

Methodological proposal for the analysis of water losses in the NERO project drinking water system

Propuesta metodológica para el análisis de pérdidas de agua en sistema de agua potable proyecto NERO

Autores:

Nivicela-Zhagui, Luis Gustavo
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA
Maestrante
Cuenca – Ecuador



luis_nivicela.89@est.ucacue.edu.ec



<https://orcid.org/0009-0006-9190-7194>

Avila-Calle, Marco Benigno
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA
Arquitecto, Magister en Diseño Arquitectónico
Docente Tutor de la Maestría en Construcciones
Cuenca – Ecuador



mavila@ucacue.edu.ec



<https://orcid.org/0000-0002-2134-1432>

Fechas de recepción: 19-SEP-2025 aceptación: 24-OCT-2025 publicación: 30-DIC-2025



<https://orcid.org/0000-0002-8695-5005>

<http://mqrinvestigiar.com/>

Resumen

El acceso al agua potable constituye un derecho fundamental para la vida humana; sin embargo, su distribución equitativa y de calidad continúa siendo un desafío, especialmente en zonas rurales y periurbanas. En estos contextos se consolidan sistemas comunitarios de agua, gestionados de manera voluntaria por los propios habitantes con el propósito de garantizar un acceso justo y sostenible al recurso. No obstante, dichos sistemas presentan limitaciones estructurales, financieras y organizativas que afectan su operatividad. Un caso representativo es el Proyecto NERO, implementado en la década de 1980 en Cuenca, Ecuador, que abastece actualmente a más de 40.000 personas en 54 comunidades de las parroquias Turi, Baños y El Valle. El incremento de la demanda, el deterioro de la infraestructura y la insuficiencia de recursos inciden directamente en la calidad y distribución del servicio, lo que evidencia la necesidad de un análisis integral que permita identificar las falencias del sistema y proponer soluciones orientadas a optimizar su funcionamiento. En este marco, el presente artículo desarrolla un análisis sustentado en cuatro componentes: la revisión bibliográfica que integra los conceptos esenciales para comprender el fenómeno; la definición de criterios analíticos que incorporan dimensiones sociales, técnicas e infraestructurales con el fin de abordar de manera integral el problema; la aplicación de técnicas de análisis sobre el caso del Proyecto NERO; y la integración y sistematización de resultados mediante un proceso de triangulación de datos. A partir de estos componentes se propone una metodología para el análisis de pérdidas de agua en sistemas comunitarios, tomando como referencia el caso específico del Proyecto NERO. La propuesta se formula desde un enfoque integral, coherente y aplicable, orientada a consolidarse como una herramienta técnica que contribuya al fortalecimiento de la gestión y la sostenibilidad de este tipo de sistemas.

Palabras clave: Sistemas comunitarios; Agua potable; Sostenibilidad hídrica; Gestión de recursos hídricos; Agua no contabilizada.

Abstract

Access to potable water constitutes a fundamental human right; however, its equitable distribution and quality remain a challenge, particularly in rural and peri-urban areas. In these contexts, community-managed water systems emerge as a voluntary initiative by residents to ensure fair and sustainable access to the resource. Nevertheless, these systems face structural, financial, and organizational limitations that affect their operation. A representative case is the NERO Project, implemented in the 1980s in Cuenca, Ecuador, which currently supplies over 40,000 people across 54 communities in the Turi, Baños, and El Valle parishes. Increasing demand, infrastructure deterioration, and resource insufficiency directly impact service quality and distribution, highlighting the need for an integrated analysis to identify system shortcomings and propose effective solutions. This article develops an analysis based on four components: a literature review integrating key concepts; the definition of analytical criteria addressing social, technical, and infrastructural dimensions; the application of analytical techniques to the NERO Project case; and the integration and systematization of results through data triangulation. From these components, a methodology for analyzing water losses in community water systems is proposed, offering a coherent and applicable framework intended to support the improvement of management and sustainability in such systems.

Keywords: Community water systems; Potable water; Water sustainability; Water resources Management; Non-revenue water.

Introducción

En los sistemas comunitarios de agua potable, especialmente en contextos rurales y periurbanos como el del proyecto NERO, se evidencian múltiples problemáticas estructurales y operativas que inciden directamente en la eficiencia del servicio, comprometiendo la sostenibilidad técnica y económica del sistema. Una de las causas más relevantes y comunes en estos sistemas es el agua no contabilizada, la cual está causada por la presencia de pérdidas físicas por fugas, conexiones clandestinas o deficiencias en la medición.

Ante la presencia de esto, el presente artículo tiene como principal objetivo, generar una propuesta metodológica que permita analizar las pérdidas de agua en sistemas de agua potable, tomando como ejemplo para el desarrollo de la misma el Proyecto NERO. La propuesta está fundamentada en la integración de herramientas técnicas y sociales, que permiten identificar los conflictos físicos, cuantificar las pérdidas y proponer medidas correctivas, que fortifiquen la gestión de este recurso hídrico en la comunidad.

Para fundamentar esta investigación se desarrolla el presente marco teórico, en donde se abordan los principales conceptos que serán el sustento teórico y la base sólida para el análisis posterior. En el cual se describen conceptos vinculados con la gestión de recursos hídricos, sistemas comunitarios de agua potable, pérdidas de agua en dichos sistemas, sostenibilidad hídrica y una revisión bibliográfica del desarrollo del proyecto NERO.

Gestión de recursos hídricos

Se entiende como gestión de recursos hídricos al conjunto de actividades políticas, procesos y herramientas, direccionadas a distribuir, planificar y cuidar el agua de manera sostenible, asegurado su disponibilidad para las generaciones futuras (Global Water Partnership [GWP], 2000). La organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), 2021, aseguran que este concepto no solo hace referencia a la administración como tal de recurso, si no que abarca factores ambientales, económicos, institucionales y sociales que influyen en su uso y conservación.

Este concepto, a lo largo del tiempo, ha ido evolucionando, siendo considerado en la actualidad como la gestión integrada de los recursos hídricos, pretendiendo que el tema se aborde la gestión coordinada del agua, la tierra y todos aquellos recursos relacionados con el bienestar económico y social, sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas (GWP, 2000). Este enfoque reconoce la interdependencia entre los distintos usos del agua — doméstico, agrícola, industrial, recreativo y ambiental— y la necesidad de gobernanzas que articulen a los diversos actores involucrados.

En el Ecuador, la gestión de recursos hídricos está relacionada directamente con los sistemas comunitarios de agua potable, mismo que abastecen a millones de personas y que se caracterizan por la intervención de la población en el manejo, administración y mantenimiento del servicio (Torres y Gentes, 2021). Estos sistemas representan un modelo de gobernanza local que, pese a su relevancia, enfrenta importantes desafíos relacionados con la sostenibilidad financiera, la gestión técnica y la protección de las fuentes hídricas. Aproximadamente el 35% de los sistemas comunitarios de agua potable presentan diversos conflictos que comprometen la calidad de agua, originados principalmente por la deficiencia en el tratamiento y por la degradación de las cuencas hidrográficas que las abastecen (Secretaría Nacional del Agua [SENAGUA], 2020).

García y Paredes (2019) mencionan que la gestión eficaz y óptima para el funcionamiento acertado de estos sistemas comunitarios requiere la integración de enfoques técnicos, sociales y ambientales, lo que implica la implementación de tecnología apropiada para incorporar mecanismos transparentes de administración y promover la educación hídrica comunitaria como parte de una estrategia que permita fortalecer el uso responsable y adecuado del recurso. Asimismo, la adaptabilidad a cambios climáticos exige acciones orientadas a la protección de ecosistemas y a la diversificación de las fuentes naturales de agua, asegurando la sostenibilidad del recurso (UNESCO, 2022).

En este escenario, se puede asegurar que la gestión comunitaria del agua potable, no solo se refiere a la provisión del servicio, sino que se convierte en un ejercicio de autogestión

territorial que debe estar orientado a garantizar agua limpia y saneamiento para todos los habitantes (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2025).

