



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**

**Incidencia de fugas en la red de abastecimiento de agua potable del  
Cantón Gonzalo Pizarro de la provincia de Sucumbíos**

**Trabajo de Titulación para optar al título de Ingeniero Civil**

**Autores:**

Enriquez Chamba Arianna Anahi

Torres Torres Davis Wilson

**Tutor:**

Ing. María Gabriela Zúñiga Rodríguez MSc.

**Riobamba, Ecuador. 2025**

## DECLARATORIA DE AUTORÍA

Nosotros, **Enriquez Chamba Arianna Anahi** con cédula de ciudadanía 210084215-8 y **Torres Torres Davis Wilson** con cédula de ciudadanía 070633767-2, autores del trabajo de investigación titulado: “**Incidencia de fugas en la red de abastecimiento del cantón Gonzalo Pizarro en la provincia de Sucumbíos**”, certificamos que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedemos a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor (a) de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, 24 de noviembre de 2025.



Arianna Anahi Enriquez Chamba

C.I:2100842158



Davis Wilson Torres Torres

C.I: 0706337672

**DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR**

Quien suscribe, **Ing. María Gabriela Zúñiga Rodríguez, MSc.** catedrático adscrito a la **Facultad de Ingeniería**, por medio del presente documento certifico haber asesorado y revisado el desarrollo del trabajo de investigación titulado: **“Incidencia de fugas en la red de abastecimiento de agua potable del cantón Gonzalo Pizarro en la provincia de Sucumbíos”**, bajo la autoría de **Enriquez Chamba Arianna Anahi y Torres Torres Davis Wilson**; por lo que se autoriza ejecutar los trámites legales para su sustentación.

Es todo cuanto informar en honor a la verdad; en Riobamba, a los 27 días del mes de noviembre de 2025



---

Ing. María Gabriela Zúñiga Rodríguez, MSc  
C.I:0604004945

## **CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL**

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación **“Incidencia de fugas en la red de abastecimiento de agua potable del cantón Gonzalo Pizarro en la provincia de Sucumbíos”** por **Enriquez Chamba Arianna Anahi** con cédula de identidad 2100842158 y **Torres Torres Davis Wilson** con cédula de identidad 0706337672 respectivamente, bajo la tutoría de Ing. María Gabriela Zúñiga Rodríguez, MSc; certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 24 de noviembre de 2025.

Ing. Nelson Patiño

**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO**



Ing. Luis Pacheco

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO**



Ing. Alfonso Arellano

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO**





## CERTIFICACIÓN

Que, **Enriquez Chamba Arianna Anahi** con CC: **2100842158**; y **Torres Torres Davis Wilson** con CC: **0706337672**; estudiantes de la Carrera de **Ingeniería Civil**, VIGENTE, Facultad de Ingeniería; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado: "**INCIDENCIA DE FUGAS EN LA RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DEL CANTÓN GONZALO PIZARRO DE LA PROVINCIA DE SUCUMBIOS**", cumple con el 2% de similitud con otros trabajos y con el 6% en cuanto a texto generado posiblemente por IA, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **Compilate**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 27 de noviembre de 2025

**Mgs. María Gabriela Zuñiga Rodríguez**  
**TUTOR TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

## **DEDICATORIA**

A mis queridos padres, que con su amor, sacrificio y perseverancia me mostraron lo que es el significado del esfuerzo. Gracias por confiar en mí y motivarme cuando yo mismo dudaba en seguir en adelante, por ser mi motor y soporte para no renunciar en cada paso de este camino y enseñarme que con fe, humildad y disciplina, se pueden lograr las metas.

A mis abuelitos, quienes con su sabiduría, paciencia y consejos me inculcaron valores que me acompañaron en esta etapa de mi vida. Sus consejos, oraciones y palabras de aliento me han hecho saber que nunca estoy sola.

Este trabajo no es solo mío, es de todos ustedes, que me impulsaron a estar aquí.

**Arianna Anahi Enriquez Chamba**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco primeramente a Dios por darme la vida, salud y fortaleza para culminar esta etapa de vida.

A mis padres, Gloria Chamba y Franco Ordóñez por todo lo que soy y he logrado. Gracias por sus sacrificios tan grandes, por permitirme estudiar aún lejos de casa, por su paciencia y confianza, su ejemplo de sacrificio para poder perseverar es el cimiento de mis sueños.

Expreso mi más sincera gratitud a la MSc. Gabriela Zúñiga, por la dedicación y orientación brindada a lo largo de cada etapa de este arduo proceso, lo cual permitió la finalización de este proyecto.

A mis amigos, que con su compañía en todo el proceso universitario me apoyaron con consejos y aliento e hicieron más llevadera la exigencia académica.

A todos ustedes, gracias por caminar conmigo, por creer en mí, por ser parte de esto. Esta meta lograda es un tributo al amor, sacrificio y compañía de las personas que me apoyaron en mi vida.

