de-Lima-Metropolitana>
- World Health Organization - WHO (2022). *Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first and second addenda*. Geneva. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240045064>
- World Health Organization & United Nations Children's Fund - UNICEF (2023). *Progress on household drinking water, sanitation and hygiene 2000-2022: Special focus on gender* (WHO/UNICEF Joint Monitoring Programme for Water Supply, Sanitation and Hygiene (JMP) Report). UNICEF. <https://data.unicef.org/resources/jmp-report-2023/>
- Zyoud, S. Shaheen, H. Samhan, S. Rabi, A. Al-Wadi, F. Fuchs-Hanusch, D. (2016). Utilizing analytic hierarchy process (AHP) for decision making in water loss management of intermittent water supply systems. *Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development* (2016) 6 (4), 534–546. <https://doi.org/10.2166/washdev.2016.123>

18.0. Anexos

18.1. Matriz de consistencia

La matriz de consistencia se incorporó dentro del informe, en el punto 11, “variables” (ver Tabla 7), para facilitar la comprensión de variables, indicadores y fuentes de información de cada etapa.

18.2. Etapa 1 Datos de la Encuesta IVUDS 2025

Los datos de la encuesta IVUDS 2025, utilizados como insumos para el software MINITAB ® para la construcción de tablas de contingencia y pruebas Chi cuadrado, se describen en la Tabla 19.

18.3. Etapa 2 Datos del análisis de AHP

Los datos utilizados como insumos para el software SUPERDECISIONS ® para la construcción del Proceso Analítico Jerárquico (AHP), se describen en la Tabla 20.

18.4. Etapa 3 Datos del análisis CART

Los datos utilizados como insumos para el software MINITAB ® para la construcción de árbol CART, se describen en la Tabla 21.

18.5. Etapa 4 Visualización de Resultados

La visualización de resultados se muestran en maqueta, en formato aparte.

18.6. Participantes en distintas etapas del proyecto

En distintos momentos del proyecto participaron varios bachilleres y estudiantes, quienes inicialmente no estaban incorporados al Acuerdo Universitario. La lista completa de participantes se enumera a continuación:

- Mag. Arq. Rosario Beatriz Santa María Huertas
- Bach. Ayma Natalia Chambi Flores
- Bach. Sharon Jhojana Zavala Vejarano
- Bach. Suzette Alessandra Paima Galindo
- Bach. Lucero del Carmen Sulca Fernández
- Bach. Ariadna Berenice López Riva
- Bach. Daniela Ingrid Quispe Quispe
- Est. Angel Robles Suaña
- Est. Manuela de los Ángeles Martínez Pujaico

Tabla 20. Etapa 2. Datos del análisis AHP.

AGUA POTABLE_ALTERNATIVAS							
INDICADORES TECNICOS		Gasto promedio diario de consumo		Continuidad del servicio		Calidad del servicio	
		Valor real	Valor estandarizado	Valor real	Valor estandarizado	Valor real	Valor estandarizado
	Situacion Actual	12.58	0.232	6.50	0.153	37%	0.156
	Sistema Convencional	23.59	0.435	24.00	0.565	100%	0.422
	Sistema Alternativo	18.09	0.333	12.00	0.282	100%	0.422
	Suma	54.26	1.00	42.50	1.00	2.37	1.00
		INVERT		INVERT		INVERT	



		Tarifa			Costo de inversión			Costo operacional		
		Valor real	Valor invertido	Valor estandarizado	Valor real	Valor invertido	Valor estandarizado	Valor real	Valor invertido	Valor estandarizado
INDICADORES ECONOMICOS	Situacion Actual	25.73	0.039	0.172	60.79	0.016	0.855	29.617	0.034	0.503
	Sistema Convencional	14.20	0.070	0.311	1,302.96	0.001	0.040	72.689	0.014	0.205
	Sistema Alternativo	8.53	0.117	0.518	493.59	0.002	0.105	51.153	0.020	0.291
	Suma	48.46	0.23	1.00	1,857.33	0.02	1.00	153.46	0.07	1.00
		Proporcion de suministro optimo alcanzado			Disposición a pagar			Impacto en salud pública		
		Valor real	Valor estandarizado		Valor real	Valor estandarizado		Valor real	Valor estandarizado	
INDICADORES SOCIALES	Situacion Actual	59%	0.252		30.89%	0.317		86.67%	0.302	
	Sistema Convencional	100%	0.430		16.22%	0.167		100.00%	0.349	
	Sistema Alternativo	74%	0.318		50.19%	0.516		100.00%	0.349	
	Suma	232.67%	1.00		97.30%	1.00		286.67%	1.00	