Sistemas comunitarios de agua potable

El agua es un recurso indispensable para la supervivencia del ser humano, siendo esencial su uso tanto para la su salud como para el desempeño de las diversas actividades del mismo. No obstante, y pese a su importancia vital, este puede llegar a ser el vector de diversas enfermedades, si su gestión no se la realiza de manera adecuada. Sin embargo, la contaminación no es su único desafío. El acceso equitativo al agua potable también se ha visto afectado por múltiples factores sociales, económicos, geográficos e institucionales. A pesar de que el acceso al agua es reconocido como un derecho humano fundamental por organismos internacionales, millones de personas en todo el mundo, particularmente en zonas rurales, continúan enfrentando barreras significativas que limitan su acceso regular y seguro a este recurso esencial (Organización de las Naciones Unidas, 2015).

En América Latina, la gestión del recurso hídrico ha presentado una marcada diferencia entre las zonas urbanas y rurales. Según Artero (2016), mientras que en las ciudades el abastecimiento de agua ha sido administrado mayoritariamente por empresas públicas o privadas, en los sectores rurales la responsabilidad del tratamiento, distribución y gestión del recurso ha recaído en organizaciones comunitarias. Estas entidades, conformadas por los propios habitantes de la comunidad, han asumido la administración del servicio frente a la limitada o nula presencia del Estado en sus territorios.

Durante décadas, la ruralidad latinoamericana se ha visto obligada a impulsar su propio desarrollo mediante estrategias autónomas, dado que las políticas públicas han priorizado históricamente la expansión de la infraestructura urbana. En respuesta a esta exclusión estructural, muchas comunidades rurales han optado por organizarse colectivamente a través de la creación de sistemas comunitarios de agua potable, cuyo propósito es garantizar el acceso al recurso hídrico de forma más eficiente, equitativa y digna. Estos modelos de gestión se basan en principios de participación, corresponsabilidad y control social, y

han demostrado ser una alternativa viable para cubrir las necesidades básicas de sectores históricamente marginados (Salinas & Minda, 2021).

El servicio que brindan estas organizaciones depende del número de familias a las que se pretende solventar esta necesidad, oscila entre 500 a 2000 familias, sin embargo, podrían alcanzar un número superior de usuarios, dependiendo de las necesidades. Su atención se mantiene en brindar un servicio de agua potable, que contempla, el tratamiento y la distribución equitativa, aunque, existen organizaciones que, además, brindan servicios de saneamiento de agua residuales, gestión de residuos sólidos, entre otros. Para lograr conseguir todos los servicios que pretenden abarcar, y en consecuencia de sus realidades, en ocasiones buscan gestionar apoyos en entidades gubernamentales y cooperaciones internacionales, sobre todo enfocado en la necesidad de la ejecución de obras de infraestructuras, puesto a que estas son las que involucran una inversión importante, en otros casos es el gobierno local, es quien apoya con dichas obras, llegando a un consenso donde la comunidad contribuye con mano de obra, y en algunos casos hasta con aportes efectivos (AVINA, 2011).

En el Ecuador, estos sistemas desempeñan un papel crucial, especialmente en zonas rurales y periurbanas, son conocidas como Juntas Administradoras de Agua Potable y Saneamiento (JAAPS); se estima que más del 30% de la población ecuatoriana se abastece de agua a través de estos sistemas, un estudio realizado en el 2023 estimo que existen cerca de 6000 juntas en el país, los cuales operan en paralelo al sistema público gestionado por empresas municipales o estatales.

Por otro lado, es importante mencionar que estos, se destacan por su gestión participativa y solidaria, pese a que enfrentan desafíos, en cuanto al financiamiento, capacitación técnica y regulación legal, más sin embargo, han demostrado ser sostenibles, sobre todo aquellos que, gracias a su gestión, cuentan con apoyo adecuado. No obstante, existen también, JAAPS, que se enfrentan a desafíos relevantes, según algunos estudios aproximadamente el 38% de estos colapsan, 20% presentan un deterioro significativo, mientras que solo el 13% logran mantenerse en estado óptimo para su funcionamiento.

Boelens et al. (2015) asevera que los sistemas comunitarios de agua potable, siempre que se organizan de manera acertada, han demostrado ser una solución viable, sostenible y pertinente. Su eficacia se base en cuatro pilares fundamentales, la participación, la transparencia, la sostenibilidad y el control técnico, estos permiten que las comunidades gestionen le recurso hídrico de una manera autónoma y responsable (Acosta et al., 2018). Según Salinas y Minda (2021) para que exista una gobernanza participativa, equitativa, segura, legítima y responsable, las organizaciones deben mantener una estructura clara, es decir, una asamblea general de usuarios, una directiva electa democráticamente y reglamentos internos que establezcan deberes, derechos, tarifas y sanciones.

El manejo de recurso hídrico, mediante JAAPS, posee ventajas y desventajas, entre la primera se puede mencionar, adaptabilidad local, participación activa, costos reducidos, capacidad urgente de repuesta, y como desventajas, una capacidad técnica limitada, conflictos internos, recursos limitados, dependencia de trabajos voluntarios (Boelens et al., 2015; Crespo et al., 2017; Acosta et al., 2018).

Pérdidas en sistemas comunitarios de agua potable

Las pérdidas de agua o también conocidas como agua no contabilizada, son uno de los principales desafíos a los que se enfrentan los sistemas comunitarios de agua potable, su presencia compromete directamente la viabilidad técnica, económica y organizacional, amenaza además la equidad del acceso al recurso y la sostenibilidad a largo plazo (INEC, 2022; Salinas & Minda, 2021).

La presencia de éstas se atribuye principalmente a fugas, errores de medición, conexiones ilícitas y robo de agua (Torres, 2021). Se clasifican en dos categorías, las perdidas reales, hacen referencia a las físicas, entre las cuales están las fugas en redes de distribución, conexiones defectuosas y reboses de tanques, y las perdidas aparentes las cuales se refieren a las comerciales, entre estas, se pueden mencionar a los errores de medición, a la

manipulación de medidores, las conexiones clandestinas y las omisiones en facturaciones (ARCA, 2025; ETAPA EP, s.f.).

Estos conflictos generan desequilibrios en la distribución y el abastecimiento de los sistemas comunitarios de agua potable, ya que, al no identificarse con precisión su origen, suelen producirse cortes en el servicio y disminución en la presión del agua, afectando directamente a los usuarios. Asimismo, estas fallas inciden negativamente en la planificación financiera del sistema, provocando aumentos en las tarifas que pueden generar tensiones y desacuerdos entre los usuarios y las autoridades encargadas de la gestión. Este tipo de conflicto puede adquirir un carácter múltiple y acumulativo: la reducción en la distribución del recurso implica una disminución en los ingresos por facturación, lo cual limita la capacidad operativa, el mantenimiento regular y las inversiones necesarias para la mejora del sistema. Como consecuencia, la infraestructura se ve comprometida, incrementando el riesgo de colapso y de contaminación del agua (Carrera, Villacrés y Armijo, 2019).

Para atender estos desafíos, deben entenderse, desde una perspectiva integral, las soluciones técnicas, como la instalación de medidores o la detección de fugas, no son suficientes, es necesario fortalecer la organización comunitaria, implementar sistemas de monitoreo participativo, promover en la comunidad el uso eficiente del agua, entre otros, (Salinas & Minda, 2021).

En Ecuador el índice de agua no contabilizada, desde ahora ANC, llega a una 65% aproximadamente, representando así pérdidas económicas anuales valoradas en aproximadamente 320 millos de dólares (Torres, 2021). Esto refleja la gravedad del conflicto de ineficiencia en la gestión de este recurso. Zevallos (2025) menciona que este conflicto no solo está presente en sistemas rurales o periurbanos, sino que está presente en el ámbito urbano también, afectando de manera igual de relevante a usuarios públicos como privados.

El conflicto del ANC, abarca pérdidas físicas, derivadas de fugas roturas, conexiones no adecuadas, y perdidas comerciales, que están vinculadas con errores de medición, conexiones clandestinas o un excesivo consumo (International Water Association [IWA], 2000). La

presencia de niveles de agua no contabilizada, tan elevados, como los que se presentan en el Ecuador, comprometen significativamente la sostenibilidad económica de los sistemas de agua potable, sobre todo en sistemas comunitarios, en donde su viabilidad depende exclusivamente de sus ingresos mensuales (ARCA, 2025).