**Arianna Anahi Enriquez Chamba**

## **DEDICATORIA**

A mi familia, que, con su apoyo incondicional, fueron eje fundamental para alcanzar las metas planteadas a lo largo de la carrera universitaria, me guiaron para jamás rendirme ante las adversidades.

A mis amigos, los cuales siempre me aconsejaron y estuvieron en los momentos más difíciles, para brindar ese apoyo que todo ser humano necesita en situaciones de angustia.

Es digno de dedicar también, a todas las personas tanto profesionales, como no profesionales que aportaron conocimiento para entender de una manera más sencilla y práctica temas abordados al ámbito de la ingeniería civil.

**Davis Wilson Torres Torres**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mis padres, Wilson Torres y Mari Torres, por el increíble esfuerzo que hicieron al ayudarme a realizar los estudios de tercer nivel, con sus consejos y perseverancia, me llevaron por el camino del conocimiento y entendimiento de este pasaje llamado vida.

Agradezco a la MSc. Gabriela Zúñiga, por transmitir parte de su conocimiento para llevar a cabo el presente proyecto y por la guía constante recibida para aclarar dudas.

A mis hermanos, Alexis, Erick, Luis, que en todo momento me aconsejaron para tener las metas y objetivos presentes y que no se me olviden a lo largo del camino.

A mis familiares que me brindaron apoyo para centrarme y enfocarme en el estudio.

A mis amigos, gracias por compartir ideas y conocimientos para ser sobre todo una persona que valora y respeta, así como también ser un buen profesional, para ayudar a personas que necesiten de nuestra disposición.

**Davis Wilson Torres Torres**

## ÍNDICE GENERAL

DECLARATORIA DE AUTORÍA .....	
DICTAMEN DEL PROFESOR TUTOR .....	
CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL .....	
CERTIFICADO ANTIPLAGIO .....	
DEDICATORIA .....	
AGRADECIMIENTO .....	
DEDICATORIA .....	
AGRADECIMIENTO .....	
ÍNDICE GENERAL .....	
ÍNDICE DE TABLAS.....	
ÍNDICE DE FIGURAS .....	
ÍNDICE DE ANEXOS .....	
RESUMEN .....	
ABSTRACT .....	
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>15</b>
1.1    Antecedentes .....	15
1.2    Zona de Estudio .....	15
1.2.1    Descripción geográfica .....	15
1.2.2    Clima.....	16
1.2.3    Agua Potable.....	16
1.3    Justificación .....	17
1.4    Planteamiento del Problema .....	17
1.5    Objetivos.....	18
1.5.1    Objetivo General.....	18
1.5.2    Objetivos Específicos.....	19
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>20</b>
2.1    Sistema de Distribución de Agua Potable .....	20
2.2    Pérdidas aparentes.....	20
2.3    Pérdidas reales .....	20
2.4    Fugas en la Red de Abastecimiento de Agua .....	20
2.5    Causas de Fugas en la Red de Abastecimiento .....	20
2.6    Clasificación de Fugas por su Ubicación.....	21

2.7	Clasificación de Fugas por el Tamaño .....	21
2.7.1	Fugas reportadas o visibles .....	21
2.7.2	Fugas no reportadas o no visibles .....	21
2.7.3	Fugas de fondo .....	22
2.8	Balance Hídrico .....	22
2.9	Rendimientos hídricos de una red de agua potable.....	24
2.10	Estado del Arte.....	24
<b>CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.....</b>		<b>26</b>
3.1	Descripción de la Metodología .....	26
3.2	Tipo de Investigación.....	26
3.3	Alcance de la Investigación .....	26
3.4	Población de Estudio y Tamaño de Muestra.....	27
3.5	Red de Abastecimiento de Agua Potable .....	27
3.6	Recolección y Análisis de Datos.....	29
<b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>		<b>32</b>
4.1	Índice de Agua No Controlada.....	32
4.2	Caudal Fugado Promedio.....	35
4.3	Pérdida Económica .....	36
4.4	Rendimiento de la Red.....	38
4.5	Mantenimiento y Operación de la Red .....	39
4.6	Causas y Posibles Soluciones para Reducción de Fugas .....	39
4.7	Discusión.....	40
<b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>		<b>42</b>
5.1	Conclusiones .....	42
5.2	Recomendaciones .....	44
5.3	BIBLIOGRAFÍA .....	45
5.4	ANEXOS .....	47

## **ÍNDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 1.</b> Rangos de rendimientos del sistema de distribución .....	24
<b>Tabla 2.</b> Población detallada del cantón Gonzalo Pizarro .....	29
<b>Tabla 3.</b> Cobertura de servicios básicos por parroquia .....	29

<b>Tabla 4.</b> Caudal registrado de la parroquia Lumbaqui del GADM del cantón Gonzalo Pizarro en (m <sup>3</sup> /mes).....	30
<b>Tabla 5.</b> Usuarios registrados de la parroquia Lumbaqui del GADM del cantón Gonzalo Pizarro.....	30
<b>Tabla 6.</b> Agua potable facturada de la parroquia Lumbaqui del GADM del cantón Gonzalo Pizarro.....	31
<b>Tabla 7.</b> Índice de agua no controlada .....	32
<b>Tabla 8.</b> Caudal fugado total .....	34
<b>Tabla 9.</b> Caudal fugado promedio.....	35
<b>Tabla 10.</b> Pérdida económica .....	36
<b>Tabla 11.</b> Rendimiento global de la red .....	38
<b>Tabla 12.</b> Propuesta de posibles soluciones .....	39