		<i>Capacidad de gestión local</i>		<i>Factibilidad legal y regulatoria</i>		<i>Respaldo de grupos de interés</i>	
		Valor real	Valor estandarizado	Valor real	Valor estandarizado	Valor real	Valor estandarizado
INDICADORES INSTITUCIONALES	<i>Situación Actual</i>	2	0.286	1	0.091	1	0.111
	<i>Sistema Convencional</i>	1	0.143	5	0.455	3	0.333
	<i>Sistema Alternativo</i>	4	0.571	5	0.455	5	0.556
	Suma	7	1.00	11	1.00	9	1.00



SANEAMIENTO_ALTERNATIVAS										
					INVERT					
		Porcentaje de viviendas conectas a red publica			Efectos ambientales negativos			Superficie de area verde regada con agua residual tratada		
		Valor real	Valor estandarizado		Valor real	Valor invertido	Valor estandarizado	Valor real	Valor estandarizado	
INDICADORES TECNICOS	Situacion Actual	0.94	0.32		434.8160	0.002	0.058	29,149.67	0.178	
	Sistema Convencional	1.00	0.34		61.1460	0.016	0.409	29,149.67	0.178	
	Sistema Alternativo	1.00	0.34		46.8786	0.021	0.533	105,857.49	0.645	
	Suma	2.94	1.00		542.84	0.04	1.00	164,156.83	1.00	
		INVERT			INVERT			INVERT		
		Tarifa			Costo de inversión			Costo operacional		
		Valor real	Valor invertido	Valor estandarizado	Valor real	Valor invertido	Valor estandarizado	Valor real	Valor invertido	Valor estandarizado



INDICADORES ECONOMICOS	Situacion Actual	1.55	0.644	0.573	219.76	0.005	0.674	7.837	0.128	0.744
	Sistema Convencional	4.54	0.220	0.196	947.84	0.001	0.156	47.392	0.021	0.123
	Sistema Alternativo	3.86	0.259	0.231	875.83	0.001	0.169	43.791	0.023	0.133
	Suma	9.95	1.12	1.00	2,043.43	0.01	1.00	99.02	0.17	1.00
		Vivendas beneficiadas		Disposición a pagar		Impacto en salud pública				
		Valor real	Valor estandarizado	Valor real	Valor estandarizado	Valor real	Valor estandarizado			
INDICADORES SOCIALES	Situacion Actual	0	- .000	30.88%	0.317	86.67%	0.302			
	Sistema Convencional	910	0.500	16.22%	0.167	100.00%	0.349			
	Sistema Alternativo	910	0.500	50.19%	0.516	100.00%	0.349			
	Suma	1,820	1.00	97.29%	1.00	286.67%	1.00			



		Capacidad de gestión local		Factibilidad legal y regulatoria		Respaldo de grupos de interés	
		Valor real	Valor estandarizado	Valor real	Valor estandarizado	Valor real	Valor estandarizado
INDICADORES INSTITUCIONALES	<i>Situacion Actual</i>	2	0.286	1	0.091	1	0.111
	<i>Sistema Convencional</i>	1	0.143	5	0.455	3	0.333
	<i>Sistema Alternativo</i>	4	0.571	5	0.455	5	0.556
	Suma	7	1.00	11	1.00	9	1.00

Tabla 21. Etapa 3. Datos del análisis CART.

SECTORES	Rivera	Manzanas	Población	Vivienda	Disp. Agua (1 a 3 hrs)%	Disp. Agua (4 a 7hrs)%	Disp. Agua (8 a 14hrs)%	Disp. Agua (15 a 23hrs)%	Disp. Agua (24hrs)%	Topografía	Zona según Clustering	Solución Agua Potable
SECTOR 1	D	42	1959	497	28.90%	22.10%	6.70%	1.40%	21.30%	2	I	SOL B
SECTOR 2	D	1	774	212	16.10%	47.70%	18.60%	2.00%	6.50%	2	III	SOL B
SECTOR 3	D	21	1829	453	50.70%	14.20%	5.50%	0.70%	21.20%	2	IV	SOL B
SECTOR 4	D	23	1531	366	7.60%	7.20%	5.20%	1.60%	71.10%	3	V	SOL C
SECTOR 5	D	4	398	113	37.50%	33.00%	8.90%	0.00%	3.60%	2	I	SOL B
SECTOR 6	D	4	262	60	63.30%	11.70%	10.00%	0.00%	13.30%	2	IV	SOL B
SECTOR 8	D	12	1287	275	55.30%	13.60%	1.80%	1.50%	20.90%	2	IV	SOL B
SECTOR 11	D	21	1258	288	29.40%	5.30%	1.40%	0.70%	59.90%	3	V	SOL C
SECTOR 12	D	3	244	55	58.50%	18.90%	1.90%	*	15.10%	3	IV	SOL C
SECTOR 13	D	4	594	124	17.70%	46.80%	18.50%	2.40%	9.70%	3	III	SOL C
SECTOR 14	D	3	14	5	40.00%	60.00%	*	*	*	3	III	SOL C
SECTOR 15	D	3	268	70	8.60%	60.00%	18.60%	1.40%	8.60%	3	III	SOL C
SECTOR 18	D	23	698	188	30.60%	47.00%	3.30%	*	16.90%	3	III	SOL C
SECTOR 19	B	8	479	133	9.10%	44.70%	13.60%	*	28.80%	1	III	SOL A
SECTOR 20	B	7	383	96	37.50%	14.60%	4.20%	2.10%	26.00%	1	I	SOL A
SECTOR 21	B	6	60	20	*	*	*	*	90.90%	1	V	SOL A
SECTOR 24	B	3	189	46	100.00%	*	*	*	*	1	IV	SOL A
SECTOR 25	I	10	860	168	88.70%	1.80%	0.60%	*	7.10%	1	IV	SOL D