Adicionalmente, la presencia de altos niveles de ANC dificulta la planificación operativa, genera desbalances hidráulicos y afecta la equidad en la distribución del recurso. Esto puede traducirse en cortes frecuentes, baja presión, e incluso desabastecimiento en ciertos sectores, lo que incrementa el malestar social y la desconfianza hacia las entidades gestoras. Por ello, reducir el ANC es un objetivo prioritario para mejorar la eficiencia operativa y garantizar el acceso equitativo al agua potable como un derecho humano fundamental (ONU, 2015).

Su concepto técnico se define como la diferencia que existe entre el volumen de agua que entra en el sistema de distribución y el volumen que finalmente es facturado a los usuarios, su fórmula para calcular el porcentaje de pérdida es:

$$ANC = (V_p - V_f) * 100$$

Donde:

ANC = Agua no contabilizada

V_p = Volumen producido

V_f = Volumen facturado

La Agencia de Regulación y Control del Agua, desde ahora ARCA, menciona que los niveles aceptados de agua no contabilizada en sistemas gestionado de manera óptima, no deben superar el 25% (ARCA, 2025). Superar este valor, implica un conflicto relevante y urgente de solucionar, puesto a que compromete diversos factores que perjudicaran, no solo la calidad, abastecimiento y distribución del recurso, sino que además podría ser causante de afecciones en la salud de los usuarios a los que se presta este servicio.

El agua no contabilizada representa uno de los mayores desafíos para la sostenibilidad de los sistemas comunitarios de agua potable, la atención al ANC debe ser prioritaria en cualquier política pública de agua rural, y requiere soluciones adaptadas a cada contexto local. Abordar este problema de manera integral contribuirá a fortalecer el derecho al agua como bien común y a consolidar la gestión comunitaria como modelo viable y sostenible.

Sostenibilidad Hídrica

La sostenibilidad hídrica se refiere a la capacidad de un sistema para asegurar el acceso equitativo y continuo al agua de calidad, sin comprometer la disponibilidad del recurso para generaciones futuras, esta implica la gestión integral del recurso hídrico, considerando aspectos ecológicos, sociales, económicos y culturales (Gleick, 2000).

En América Latina y, particularmente, en países como Ecuador, la sostenibilidad hídrica es un elemento crítico para las poblaciones rurales que dependen de sistemas comunitarios de agua potable como principal vía de abastecimiento (Acosta et al., 2018). Factores como los recursos limitados, la falta de asistencia técnica y la ausencia de planificación al largo plazo, comprometen la sostenibilidad, en el funcionamiento de los sistemas comunitarios (Salinas y Minda, 2021).

Lograr una sostenibilidad hídrica en los sistemas comunitarios hídricos, no solo garantiza un acceso físico a este recurso, sino también, asegura un gobernanza participativa, equitativa y justa, así mismo promete la protección de fuentes de abastecimientos, el mantenimiento adecuado de la infraestructura, la corresponsabilidad entre usuarios, entidades locales y el Estado, así como también, la capacidad de responder y gestionar necesidades presentes y futuras (Torres & Carrera, 2020).

La sostenibilidad hídrica es un eje transversal para garantizar la operatividad, equidad y legitimidad de los sistemas comunitarios de agua potable. Su ausencia no solo compromete el acceso al recurso, sino que agudiza conflictos sociales, debilita el tejido organizativo y pone en riesgo la salud y el bienestar de las comunidades. Es indispensable, para fortalecer y

asegurar el correcto uso y la continuidad de estos sistemas, el desarrollo de política pública, la educación ambiental, el apoyo técnico y la protección de las fuentes hídricas.

Metodología de análisis

En los estudios de casos aplicados a sistemas de agua potable, las investigaciones mantienen su enfoque en el estudio técnico de la infraestructura, con objeto de identificar conflictos y obtener resultados cuantitativos, que permitan visibilizar los daños existentes en las redes, en sus instalaciones o equipos. Enfocándose en este tipo de estudios con el tiempo se ha visto la necesidad de incorporar sistemas de monitorio como caudalímetros o medidores de presión que generan datos precisos, sobre las pérdidas de agua y las irregularidades que presenta la red (Salvendy, 2012; Trist, 1981; Neely, Gregory, & Platts, 2005). Del mismo modo, las investigaciones relacionas en metodologías de estudios de casos sobre sistemas comunitarios de agua potable, resaltan que el estudio sobre ANC, constituye un factor fundamental para la comprensión de la eficiencia operativa del sistema a valorar (Yin, 2015; Denzin & Lincoln, 2018).

Sin embargo, según la bibliografía con referencia a sistemas comunitarios de agua potable, señalan la importancia de los usuarios, mencionado que su rol es indispensable, puesto a que son ellos quienes gestiona, operan y toman decisiones relevantes con respecto al servicios. Siendo imprescindible su percepción, puesto a que esta permitirá obtener datos cualitativos sobre la equidad, la accesibilidad, y el verdadero desempeño en la distribución del recurso, permitiendo reflejar datos que no siempre se pueden evidenciar en los registros técnicos (Patton, 2015; Stake, 1995; Creswell & Poth, 2018).

Sanders & Stappers (2014), sostienen que, la participación ciudadana, fortalece la validez de los diagnósticos cuantitativos y que además contribuye a proponer soluciones que estén acorde a la realidad existente. Por lo tanto, tanto los estudios en los sistemas operativos, la evaluación de datos y la percepción de los usuarios son necesarios para abordar un análisis integral sobre el funcionamiento real de los sistemas comunitarios de agua potable.

Es importante mencionar que, dentro de la literatura expuesta para un análisis acertado en sistemas de agua potable, se enfatiza la triangulación de datos como estrategia para incrementar la confiabilidad de los resultados (Yin, 2015; Denzin & Lincoln, 2018).

Proyecto NERO

El proyecto NERO, se encuentra ubicado en la ciudad de Cuenca, Ecuador, se originó la década del año 1980, con el objetivo de garantizar la accesibilidad al agua segura a las comunidades aledañas, a la construcción de la infraestructura, se llevó a cabo, mediante mingas comunitarias (Torres, 2021).

En sus inicios, el sistema abastecía de su servicio a aproximadamente 3000 habitantes, sin embargo, con el paso de los años, y ante el crecimiento territorial y demográfico del sector, su cobertura ha ido incrementado de manera significativa, llegando a cubrir, en el año 2008, del servicio a 46 comunidades, beneficiando cerca de 6000 familias.

En el año 2016, el proyecto marca un indicio relevante para el desarrollo del proyecto, puesto a que la comunidad formalizó su personería jurídica, siendo reconocida oficialmente por la Secretaria Nacional del Agua (SENAGUA). Lo que provocó que la consolidó la estructura organizativa, llegando a más de 6700 socios registrados, generando un fortalecimiento importante en su capacidad de gestión y sostenibilidad.

En la actualidad, el proyecto, cuenta con técnicos y operadores de la fundación AVSI, que, en colaboración con la Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable y Alcantarillado (ETAPA EP). Ha logrado extender significativamente, abasteciendo a 40 000 usuarios distribuidos en las parroquias de Baños, Turi y E valle (Fundación AVSI, 2020; ETAPA EP, 2022).

Material y métodos

Métodos

El presente estudio, tiene como objetivo principal plantear una metodología para el análisis de agua no contabilizada en sistemas comunitarios de agua potable.

Este proceso metodológico se articula de la siguiente manera:

1) Revisión documental y conceptual

La revisión documental y conceptual, tiene como objeto, garantizar la obtención de información sobre la gestión de sistemas de agua potable y su principal conflicto, el agua no contabilizada. Este punto se desarrolló en dos etapas que se complementa entre sí, en la primera etapa, se realiza un análisis exhaustivo de literatura académica, normativa técnica nacional e internacional y reportes institucionales, enfocados en el control de agua no contabilizada, sostenibilidad hídrica, entre otros. Esto con objeto de consolidar un marco conceptual sólido que permita comprender los principios, el funcionamiento adecuado, la forma de manejo del sistema, retos y prácticas.

La segunda etapa, de esta literatura, se enfoca en el estudio de las metodologías de análisis aplicables a sistemas comunitarios de agua potable, para esto se prioriza la revisión de estudios de caso similares, artículos técnicos, con el objeto de identificar enfoques metodológicos, aplicados previamente en diversos casos, que pudieran ser adaptados a la realidad del proyecto NERO y que además permitan un análisis integral del sistema.