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Georreferenciación del cantón Gonzalo Pizarro .....	16
<b>Figura 2.</b> Servicios de agua potable del cantón Gonzalo Pizarro .....	17
<b>Figura 3.</b> Balance hídrico .....	22
<b>Figura 4.</b> Esquema de la metodología propuesta.....	26
<b>Figura 5.</b> Red de distribución de agua potable .....	28
<b>Figura 6.</b> Índice de agua no contabilizada .....	33
<b>Figura 7.</b> Caudal fugado total .....	34
<b>Figura 8.</b> Caudal fugado promedio.....	35
<b>Figura 9.</b> Caudal fugado general .....	36
<b>Figura 10.</b> Pérdidas económicas .....	37
<b>Figura 11.</b> Rendimiento global de la red .....	38

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Balance Hídrico 2020 .....	47
<b>Anexo 2.</b> Balance Hídrico 2021 .....	48
<b>Anexo 3.</b> Balance Hídrico 2022 .....	49
<b>Anexo 4.</b> Balance Hídrico 2023 .....	50
<b>Anexo 5.</b> Balance Hídrico 2024 .....	51
<b>Anexo 6.</b> Planta de tratamiento del Cantón Gonzalo Pizarro.....	52
<b>Anexo 7.</b> Instalación del macromedidor en la red de distribución de agua potable.....	53
<b>Anexo 8.</b> Toma de datos del macromedidor .....	54
<b>Anexo 9.</b> Identificación de tomas clandestinas .....	55
<b>Anexo 10.</b> Identificación de puntos con fugas de agua .....	55

## RESUMEN

Este estudio analiza la incidencia de fugas en la red de abastecimiento de agua potable del cantón Gonzalo Pizarro, provincia de Sucumbíos, con enfoque en la parroquia Lumbaqui, aproximadamente el 80% de la población accede al servicio por red, aunque persisten hogares sin conexión. El período de tiempo de estudio 2020–2024, combina revisión documental, análisis operativo y balance hídrico bajo lineamientos IWA para analizar pérdidas de agua, el cual divide el agua en suministrada y no contabilizada, para luego diferenciar pérdidas reales y aparentes. Se realizó la macromedición en campo, en un periodo de 10 meses de lecturas, donde los tres primeros meses se realizaron de forma diaria y posteriormente mensuales, permitiendo revelar un Índice de Agua No Controlada (IANC) alto: con un promedio anual de 69.18% en 2020 y una ligera reducción a 67.85% en 2024, por encima de referencias que señalan que un sistema recomendado se encuentra bajo el 30%. Se identificó que las pérdidas reales acumuladas alcanzan valores altos. El aumento del caudal inyectado no mejora la eficacia del sistema de suministro, demostrando que es un problema estructural, y generando pérdidas económicas, ya que solo alcanza un rendimiento global de 30.30%, calificado como “inaceptable”, por estar bajo el 50%. Se plantea un plan integral que incluye la sectorización hidráulica, un control activo de presiones, renovación prioritaria de tramos críticos, macro y micromedición, búsqueda de fugas y una regularización comercial. Su aplicación reduciría pérdidas físicas, económicas y mejoraría la sostenibilidad del servicio.

**Palabras clave:** agua no contabilizada, balance hídrico, fugas, pérdidas reales y aparentes rendimiento de red.

## ABSTRACT

This study analyzes the incidence of leaks in the potable water supply network of the Gonzalo Pizarro canton, Sucumbíos Province. It focuses on Lumbaqui town, where approximately 80% of the population is served through the distribution network. Some households remain unconnected. Covering the period 2020–2024, the research combines a documentary review, operational analysis, and a water-balance assessment in accordance with IWA guidelines. The evaluation distinguishes between supplied and unaccounted-for water and, subsequently, between real and apparent losses. A field-macrometering campaign was conducted over a 10-month period. There were daily measurements during the first three months and monthly readings thereafter. This revealed a high Index of Uncontrolled Water (IANC): an annual average of 69.18% in 2020, with a slight reduction to 67.85% in 2024. These values are well above reference values, which recommend systems remain below 30%. The results show that accumulated real losses are high. Increases in injected flow do not improve the efficiency of the supply system, indicating a structural problem and resulting in economic losses. Overall performance reaches only 30.30%, which is rated as “unacceptable” because it is below 50%. An integrated plan is proposed that includes hydraulic sectorization, active pressure control, prioritized renewal of critical sections, macro- and micrometering, leak detection, and commercial regularization. Implementing this plan would reduce physical and economic losses and improve the service's sustainability.