SECTORES	Rivera	Manzanas	Población	Vivienda	Disp. Agua (1 a 3 hrs)%	Disp. Agua (4 a 7hrs)%	Disp. Agua (8 a 14hrs)%	Disp. Agua (15 a 23hrs)%	Disp. Agua (24hrs)%	Topografía	Zona según Clustering	Solución Agua Potable
SECTOR 26	I	1	120	30	86.70%	6.70%	*	*	*	1	IV	SOL D
SECTOR 27	I	25	928	211	87.10%	*	2.40%	*	2.40%	3	IV	SOL E
SECTOR 29	I	8	941	209	75.60%	8.10%	6.20%	*	2.90%	1	IV	SOL D
SECTOR 31	I	4	388	90	84.40%	5.60%	1.10%	*	2.20%	1	IV	SOL D
SECTOR 32	I	29	1001	220	21.50%	1.80%	*	*	0.90%	3	II	SOL E
SECTOR 33	I	33	1231	243	51.70%	8.50%	*	*	2.50%	3	IV	SOL E
SECTOR 35	I	4	822	177	62.70%	26.00%	1.10%	*	1.10%	1	IV	SOL D
SECTOR 38	B	8	685	156	33.10%	15.80%	2.20%	*	27.30%	1	I	SOL A
SECTOR 40	I	44	1368	294	34.30%	7.60%	1.70%	*	0.30%	3	IV	SOL E
SECTOR 43	I	4	832	214	46.70%	34.10%	8.40%	*	5.10%	1	III	SOL D
SECTOR 44	I	3	340	99	47.50%	44.40%	7.10%	*	1.00%	2	III	SOL D
SECTOR 45	I	5	452	109	50.50%	39.40%	4.60%	*	3.70%	2	III	SOL D
SECTOR 46	B	11	495	104	18.30%	34.60%	10.60%	*	14.40%	1	I	SOL A
SECTOR 48	I	39	1215	290	41.50%	11.80%	1.70%	0.30%	0.30%	3	IV	SOL E
SECTOR 50	B	29	1038	237	18.70%	27.30%	11.80%	0.50%	11.80%	2	I	SOL A
SECTOR 51	B	1	101	25	17.40%	4.30%	4.30%	*	21.70%	1	II	SOL A
SECTOR 53	D	6	859	208	11.40%	10.30%	*	*	9.80%	2	II	SOL B
SECTOR 54	D	34	2140	494	7.90%	2.50%	0.60%	2.50%	1.70%	2	II	SOL C
SECTOR 55	D	38	3430	750	12.30%	9.30%	0.30%	*	1.90%	2	II	SOL C



SECTORES	Rivera	Manzanas	Población	Vivienda	Disp. Agua (1 a 3 hrs)%	Disp. Agua (4 a 7hrs)%	Disp. Agua (8 a 14hrs)%	Disp. Agua (15 a 23hrs)%	Disp. Agua (24hrs)%	Topografía	Zona según Clustering	Solución Agua Potable
SECTOR 56	D	62	1879	466	8.20%	0.90%	1.60%	*	1.10%	3	II	SOL C
SECTOR 57	D	103	4680	1100	7.70%	0.90%	1.60%	*	2.50%	3	II	SOL C
SECTOR 62	D	14	1150	228	7.20%	*	0.40%	*	0.90%	3	II	SOL C
SECTOR 63	D	37	3353	761	6.10%	0.10%	*	0.40%	2.80%	3	II	SOL C
SECTOR 64	D	32	959	226	4.10%	0.50%	*	*	*	3	II	SOL C
SECTOR 65	D	38	1176	292	1.70%	*	0.40%	*	2.20%	3	II	SOL C
SECTOR 66	D	24	1508	313	4.70%	0.70%	0.30%	0.30%	1.70%	3	II	SOL C
SECTOR 67	B	1	128	23	30.40%	13.00%	*	*	17.40%	1	I	SOL A
SECTOR 69	B	11	1665	420	7.90%	9.40%	3.10%	1.00%	14.40%	1	II	SOL A

Fuente: IVUDS, 2025