Esta parte de la metodología nos permite, estructurar elementos conceptuales y técnicos que sustentan la propuesta metodológica, lo que ayuda a sustentar la aplicación de esta propuesta.

2) Definición de criterios analíticos

Esta fase tiene como objeto establecer los parámetros que serán la guía para la ejecución de la propuesta metodológica. En base a la revisión bibliográfica realizada en la etapa 1 se identificaron aspectos claves que permiten abordar el análisis de manera integral, considerando criterios técnicos, sociales y de gestión. Por otro lado, con esta fase se pretende asegurar que el estudio contemple el análisis de las necesidades de los usuarios, el funcionamiento de la infraestructura y los datos disponibles.

Para esto se establece tres criterios analíticos:

- **Percepción de usuarios:**

Se trata de la experiencia y las necesidades de quienes están relacionados con el sistema directamente, permite conocer e incorporar en el campo de estudio la situación real a la que se enfrentan los usuarios, como la equidad en la distribución, la aceptación de la gestión del recurso y los problemas cotidianos de la operatividad del sistema.

- **Desempeño operativo mediante análisis de dispositivos técnicos**

Permite evaluar la infraestructura, mediante el uso de dispositivos, como el caudalímetro, proporcionando información cuantitativa de datos con los cuales se puede identificar la cantidad de agua exacta que se distribuye, la presencia de fugas o conexiones clandestinas, facilita la localización de pérdidas de agua, de anomalías de presión o caudal, su uso nos genera datos en tiempo real, lo que permite dar un soporte técnico óptimo.

- **Evaluación de datos:**

Hace referencia a la recopilación, organización y análisis de la información que proviene de datos generados específicamente del cálculo de agua no contabilizada, la cual se calcula a razón del agua distribuida total, y el agua que se factura en la planilla de los usuarios. Con esto lo que se pretende comprobar que los datos obtenidos en el estudio de los otros dos

criterios y de esta manera generar una solución integral, que permita subsanar de manera óptima los conflictos que se presentan.

3) Aplicación de criterios analíticos

Para la aplicación de los criterios analíticos detallados en el punto anterior, se utiliza como proyecto de estudio, el Proyecto NERO, con objeto de comprobar la validez de la incorporación de cada uno de estos, en un sistema comunitarios real. Con respecto a la percepción de los usuarios, se realiza una encuesta que permite visibilizar la realidad, basada en la experiencia de los usuarios, esto permite conocer las falencias existentes bajo su percepción, y las necesidades prioritarias.

Con relación al desempeño operativo mediante el uso de dispositivos técnicos, se coloca un caudalímetro en tres puntos estratégicos, el análisis de datos generados a través de estos dispositivos ayuda a comprender cual es la operatividad del sistema en tiempo real, permite además la detección oportuna de pérdidas de agua.

Finalmente, para la evaluación de datos, se realiza mediciones reales, calculando el agua no contabilizada, mediante un análisis comparativo entre volumen producido y el flujo facturado permitiendo cuantificar las pérdidas y determinas las áreas críticas del sistema.

4) Integración y sistematización de resultados

Los hallazgos derivados de las tres técnicas se analizan de forma conjunta mediante triangulación de información, esta estrategia metodológica garantiza la validez y confiabilidad de los resultados obtenidos, consiste en integrar y contrastar la información derivada de tres fuentes de análisis, permite relacionar variables sociales, operativas y estructurales en un marco integrado, asegurando que la propuesta metodológica formulada no se base en un único indicador parcial, sino en la convergencia de diferentes perspectivas. Este procedimiento fortalece la validez interna de los hallazgos y otorga mayor fiabilidad a la propuesta final.

Resultados

1) Sobre la revisión documental y conceptual

La revisión bibliográfica permite establecer un marco de comprensión integral sobre la gestión de los sistemas comunitarios de agua potable y sus principales problemáticas. Los hallazgos señalan que el conflicto más recurrente está asociado al volumen de agua no contabilizada, considerado en la literatura especializada como el indicador más preciso y estandarizado para evaluar el desempeño de los sistemas de distribución. Este parámetro no solo refleja ineficiencias técnicas vinculadas a fugas, conexiones clandestinas o errores de medición, sino que también evidencia deficiencias en la gestión operativa y administrativa de los sistemas comunitarios.

Figura 1.

Sobre la percepción de usuarios.

Autor/a	Año	Obra / Fuente	Aporte principal	Relevancia para el análisis de casos
Yin, R. K.	2018	Case Study Research and Applications: Design and Methods	Propone que el uso de múltiples fuentes de evidencia, incluyendo percepciones de usuarios, fortalece la validez del estudio de caso.	Permite una triangulación metodológica que incrementa la solidez del análisis.
Patton, M. Q.	2015	Qualitative Research & Evaluation Methods	Defiende el valor de las percepciones subjetivas como formas legítimas de conocimiento en evaluaciones cualitativas.	Las percepciones aportan comprensión contextual profunda sobre fenómenos sociales.
Stake, R. E.	2005	The Art of Case Study Research	Enfatiza la importancia de considerar las experiencias y perspectivas de los participantes en los estudios de caso.	Permite interpretar el fenómeno desde la visión de quienes lo viven, enriqueciendo el análisis cualitativo.
Lincoln, Y. S. & Guba, E. G.	1985	Naturalistic Inquiry	Introducen el criterio de “credibilidad” en investigación cualitativa, apoyándose en la experiencia y percepción de los informantes clave.	La percepción de los usuarios refuerza la credibilidad del análisis en contextos naturales.
Sanders, E. B. N. & Stappers, P. J.	2008	Co-creation and the new landscapes of design	Promueven la co-creación y participación activa de los usuarios como generadores de conocimiento en procesos de diseño e investigación.	Las percepciones son esenciales para diseñar soluciones pertinentes, sostenibles y centradas en el usuario.

Figura 2

El desempeño operativo mediante análisis de dispositivos técnicos.

Autor/a	Año	Obra / Fuente	Aporte principal	Relevancia para el análisis de casos
Yin, R. K.	2018	Case Study Research and Applications: Design and Methods	Establece que los estudios de caso son adecuados para explorar sistemas complejos y tecnologías en su contexto natural.	Permite observar y analizar cómo funcionan los dispositivos técnicos en condiciones reales, considerando tanto su desempeño como su impacto operativo.
Salvendy, G.	2012	Handbook of Human Factors and Ergonomics	Vincula el rendimiento de los dispositivos técnicos con la interacción humano-máquina y la optimización operativa.	El análisis de dispositivos permite identificar limitaciones o mejoras necesarias en contextos específicos del caso estudiado.
Neely, A., Gregory, M., & Platts, K.	1995	Performance Measurement System Design	Argumentan que los sistemas de medición deben incluir variables técnicas para entender el rendimiento en escenarios operativos reales.	Justifican la incorporación de análisis técnico como parte clave de estudios de caso orientados al desempeño.
Baxter, G., & Sommerville, I.	2011	Socio-technical systems: From design methods to systems engineering	Analizan cómo los sistemas técnicos deben estudiarse junto con sus contextos sociales y operativos.	El análisis de dispositivos técnicos dentro de un estudio de caso permite comprender su rol dentro del sistema socio-técnico total.

Figura 3

Evaluación de datos.

Autor/a	Año	Obra / Fuente	Aporte principal	Relevancia para el análisis de casos
Yin, R. K.	2018	Case Study Research and Applications: Design and Methods	Señala que los estudios de caso deben basarse en evidencias múltiples y verificables, entre ellas datos cuantitativos concretos.	El análisis de datos reales fortalece la validez interna y permite contrastar percepciones con hechos medibles.
Flyvbjerg, B.	2011	Case Study (en The Sage Handbook of Qualitative Research)	Destaca que los estudios de caso robustos integran datos empíricos sólidos para evitar subjetividad excesiva.	Los datos reales permiten anclar el análisis en la realidad fáctica del caso, mejorando la precisión de los hallazgos.
Patton, M. Q.	2015	Qualitative Research & Evaluation Methods	Aboga por la triangulación de datos cuantitativos y cualitativos para una comprensión integral del fenómeno.	El uso de datos operativos (como volúmenes de agua) permite validar o cuestionar los discursos de usuarios o técnicos.
Thomas, G.	2011	How to Do Your Case Study	Propone que un estudio de caso bien diseñado debe usar datos reales como parte del diseño metodológico.	El análisis de datos operativos ayuda a construir explicaciones causales dentro del caso.
Miles, M. B., Huberman, A. M., & Saldaña, J.	2014	Qualitative Data Analysis	Enfatizan que los datos numéricos en estudios de caso permiten detectar patrones, inconsistencias y relaciones críticas.	Los datos verificables permiten realizar análisis comparativos y sustentar decisiones dentro del estudio de caso.