**Keywords:** non-revenue water, water balance, leaks, real and apparent losses, network performance.



**Reviewed by:**

Mgs. Jessica María Guaranga Lema  
**ENGLISH PROFESSOR**  
C.C. 0606012607

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1 ANTECEDENTES

El agua potable representa un recurso fundamental para la vida y el desarrollo sustentable de las comunidades. No obstante, su gestión se enfrenta importantes desafíos, provenientes de las pérdidas físicas y aparentes en los sistemas de abastecimiento. A nivel mundial, se estima que aproximadamente 126 000 millones de m<sup>3</sup> de agua se pierden anualmente en las redes de abastecimiento debido a fugas, conexiones ilegales y errores en la medición, representando un impacto económico que supera los 39 000 millones de dólares cada año [1]. Las fugas en redes de abastecimiento de agua potable es un problema crítico en América Latina, “en la región de las Américas, el 45% del agua tratada para consumo humano se pierde antes de llegar a los consumidores” [2]. A nivel nacional, existen pérdidas significativas de agua potable, las pérdidas de agua no contabilizada representan cerca del 51.80% para el año 2023 en todo el país [3]. Estas pérdidas son principalmente resultado de fugas en las tuberías, numerosas de ellas han excedido su duración, además de conexiones ilegales y fallos en la evaluación del consumo.

El manejo óptimo de las redes de suministro de agua potable constituye un reto, para lograr garantizar el acceso justo al agua, sobre todo en zonas vulnerables a este servicio. A nivel nacional el 85.5% de los municipios disponen de plantas de tratamiento de agua para el consumo [4]. En la parroquia Gonzalo Pizarro, provincia de Sucumbíos, las fugas generadas en el sistema de suministro son un problema recurrente que interrumpen la continuidad del servicio, y por ende la calidad de vida de sus habitantes.

Estas pérdidas se producen por diversas razones, entre las que se incluyen: la inexactitud en los medidores de caudal, el error en los medidores de caudal, subregistro de los medidores, los intercambios o conexiones fraudulentas, los consumos no contabilizados, las fugas en las uniones, juntas de las tuberías, accesorios, conexiones y acometidas, la ausencia de mantenimiento y sustitución en las redes [5].

### 1.2 ZONA DE ESTUDIO

#### 1.2.1 Descripción geográfica

El Cantón Gonzalo Pizarro está situado en la provincia de Sucumbíos, al occidente de la provincia, al noroeste de la República del Ecuador; fue creado con Ley Nro. 52, publicada en Registro Oficial 507 del 25 de agosto de 1986; reformada el 02 de agosto de 1990, con una extensión aproximada de 2 242.089 km<sup>2</sup>, que corresponde al 12.38% de la superficie provincial de Sucumbíos [6]. El Cantón Gonzalo Pizarro está integrado por cuatro parroquias, una urbana y tres rurales, como se muestra en la Figura 1: Lumbaqui (urbana), El Reventador (rural), Gonzalo Pizarro (rural) y Puerto Libre (rural).

**Figura 1.** Georreferenciación del cantón Gonzalo Pizarro



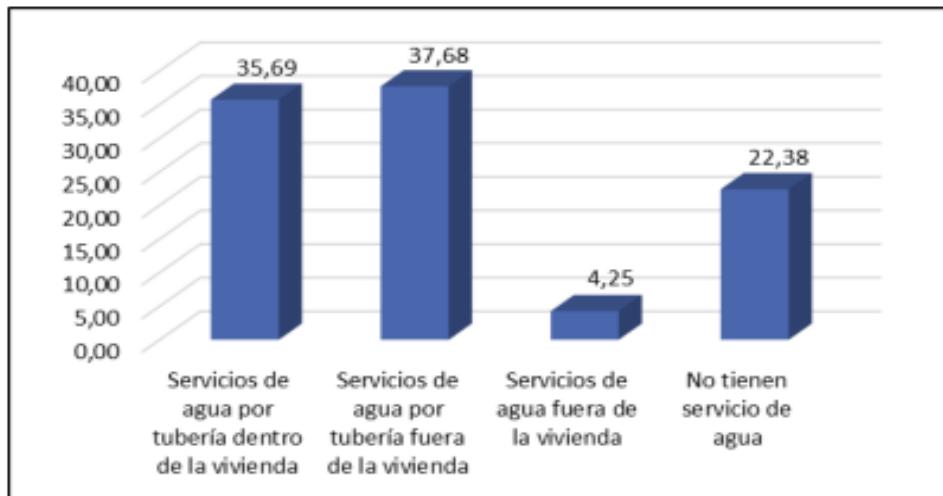
### 1.2.2 Clima

En la estación de Lumbaqui se presentan dos períodos de lluvias concentradas: el primero abarca desde febrero hasta mayo, y el segundo desde noviembre hasta diciembre. Octubre se caracteriza por ser el mes con la menor cantidad de precipitaciones. Sin embargo, existen dos períodos de lluvias intensas: el primero abarca desde marzo hasta abril, y el segundo se extiende de noviembre a diciembre. Entre estos períodos, se presentan intervalos secos que van de enero a febrero y de mayo a octubre, aunque es importante destacar que se registran precipitaciones significativas durante todos los meses del año [6, p. 41].