2) Sobre definición de criterios analíticos

El análisis de los tres ejes establecidos —percepción de los usuarios, desempeño operativo mediante análisis de dispositivos técnicos y evaluación datos— construye una visión integral del problema de las pérdidas de agua, en la que convergen factores sociales, operativos y estructurales. Cada dimensión aporta información diferenciada y complementaria, cuya integración fortalece la validez de los resultados y proporciona sustento técnico a la propuesta metodológica.

La información obtenida de los usuarios constituye una fuente primaria que revela la dinámica social y de consumo, lo que permite identificar fenómenos que los registros operativos por sí solos no evidencian. Datos como la continuidad del servicio, las presiones insuficientes, entre otros, se detectan de manera más precisa mediante las encuestas, puesto a que son los usuarios quienes interactúan de manera cotidiana con el sistema. Así mismo la percepción de los ciudadanos, permite anticipar fallas recurrentes y complementa los diagnósticos técnicos, lo que permite incrementar la precisión y optimización de las soluciones.

Por otro lado, el análisis del agua no contabilizada está avalado por la Internacional Water Association (IWA), puesto a que se constituye como una referente estándar internacional que evalúa la eficiencia de los sistemas de distribución. Este factor permite el estudio integral tanto de pérdidas físicas como comerciales, convirtiéndole en un referente objetivo y comparable, los registros de producción y facturación, permite generar datos cuantitativos sobre el desempeño operativo, el uso de este indicador prioriza sectores críticos y orienta a la generación de planes de reducción de pérdidas basados en técnicas sólidas.

Por otra parte, los datos obtenidos desde los puntos críticos en la red, bajo la medición de caudalímetros, genera la evidencia efectiva que permite comprobar la hipótesis planteada a razón de los resultados obtenidos en los otros dos criterios analíticos, la evidencia física de campo es indispensable para validar diagnósticos y a su vez garantizar la propuesta metodológica que busca fundamentarse en resultados cuantitativos y cualitativos, reales.

La combinación del análisis de estos tres criterios en un único marco analítico asegura, sin duda, resultados que no se limitan a una perspectiva parcial, sino que representan una visión global el fenómeno. Al integrar estos resultados mediante la triangulación de información, análisis alcanza mayor confiabilidad y precisión, lo que la traduce en una propuesta metodológica coherente, aplicable y replicable en cualquier otro sistema comunitario.

3) Sobre la aplicación de técnicas de análisis

La metodología propuesta para el Proyecto NERO se desarrolla a través de tres ejes complementarios que permiten abordar de manera integral las pérdidas de agua: (1) percepción de los usuarios, (2) desempeño operativo mediante análisis de dispositivos técnicos y (3) evaluación de datos. Cada paso se ejecuta de forma sistemática, garantizando la obtención de información objetiva, verificable y directamente aplicable a la formulación de la propuesta metodológica.

• Percepción de los usuarios: Encuesta

La encuesta fue diseñada con un total de ocho preguntas cerradas y abiertas, enfocadas en evaluar aspectos clave del servicio: continuidad, suficiencia, calidad y percepción de necesidad de mejora. La aplicación se realiza mediante un formulario digital, utilizando la aplicación Google, a una muestra representativa de 200 usuarios del sistema, asegurando una cobertura adecuada por zonas de abastecimiento. Las preguntas fueron formuladas de la siguiente manera:

1. ¿Existen interrupciones frecuentes del servicio de agua potable?
2. En caso de existir interrupciones, ¿qué tan frecuentes son?
 - 2.1 En caso de responder "Otros", describa.
3. ¿Considera usted que el servicio que recibe es suficiente para su consumo diario?
4. Si respondió "No", ¿qué porcentaje de sus necesidades diarias cubre el servicio brindado?
5. ¿El agua suministrada es de calidad?

6. ¿La cantidad de agua que recibe permite realizar sus actividades cotidianas (lavar, cocinar, bañarse, entre otros) de manera oportuna?
7. ¿Cree que es necesario que el sistema de agua potable mejore en su comunidad?
8. ¿En qué aspectos cree usted que debe mejorar el sistema de agua potable en su comunidad o sector?
- 8.1 En caso de responder "Otros", describa.

Figura 4

Resultados de las encuestas emitidas a usuarios del Proyecto NERO, Cuenca, Ecuador

Pregunta	Resultado principal	Interpretación
¿Existen interrupciones frecuentes del servicio de agua potable?	70,4 % Sí, 29,6 % No	Identifica problemas estructurales en continuidad del suministro
En caso de existir interrupciones, ¿qué tan frecuentes son? En caso de responder "Otros", describa.	23,3 % tres veces por semana; 14,3 % diaria; 14,3 % dos veces por semana; 27,8 % mensual	Revela gravedad de las interrupciones y su distribución temporal
¿Considera, usted que el servicio que recibe es suficiente para su consumo diario?	72,2 % suficiente, 27,8 % insuficiente	Permite evaluar cobertura real de necesidades de consumo
En caso de que su respuesta sea No, responda: ¿El servicio brindado, que porcentaje de sus necesidades diarias, cubre?	16,7 % <50 %, 40,7 % >50 %, 13,3 % >75 %	Cuantifica déficit en servicio
¿El agua suministrada, es de calidad?	51,9 % regular, 44,4 % buena, 3,7 % mala	Evalúa percepción sobre seguridad y aceptabilidad del recurso
¿El agua suministrada, es de calidad?	81,5 % sí, 18,5 % no	Determina funcionalidad del suministro
¿Cree que es necesario que el sistema de agua potable mejore en su comunidad?	98,1 % sí, 1,9 % no	Identifica consenso sobre necesidad de intervención
¿Cree que es necesario que el sistema de agua potable mejore en su comunidad?	48,1 % continuidad, 14,8 % presión, 22,2 % calidad, 14,8 % otros	Señala prioridades para gestión y planificación

También se mencionaron otros aspectos puntuales como la necesidad de mejorar la filtración, prevenir obstrucciones en los medidores, y asegurar una mayor cobertura en periodos de sequía.

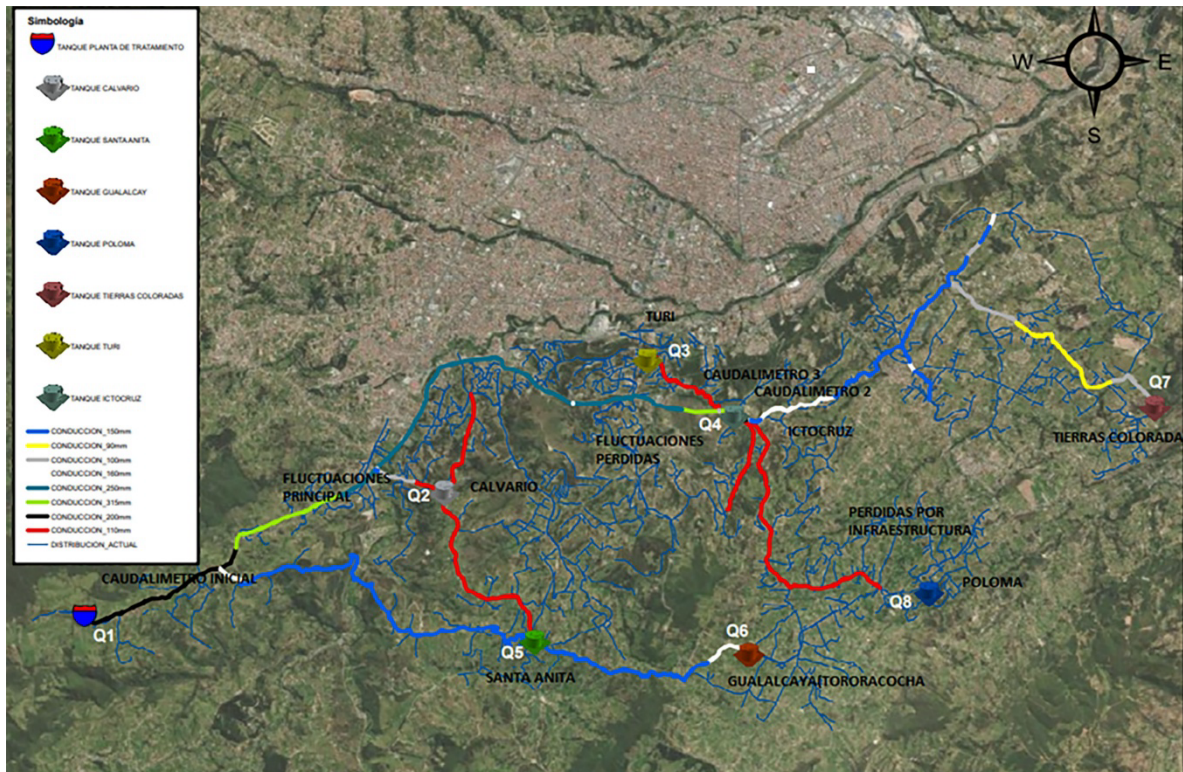
- **Desempeño operativo mediante análisis de dispositivos técnicos**