### 1.2.3 Agua Potable

La provisión de los servicios básicos en el cantón muestra que el 37.68 % de los hogares obtiene agua a través de tuberías externas a la vivienda, el 35.69 % recibe agua mediante tuberías dentro de la vivienda, el 22.38 % de los hogares no tiene sistema de suministro de agua y finalmente el 4% de los hogares accede agua por fuera de la vivienda [6, pp. 186–187], como se puede observar en la Figura 2.

**Figura 2.** Servicios de agua potable del cantón Gonzalo Pizarro



Nota. Adaptado de [6].

### 1.3 JUSTIFICACIÓN

Las fugas de agua que no son detectadas a tiempo pueden convertirse en verdaderos problemas a nivel social, económico y ambiental. El acceso a agua potable es un derecho humano reconocido por las Naciones Unidas, y su escasez o mala gestión puede tener graves consecuencias en términos de salud, desarrollo y calidad de vida de las poblaciones que se encuentren afectadas por el mal funcionamiento de las redes de abastecimiento, teniendo en cuenta que no solo tienen un impacto negativo en la disponibilidad del recurso hídrico, sino que también generan efectos económicos negativos en el ámbito político, ya que estas pérdidas de agua potable producidas por fugas en las redes de abastecimiento representan costos significativos para las entidades municipales que son las encargados de suministrar el agua.

Es fundamental abordar el análisis de estudio de fugas en redes de suministro de agua potable desde una manera integral, en términos económicos, sociales y ambientales. Debido a al contexto nos permitimos recopilar información que será compartida con las entidades del cantón, con el fin de generar políticas que promuevan la gestión eficiente de los recursos hídricos y así lograr disminuir los costos económicos y ambientales dados por pérdidas de agua en la red de distribución.

### 1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el cantón Gonzalo Pizarro, provincia de Sucumbíos, se han aumentado en los últimos períodos las fugas en la red de suministro de agua potable. Pero pese a las acciones tomadas por el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal (GADM) de Gonzalo Pizarro, como responsable del buen funcionamiento del sistema, refleja que las fugas continúan, deteriorando la calidad del servicio dado a los ciudadanos.

Se sabe que las causas de las fugas pueden variar, entre ellas la antigüedad de las tuberías, la ausencia de mantenimiento preventivo, variaciones en la presión del sistema, además de elementos ambientales y estructurales. Estas carencias no solo causan una

considerable disminución de agua potable, sino que también generan interrupciones constantes del abastecimiento, presiones inconsistentes en diversas áreas del cantón y deterioro de la infraestructura vial a causa de la filtración del agua.

Uno de los problemas a los que se enfrentan los gestores del sistema es la dificultad para realizar un diagnóstico real y preciso del estado actual de la red, por lo tanto impidiendo poder establecer estrategias de mantenimiento. La carencia de herramientas para el control y valoración del sistema limita la toma de decisiones técnicas, agravando el problema y provocando costos operativos e insatisfacción en la población. Es importante recalcar que la red de distribución de agua potable del cantón distribuye principalmente a las parroquias Gonzalo Pizarro y Lumbaqui.

En numerosas ocasiones, el sistema ha excedido su vida útil, y el mantenimiento que se lleva a cabo generalmente es reactivo, es decir, después de la aparición de fallas, en vez de ser planificado y preventivo. Esta modalidad de administración no solo eleva los gastos de reparación, sino que también extiende los períodos de interrupción del servicio y produce efectos perjudiciales en el medio ambiente.

En respuesta a este problema, es imprescindible analizar el estado de la red de distribución y definir un modelo de administración eficaz de fugas que facilite la optimización del sistema, asegure el suministro constante y sostenible de agua potable, y disminuya las pérdidas físicas del recurso. Lo que le incomoda a la comunidad es la falta de gestión para llevar a cabo un sistema de red de agua potable que no contenga fugas tan significativas, como lo es en espacios públicos que generalmente los accesorios de salida de agua se encuentran bastante deteriorados y provoca que el agua se derrame, o en redes clandestinas que no cuentan con un micromedidor y se utiliza el agua para sistemas de regadio el cual por razones presentadas el agua no es contabilizada en grandes cantidades, siendo uno de los mayores problemas, dejando consecuencias como el desperdicio de agua tratada y las pérdidas económicas que conlleva este significativo suceso, la pregunta de este tema de investigación es:

¿Cuál es realmente la magnitud del impacto en las principales problemáticas del volumen de agua no contabilizada y los índices de eficiencia física de la red de abastecimiento de agua potable y como se puede gestionar para implementar una reducción de fugas para así mejorar la actividad económica en el sistema de distribución de agua potable en la parroquia Lumbaqui perteneciente al cantón Gonzalo Pizarro?

## 1.5 OBJETIVOS

### 1.5.1 Objetivo General

- Analizar la incidencia de fugas en la red de abastecimiento de agua potable del cantón Gonzalo Pizarro de la provincia de Sucumbios.