El resultado de esto permite identificar posibles pérdidas de agua, conexiones clandestinas o fallas en la regulación de caudales dentro de la red.

Para el proceso de este análisis se colocaron caudalímetros, los cuales registran de manera precisa y en tiempo real los volúmenes transportados y distribuidos en cada punto de control. El primer punto se colocó en la entrada principal de la planta de tratamiento, la cual representa el inicio del sistema de distribución, siendo fundamental para determinar el caudal total producido, este permite tener una referencia para establecer un alineamiento base que permite la comparación de los volúmenes de agua entregados a los usuarios.

Figura 5

Puntos críticos y ubicación de caudalímetros en el sistema del proyecto NERO



El segundo punto se localiza en el punto de abastecimiento que dirección a los sectores de Turi y El Valle, en las cuales han mantenido conflictos frecuentes como interrupciones en el servicio, bajas presiones provocando la presencia de problemas operativos recurrentes.

El tercer punto se localiza en la zona que distribuye al sector Baños, donde se he registrado la existencia de conexiones clandestinas, fluctuaciones en la presión del sistema ocasionado afecciones significativas tanto la calidad como la eficiencia del suministro.

La selección de cada uno de los puntos responde a la necesidad de analizar la red distribución, siendo la segmentación la que permite que se estudie un comportamiento global red y además priorizar intervenciones en sectores críticos, donde los conflictos tienen un mayor impacto.

El periodo de monitoreo se lo realiza durante 90 días, tiempo establecido con objeto de captar las variaciones que se presentan el consumo y las fluctuaciones de la presión dentro de la red, con este tiempo se pretende identificar patrones de comportamiento y anomalías que presenten anomalías significativas en la distribución.

Además, estas mediciones se realizan con una frecuencia diaria, lo que permite detectar de manera más precisa los cambios en el flujo y en la presión, mismo que son indicadores críticos para la identificación de fugas, consumos irregulares o deficiencias en la infraestructura.

Los sensores de presión registran de manera continua la presión hidráulica en puntos específicos, brindando datos cuantitativos que permiten identificar fluctuaciones y caídas de presión relacionadas con pérdidas o problemas en la red. El análisis combinado de los datos de caudal y presión proporcionó una visión integral del funcionamiento del sistema, facilitando la localización precisa de áreas problemáticas y la estimación cuantitativa de pérdidas no contabilizadas.

Figura 6

Resultados de mediciones de caudal y presión en tres puntos de la red de distribución de agua potable – Proyecto NERO, Cuenca, Ecuador

Punto de medición	Zona / ubicación	Hora de medición	Razón técnica de la hora seleccionada	Flujo (m³/h)	Presión (psi)
Entrada principal del tanque de agua	Punto 1	08h00	Alta demanda matutina; evaluación de caudal y presión de salida desde el tanque principal.	220	65
Zona crítica 1 – Turi y El Valle	Punto 2	12h00	Hora con reportes de disminución significativa del suministro y mayor estrés térmico.	90	55
Zona crítica 2 – Baños	Punto 3	16h00	Franja vespertina con reportes de abastecimiento casi nulo; condición extrema de suministro.	70	50

Como parte del análisis hidráulico desarrollado en el marco del Proyecto NERO (Cuenca, Ecuador), se instalaron tres caudalímetros en puntos estratégicos de la red de distribución de agua potable. El primer equipo se ubicó en la entrada principal del tanque de agua, con el fin de cuantificar el volumen y la presión de salida hacia la red, dado que este punto constituye la referencia inicial para el abastecimiento general. La medición se realizó a las 08h00 durante un periodo de 90 minutos, horario fue seleccionado por corresponder a un momento de alta demanda matutina en los usuarios, lo que permite evaluar el comportamiento del caudal en condiciones representativas de consumo elevado. En este punto, se registró un flujo de 220 m³/h y una presión de 65 PSI.

El segundo caudalímetro se colocó en la zona crítica 1 (Turi y El Valle), área identificada con recurrentes limitaciones de suministro. La medición se llevó a cabo a las 12h00, momento del día en que se había reportado una disminución significativa en el abastecimiento hacia la población, lo que permite verificar el desempeño hidráulico en condiciones de baja disponibilidad y alta temperatura ambiental, factores que pueden influir en el consumo y en la presión del sistema. En este punto se obtuvo un flujo de 90 m³/h y una presión de 55 PSI.

El tercer caudalímetro se instaló en la zona crítica 2 (Baños), también caracterizada por presentar deficiencias recurrentes en el suministro. La medición se efectuó a las 16h00, horario seleccionado debido a que en esta franja vespertina se registraban reportes de casi nulo abastecimiento, lo que permite caracterizar el estado de la red en una condición extrema de suministro. En este punto se obtuvo un flujo de 70 m³/h y una presión de 50 PSI.

Análisis de los Resultados

- Evaluación de datos

La tercera fase de la metodología consiste en el análisis comparativo entre el flujo total de agua producida y el flujo facturado a los usuarios, con el fin de cuantificar las pérdidas dentro del sistema de distribución. Este análisis se desarrolla manteniendo los tres puntos

estratégicos definidos en las etapas previas: la entrada principal de la planta de tratamiento y las dos zonas críticas correspondientes a los sectores de Turi–El Valle y Baños. Estos puntos de análisis coincidieron con las ubicaciones en las que previamente se habían instalado los dispositivos de medición, y fueron designados por su condición de áreas con mayores conflictos de distribución, según registros operativos históricos.

Los datos utilizados corresponden a los resultados promedios obtenidos durante los meses de sequía, siguiendo el mismo criterio temporal que en el análisis anterior. La información fue proporcionada por la Junta Administradora de Agua Potable y Saneamiento Regional (JAAP y SR) – Proyecto NERO, institución responsable de la operación y gestión del sistema, y se basó en registros continuos y auditables de volúmenes de agua producida y consumida.

El procedimiento consiste en recopilar los registros de caudal de entrada (producción total) y los volúmenes facturados a los usuarios en cada uno de los puntos estratégicos, lo que permitió establecer una comparación directa entre la cantidad de agua generada y la cantidad oficialmente registrada como consumo. La diferencia entre ambos valores representa el volumen de agua no contabilizada, indicador clave para estimar pérdidas físicas (fugas) y comerciales (conexiones no autorizadas o errores de medición). Este enfoque metodológico permite no solo determinar el porcentaje global de pérdidas de agua en el sistema, sino también identificar las zonas con mayor incidencia de dichas pérdidas, lo que constituye una base técnica para priorizar intervenciones y optimizar la gestión de los recursos hídricos.