### 1.5.2 Objetivos Específicos

- Identificar la red de abastecimiento de agua potable con información gráfica del sector, marcar las zonas más afectadas o deterioradas en base a los procedimientos actuales de operación y mantenimiento en la detección y reparación de fugas.
- Estimar el volumen de agua perdido debido a fugas en las redes de abastecimiento, con el método de balance hídrico, en base al volumen de agua total inyectada, el volumen de agua saliente, diferenciando entre pérdidas reales (fugas) y aparentes (consumo no autorizado, agua no facturada) y su impacto en la disponibilidad de agua con el fin de cuantificar tanto las pérdidas físicas como las financieras asociadas al sistema de distribución.
- Evaluar las principales causas de las pérdidas de agua potable en la red de suministro, plantear estrategias de disminución de pérdidas de agua mediante la implementación de tecnologías de monitoreo, mantenimiento preventivo y mejoras en la gestión de la red de distribución.

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE

Un sistema de distribución de agua potable (SDA) es una red de infraestructura sofisticada, concebida para transportar agua tratada desde las fuentes de abastecimiento hasta los consumidores finales, garantizando su calidad y continuidad. Este sistema consta de diversos elementos interconectados, que trabajan en conjunto para asegurar un suministro eficiente y seguro del recurso acuático. La pérdida de integridad de calidad del agua se presenta cuando existen fallas en la integridad física e hidráulica del SDA que pueden introducir contaminantes externos, lo que contribuye a generar epidemias y brotes transmitidos por el agua, afectando la salud de un amplio número de consumidores [7].

### 2.2 PÉRDIDAS APARENTES

Las pérdidas aparentes hacen referencia a las pérdidas provocadas por elementos no físicos. Esto incluye el agua que ha llegado exitosamente al usuario, pero sin lograr un registro o medir con exactitud el valor del consumo generado por el cliente [8]. Estas representan pérdidas costosas, especialmente en las redes de distribución que no cuentan con contadores y presentan conexiones clandestinas.

### 2.3 PÉRDIDAS REALES

Las pérdidas reales o fugas son cantidades de agua que se desperdician durante un periodo específico a causa de roturas, reboses o estallidos. Estas pérdidas se categorizan de dos formas: según su localización en el sistema y según su magnitud y duración [8].

### 2.4 FUGAS EN LA RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA

Una fuga es una salida de agua no controlada en cualquiera de los componentes del sistema de distribución de agua potable; con mayor frecuencia ocurren en uniones de tuberías, codos, roturas de conductos y válvulas. En los sistemas de conducción de agua a presión es común que se presenten fugas de este líquido, estas pueden deberse al agrietamiento transversal, aplastamiento o agrietamiento longitudinal de las tuberías, corrosión, mala unión de los tubos o fallas de las válvulas [9].

### 2.5 CAUSAS DE FUGAS EN LA RED DE ABASTECIMIENTO

Los factores principales que provocan la ocurrencia de fugas son: baja calidad de los materiales y complementos, antigüedad de las tuberías, mala calidad de la mano de la obra, corrosión tanto externa como interna, la alta presión, consecuencias del tránsito vehicular y los movimientos del suelo [10, p. 2]. En el análisis de la situación de fugas, se procede a considerar tres aspectos.

**Factores físicos de ocurrencia:** el análisis de las causas físicas nos brinda datos tales como: ubicación de la fuga, tipo de fuga, material de la tubería, fluctuaciones con la presión, diámetro de los tubos y áreas de la red.

**Evaluación de los programas y proyectos asociados al control de fugas:** dar seguimiento a los programas de control de fuga: vigilancia a la macromedición y micromedición, a catastros de infraestructura hidráulica, sectorización de la red, vigilancia operativa, capacitación del personal y comunicación social.

**Creación de árboles de problemas:** con los hallazgos de la evaluación, se examina y debate toda la información con el objetivo de elaborar un árbol de la problemática que debe incluir: causas, situación presente y posibles soluciones. [10]

## 2.6 CLASIFICACIÓN DE FUGAS POR SU UBICACIÓN

“Las perdidas reales se pueden clasificar de acuerdo a diversos criterios, como su ubicación dentro del sistema” [11, p. 50], como:

**Fugas desde las troncales de transmisión y distribución:** puede suceder en tuberías (debido a factores foráneos o a corrosión), uniones (desconexiones, empaquetaduras deterioradas) y válvulas (problemas operativos o de mantenimiento). Generalmente, presenta tasas de flujo de altas a medianas y tiempos de fuga de cortos a medianos.

**Fuga desde conexiones de servicio:** hacemos referencia a las conexiones de servicios como los puntos débiles de las redes de abastecimiento de agua debido a que sus conexiones y complementos muestran altas tasas de avería. Estas resultan complicadas de identificar debido a sus tasas de flujo relativamente bajas y por ende poseen tiempos de fuga extensos.

**Fuga y reboses de los tanques de almacenamiento:** se originan por controles del nivel que son insuficientes o están deteriorados. Adicionalmente, puede suceder la filtración de las paredes de hormigón o de la edificación que no están selladas. [11]

## 2.7 CLASIFICACIÓN DE FUGAS POR EL TAMAÑO

Se plantea que dentro de las redes pueden generarse diversos tipos de fugas [12, p. 4], clasificándose en tres tipos, de acuerdo con su tamaño y permanencia:

### 2.7.1 Fugas reportadas o visibles

Se presentan con frecuencia en las tuberías principales de la red de distribución como resultado de averías en las tuberías o conexiones, lo cual puede ocasionar problemas en el suministro de agua. De acuerdo con las características del terreno circundante, el volumen de la fuga y la presión ejercida dentro de la tubería es posible que el agua filtrada emerja en la superficie, lo cual resulta de gran ayuda para detectar el origen de la fuga de manera más sencilla.

### 2.7.2 Fugas no reportadas o no visibles

Representan un peligro latente en cualquier instalación. Se caracterizan como fugas de gran magnitud, cuyo flujo excede los 250 l/h a una presión de 50 metros, no obstante, debido a circunstancias adversas o condiciones desfavorables, estas fugas no se hacen visibles en la superficie.

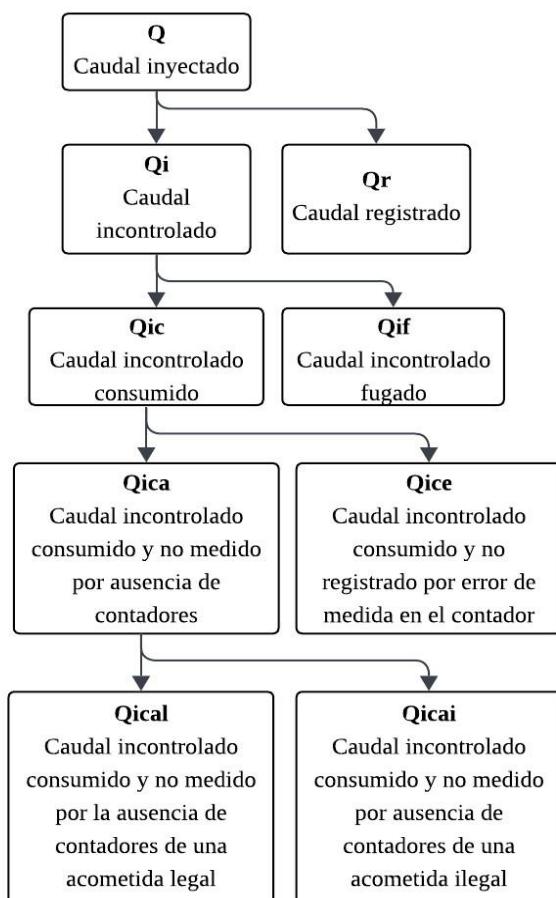
### 2.7.3 Fugas de fondo

Fugas con flujos inferiores a 250 l/h a una presión de 50 metros. Estas pequeñas fugas que son difíciles de identificar con instrumentos de detección acústica pueden pasar desapercibidas durante mucho tiempo, lo que resulta en un deterioro progresivo de la pieza afectada y su eventual reemplazo. [12]

## 2.8 BALANCE HÍDRICO

El balance hídrico es una herramienta clave para evaluar la eficiencia de las redes de distribución de agua potable y detectar posibles problemas asociados a pérdidas de agua. Este balance consiste en comparar el volumen de agua que ingresa al sistema con el volumen de agua entregado y consumido por los usuarios, permitiendo identificar las diferencias que corresponden a pérdidas aparentes o reales [13]. El balance hídrico se descompone en tres categorías principales: el agua suministrada, el consumo autorizado (facturado y sin facturar), y las pérdidas de agua (pérdidas aparentes y reales). La Figura 3 muestra los componentes del balance hídrico.

**Figura 3.** Balance hídrico



*Nota.* Adaptado de [14].

A continuación se proporciona una explicación secuencial de los niveles a considerar para el estudio del equilibrio hídrico [14, p. 390], determinando:

- **Nivel 0: caudal total del sistema**

$Q$ = Caudal inyectado

- **Nivel 1: criterio de eficacia de gestión**

El caudal incontrolado ( $Q_i$ ) es determinado entre la resta del caudal inyectado y el caudal registrado por los micromedidores, obteniendo la ecuación (1).

$$Q_i = Q - Q_r \quad (1)$$

$Q_i$ = Caudal incontrolado

$Q$ = Caudal inyectado

$Q_r$ = Caudal registrado por micromedidores

- **Nivel 2: estado físico de la red y sus acometidas**

El caudal incontrolado y perdido debido a fugas se define como la diferencia entre la ecuación (1) y el caudal incontrolado consumido por los usuarios, expresado mediante la ecuación (2).

$$Q_{if} = Q_i - Q_{ic} \quad (2)$$

$Q_{ic}$  = Caudal incontrolado consumido por los usuarios

$Q_{if}$  = Caudal incontrolado y perdido en fugas del sistema

- **Nivel 3: eficiencia de la medida de los contadores**

$Q_{ica}$  = Caudal incontrolado, consumido y no facturado por ausencia de medidores.