Figura 7

Resultados promedio diario de producción, facturación y pérdidas en tres puntos de la red de distribución – Proyecto NERO, Cuenca, Ecuador (periodo de sequía)

Punto de evaluación	Flujo promedio producido (m ³ /día)	Flujo promedio facturado (m ³ /día)	Diferencia (m ³ /día)	Pérdidas (%)
Entrada principal del tanque	5 000	4 200	800	16
Zona crítica 1	1 500	1 100	400	27
Zona crítica 2	1 000	650	350	35

El primer punto correspondió a la entrada principal del tanque de distribución, con el propósito de cuantificar el volumen promedio diario de agua producida y registrada como facturada. En este punto, el flujo promedio producido alcanzó los 5 000 m³/día, mientras que el flujo promedio facturado fue de 4 200 m³/día, lo que representa una diferencia de 800 m³/día equivalente al 16 %.

El segundo punto de evaluación se ubicó en una zona crítica identificada por presentar recurrentes conflictos en la distribución. En este sector, el flujo promedio producido fue de 1 500 m³/día, con un flujo promedio facturado de 1 100 m³/día, registrándose una diferencia de 400 m³/día, equivalente al 27 %.

El tercer punto correspondió a otra **zona crítica**, igualmente caracterizada por presentar problemas frecuentes de suministro. En este caso, el flujo promedio producido fue de **1 000 m³/día**, con un flujo promedio facturado de **650 m³/día**, lo que representa una diferencia de **350 m³/día** y un porcentaje de **35 %**.

4) Sobre la integración y sistematización de resultados

La triangulación de información integra los datos obtenidos de las encuestas, las mediciones técnicas y el estudio de agua no contabilizada, para generar un análisis robusto y multidimensional. Este procedimiento permite contrastar la percepción de los usuarios con los registros operativos y las condiciones reales de la red, estableciendo relaciones entre las fallas percibidas, los índices de agua no contabilizada y los puntos críticos de infraestructura.

La eficacia de analizar simultáneamente estas tres dimensiones se refleja en la identificación precisa de zonas vulnerables, en la comprensión de los factores sociales que inciden en el consumo y en la determinación de los factores estructurales que provocan pérdidas físicas. La integración de estas fuentes de información garantiza resultados consistentes y confiables, permitiendo que la propuesta metodológica formulada contemple de manera equilibrada las dimensiones sociales, operativas y técnicas del sistema.

La triangulación de información combina los resultados obtenidos de los tres ejes de análisis —percepción de usuarios, desempeño operativo mediante análisis de dispositivos técnicos y evaluación datos, dando como resultado:

- Los datos de la encuesta indican que el 70,4 % de los usuarios experimenta interrupciones frecuentes y el 48,1 % señala como prioridad garantizar continuidad del servicio.
- Los registros técnicos muestran caudales significativamente reducidos en las zonas críticas: Turi–El Valle 90 m³/h (55 PSI) y Baños 70 m³/h (50 PSI), mientras que la entrada principal mantiene un flujo de 220 m³/h (65 PSI).

La convergencia de estas evidencias confirma que las interrupciones y la baja presión reportadas por los usuarios se correlacionan directamente con problemas operativos y estructurales de la red, evidenciando pérdidas físicas y comerciales de hasta 35 % en Baños y 27 % en Turi–El Valle, con lo que se determina que las zonas críticas y con prioridades de intervención son:

- Zona crítica 1 (Turi–El Valle) presenta un flujo producido de 1 500 m³/día frente a 1 100 m³/días facturados, indicando 400 m³/día de pérdidas (27 %).
- Zona crítica 2 (Baños) muestra 1 000 m³/días producidos versus 650 m³/días facturados, evidenciando 350 m³/día de pérdidas (35 %).

Estos datos, cruzados con las percepciones de los usuarios y las mediciones con caudalímetros, permiten priorizar intervenciones donde la eficiencia hidráulica y la atención a la comunidad requieren mayor urgencia.

Por consiguiente, la metodología utilizada para el análisis del proyecto NERO, demuestra ser óptima para estudios de sistemas comunitarios de agua potable, puesto a que la combinación de enfoques cualitativo con cuantitativos, aseguran una evaluación integral, dando como resultado una evidencia sustentada y permitiendo la posibilidad de generar estrategias que

combatan los conflictos de forma integral, además permiten diseñar estrategias de gestión y mitigación altamente efectivas.

Discusión

La propuesta metodológica planteada para el análisis de sistemas comunitarios de agua potable, se fundamenta en el principio de triangulación de datos, el uso de este enfoque busca aumentar la validez y credibilidad de los resultados de combinar análisis cuantitativos y cualitativos (Denzin, 1970; O'Donoghue & Punch, 2003). El uso de la triangulación de datos permite abordar conflictos complejos desde diferentes perspectivas, con esto se permite la reducción de sesgos lo que genera una comprensión más óptima y precisa del objeto de estudio (Cohen & Manion, 2000; Altrichter et al., 2008).

Con respecto al análisis en los sistemas comunitarios de agua potable, propuestos, la aplicación de la triangulación de datos, combina tres ejes, la percepción de los usuarios, la cual es esencial para comprender aspectos subjetivos relacionados con la calidad del servicio, la satisfacción o las necesidades de los usuarios, datos que no se podrían con indicadores técnicos por si solos (Leva, 2005; Vicuña et al., 2022). Por otro lado, el uso de indicadores técnicos, como datos de ANC permiten una medición objetiva y precisa del desempeño operativo de la red, facilitando la detección de zonas críticas y permitiendo diseñar intervenciones prioritarias que permiten rectificar los daños (Bresciani, 2017). Así mismo la evaluación mediante instrumentos técnicos genera datos concretos en tiempos reales, permitiendo conocer la funcionalidad de las instalaciones, detectar fallas y deficiencias (SIEDU, 2015).

La combinación de estos tres ejes, mediante la triangulación de datos, permite fortalecer la validez del análisis, ya que aborda la problemática desde diferentes fuentes y métodos, permitiendo que se dé un enfoque integrador que abarca estudios en sistemas complejos, en donde los factores que intervienen no solo son técnicos, sino que además sociales y estructurales, siendo cada uno de estos de vital importancia para la detención de un conflicto (Denzin, 1970; O'Donoghue & Punch, 2003).

Es importante mencionar que la propuesta metodológica trabajada en este documento, se alinea a las recomendaciones de organismos internacionales como la ONU. Hábitat, quienes menciona la importancia de realizar diagnósticos integrales, y participativos (ONU-Hábitat, 2017). Según Díaz et al (2018) la combinación de datos cualitativos con los cuantitativos en una evaluación proporciona una visión completa y óptima para estudiar problemáticas, generando que la toma de decisiones más acertada y efectiva.

Conclusiones

La metodología propuesta para el análisis de sistemas comunitarios de agua potable, demuestra mantener un enfoque confiable para evaluar la eficiencia y sostenibilidad de estos sistemas. Así mismo el uso de la triangulación de datos, entre las tres dimensiones planteadas, la percepción de usuarios, el análisis operativo mediante instrumentos técnicos y la evaluación de datos (ANC). Permite abordar información tanto cuantitativa como cualitativa garantizando un hallazgo de resultados integrales que permiten comprender de manera global los factores que inciden las pérdidas de agua.

Permite, además, identificar de manera precisa las zonas críticas el sistema dando paso a generar una planificación para intervenciones en donde se pueda priorizar los conflictos urgentes, generando así soluciones sostenibles, eficientes y que se adapten a las necesidades reales de los usuarios.

En consecuencia, la propuesta planteada que se presenta en este documento, es una herramienta válida y replicable en cualquier sistema comunitario de agua potable, puesto a que permite facilitar la toma de decisiones importantes y la optimización de recursos en contextos similares.

Recomendaciones

La implementación continua de encuestas: Evaluar periódicamente a los usuarios permite identificar modificaciones en la calidad del servicio, detectar fallas tempranas y priorizar obras de mejoras, garantizando un enfoque centrado en las necesidades de la comunidad.

Monitorio técnico permanente: Mantener dispositivos de medición de caudal y presión permiten obtener datos precios sobre el desempeño operativo de la red, facilitando la detección de pérdidas de agua.

La evaluación de datos: Mantener un análisis consecutivo del ANC permite no solo dar soluciones inmediatas que garanticen la optimización económica del sistema, sino que además permite conocer si las soluciones empeladas están siendo óptimas o no.

Aplicación y actualización de la triangulación de datos: Integrar de forma continua la información social, técnica y estructural garantiza la validez de los análisis y fortalece la capacidad de toma de decisiones estratégicas para la gestión del sistema comunitario de agua potable.

Capacitación y fortalecimiento institucional: Desarrollar programas de formación para los administradores y operadores del sistema asegura un manejo eficiente de los recursos, mejora la capacidad de respuesta ante fallas y fomenta la sostenibilidad del sistema.

Replicabilidad de la metodología: Promover la aplicación de esta metodología en otros sistemas comunitarios permite comparar resultados, establecer estándares de eficiencia y generar estrategias replicables de gestión hídrica a nivel regional.

Referencias bibliográficas

Acosta, M., Boelens, R., & Vos, J. (2018). *Agua y conflictos: perspectivas críticas desde América Latina*. FLACSO Ecuador.

Agencia de Regulación y Control del Agua [ARCA]. (2025). *Informe nacional sobre agua no contabilizada*. <https://www.regulacionagua.gob.ec>

Altrichter, H., Feldman, A., Posch, P., & Somekh, B. (2008). *Teachers investigate their work: An introduction to action research across the professions*. Routledge.

Artero, A. (2016). *La gestión comunitaria del agua en América Latina: desafíos y perspectivas*. Editorial Icaria.

AVINA. (2011). [Datos del informe AVINA no especificados].

Boelens, R., Hoogesteger, J., & Rodríguez-de-Francisco, J. (2015). Commoditizing water: Water markets and the reconfiguration of water rights in Colombia and Ecuador. *Capitalism Nature Socialism*, 26(1), 76–98. <https://doi.org/10.1080/10455752.2014.995371>

Bresciani, L. E. (2017). *Propuesta de Sistema de Indicadores y Estándares de Calidad de Vida y Desarrollo Urbano*. Consejo Nacional de Desarrollo Urbano.

Carrera-Villacrés, D. V., & Rosero Armijo, C. D. (2019). *Agua potable no contabilizada en el cantón Pangua y programa de control de pérdidas* [Tesis de grado, Universidad Técnica de Cotopaxi].

Cohen, L., & Manion, L. (2000). *Research methods in education* (5th ed.). Routledge.

Crespo, C., Morales, J., & Poma, L. (2017). *Gestión comunitaria del agua potable en América Latina: aprendizajes y desafíos*. Centro Agua, Universidad Mayor de San Simón.

Creswell, J. W., & Poth, C. N. (2018). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches* (4th ed.). SAGE Publications.

Cordero, E. (2023). Modelos de gobernanza comunitaria del agua potable en Ecuador. Editorial Académica Española.

Denzin, N. K. (1970). *The research act in sociology: A theoretical introduction to sociological methods*. Aldine Publishing Company.

Denzin, N. K., & Lincoln, Y. S. (2018). *The SAGE handbook of qualitative research* (5th ed.). SAGE Publications.

Díaz, P., Gómez, R., & Martínez, L. (2018). *Metodologías integrales para la evaluación urbana*. Editorial Académica.

ETAPA EP. (2022). *Informe de gestión anual 2022*. Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable y Alcantarillado.

Farley, M., & Trow, S. (2003). *Losses in water distribution networks: A practitioner's guide to assessment, monitoring and control*. IWA Publishing.

Fernández, J., Martínez, M., & Gómez, R. (2019). Gestión integrada de pérdidas en sistemas de distribución de agua potable en contextos urbanos. *Revista Ingeniería Hidráulica*, 34(2), 45–56. <https://doi.org/10.xxxx/rhidraulica.v34n2.1234>

García, F., & Paredes, M. (2019). Estrategias de fortalecimiento técnico en sistemas comunitarios de agua. *Revista Latinoamericana de Gestión Hídrica*, 12(3), 45–60.

Gleick, P. H. (2000). The changing water paradigm: A look at twenty-first century water resources development. *Water International*, 25(1), 127–138. <https://doi.org/10.1080/02508060008686794>

Giustolisi, O., Savic, D., & Kapelan, Z. (2015). Water distribution system reliability and resilience: A review. *Water Resources Management*, 29(3), 645–671. <https://doi.org/10.1007/s11269-014-0857-1>

Global Water Partnership. (2000). *Integrated water resources management. TAC Background Papers, No. 4*. <https://www.gwp.org/en/GWP-CEE/about/why/what-is-iwrm/>

Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (2022). *Estadísticas de agua potable y saneamiento en Ecuador*. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec>

International Water Association (IWA). (2000). *Performance indicators for water supply services*. IWA Publishing.

Lambert, A., Hirner, W., & Charles, K. (2013). Losses from water supply systems: Standard terminology and recommended performance measures. IWA Water Loss Task Force.

Leva, G. (2005). *Indicadores de calidad de vida urbana*. ResearchGate

Merriam, S. B., & Tisdell, E. J. (2015). *Qualitative research: A guide to design and implementation* (4th ed.). Jossey-Bass.

Mounce, S. R., Machell, J., & Boxall, J. B. (2017). A review of pipe burst modelling in water distribution systems. *Urban Water Journal*, 14(9), 891–905. <https://doi.org/10.1080/1573062X.2017.1345767>

Neely, A., Gregory, M., & Platts, K. (2005). Performance measurement system design: A literature review and research agenda. *International Journal of Operations & Production Management*, 25(12), 1228–1263. <https://doi.org/10.1108/01443570510633639>

O'Donoghue, T., & Punch, K. (2003). *Qualitative educational research in action: Doing and reflecting*. Routledge.

Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2015). *Objetivos de desarrollo sostenible: Agua limpia y saneamiento (ODS 6)*. <https://sdgs.un.org/goals/goal6>

Organización de las Naciones Unidas. (2015). *Transformar nuestro mundo: La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. <https://sdgs.un.org/es/goals>

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2022). *Guías de calidad del agua potable*. <https://www.who.int>

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). (2021). *Informe mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos 2021: El valor del agua*. <https://unesdoc.unesco.org>

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). (2022). *Informe mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos 2022*. <https://unesdoc.unesco.org>

Patton, M. Q. (2015). *Qualitative research & evaluation methods: Integrating theory and practice* (4th ed.). SAGE Publications.

Salinas, J., & Minda, V. (2021). *Gestión comunitaria del agua potable en el Ecuador rural: desafíos y oportunidades*. *Observatorio de Recursos Hídricos, Universidad Central del Ecuador*.

Salvendy, G. (Ed.). (2012). *Handbook of human factors and ergonomics* (4th ed.). Wiley.

Sanders, E. B. N., & Stappers, P. J. (2014). *Co-creation and the new landscapes of design*. *CoDesign*, 10(1), 5–21. <https://doi.org/10.1080/15710882.2014.888183>

Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA). (2020). *Diagnóstico nacional de sistemas comunitarios de agua potable en Ecuador*. <https://www.senagua.gob.ec>

SIEDU. (2015). *Sistema de indicadores y estándares de calidad de vida y desarrollo urbano*. Consejo Nacional de Desarrollo Urbano.

Stake, R. E. (1995). *The art of case study research*. SAGE Publications.

Torres, A. (2021). Gestión comunitaria del agua en el Ecuador rural. *Revista de Estudios Ambientales*, 18(2), 45–60.

Torres, A., & Gentes, I. (2021). Gobernanza y sostenibilidad en sistemas comunitarios de agua: Experiencias en Ecuador. *Revista Agua y Sociedad*, 8(2), 15–32.

Trist, E. (1981). *The evolution of socio-technical systems: A conceptual framework and an action research program*. Ontario Ministry of Labour.

Vicuña, M., Besoain, R., Orellana, A., et al. (2022). *Propuesta de Sistema de Indicadores y Estándares de Calidad de Vida y Desarrollo Urbano*. Consejo Nacional de Desarrollo Urbano.

Yin, R. K. (2015). *Case study research and applications: Design and methods* (6th ed.). SAGE Publications.

Conflicto de intereses:

Los autores declaran que no existe conflicto de interés posible.

Financiamiento:

No existió asistencia financiera de partes externas al presente artículo.

Agradecimiento:

N/A

Nota:

El artículo no es producto de una publicación anterior.