$Q_{ice}$  = Caudal incontrolado, consumido y no registrado debido a errores de medidas en el medidor.

- **Nivel 4: control de acometidas (medidores)**

$Q_{ical}$  = Caudal incontrolado, consumido y no facturado por falta de medidores en una conexión legal.

$Q_{icai}$  = Caudal incontrolado, consumido y no facturado por falta de medidores en una acometida ilegal. [14]

Una vez realizado los cálculos, se establece un caudal final, este hace referencia al abastecimiento de agua a los usuarios, denominado  $Q_s$ . Representa la combinación del caudal registrado y del caudal incontrolado consumido, como se determina en la ecuación (3).

$$Q_s = Q_r + Q_{ic} = Q - Q_{if} \quad (3)$$

$Q_s$ = Caudal suministrado a los usuarios

- **Porcentaje del caudal fugado**

$$\% Caudal fugado = \frac{Q_{if}}{Q} \quad (4)$$

## 2.9 RENDIMIENTOS HÍDRICOS DE UNA RED DE AGUA POTABLE

Los rendimientos hídricos porcentuales, caracterizan la eficiencia de un sistema de abastecimiento de agua potable [14]:

- Rendimiento global del sistema  $n_s$ : siendo la relación entre el caudal registrado y el caudal total inyectado, obteniendo la ecuación (5).

$$n_s = \frac{Q_r}{Q} \quad (5)$$

- Rendimiento de la red  $n_r$ : es la relación entre el caudal suministrado a los consumidores y el caudal total inyectado, determinado mediante la ecuación (6).

$$n_r = \frac{Q_s}{Q} \quad (6)$$

- Rendimiento de la gestión técnico – administrativo  $n_g$ : es la relación entre el caudal registrado y el caudal suministrado, definido en la ecuación (7).

$$n_g = \frac{Q_r}{Q_s} \quad (7)$$

La eficacia de un sistema de suministro de agua potable debe evaluarse mediante el rendimiento global, siendo la relación entre el caudal registrado y el caudal inyectado. Basándose en este indicador se propone una escala para clasificar la gestión de los sistemas de suministro [14]. Las escalas mostradas en la Tabla 1 posibilitan evaluar desde una gestión excelente (con rendimientos que superan el 90%) hasta una administración inaceptable (con rendimientos que no alcanzan el 50%), funcionando como guía de diagnóstico para determinar prioridades de mejora técnica y administrativa.

**Tabla 1.** Rangos de rendimientos del sistema de distribución

Rango	Calificación
$n_s > 0.9$	Excelente
$0.8 < n_s < 0.9$	Muy bueno
$0.7 < n_s < 0.8$	Bueno
$0.6 < n_s < 0.7$	Regular
$0.5 < n_s < 0.6$	Malo
$0.5 < n_s$	Inaceptable

*Nota.* Adaptado de [14].

## 2.10 ESTADO DEL ARTE

Las fugas en las redes de suministro de agua potable representan un problema de reto mundial que impacta la sostenibilidad de los sistemas de suministro, particularmente en áreas rurales y urbanas que cuentan con una infraestructura restringida. La utilización mundial de

agua ha experimentado un incremento en los últimos cien años, continuando a un ritmo de alrededor del 1% anualmente debido a un aumento demográfico, por la transformación de los patrones de consumo y el progreso económico en la actualidad [15]. En países en vías de desarrollo, se estima pérdidas comunes de 40-50 % del agua producida, con altos costos económicos y energéticos [2]. A escala global, se calcula que el porcentaje de agua no registrada es aproximadamente del 34% y en Ecuador del 65%, cuyas principales razones son: fugas, errores en la medición, conexiones ilegales, entre otros [16].

En el Ecuador la falta de agua para consumo es uno de los problemas más frecuentes en los sistemas municipales de agua potable. Hoy en día, se calcula que el 85% de la población cuenta con un servicio de agua potable adecuado; no obstante, cerca del 40% no está registrado o facturado, a causa de pérdidas, fugas o tomas ilegales, lo que representa un desafío en la administración y distribución de agua para consumo humano [17]. En ese marco, las metodologías normalizadas de auditoría hídrica IWA/AWWA, fundadas en el balance hídrico y sus indicadores, son la referencia técnica para diferenciar pérdidas reales (fugas) de pérdidas aparentes (errores de medición, fraudes, etc.) y priorizar actuaciones [18],[19].

El estudio en la parroquia Gonzalo Pizarro, ubicada en la provincia de Sucumbíos, refleja la carencia de mantenimientos a la infraestructura de la red de distribución de agua potable, además el deterioro de las tuberías y circunstancias ambientales agravan la situación. Adicionalmente, se han detectado efectos ambientales moderados en el funcionamiento del sistema, vinculados con la recepción y almacenaje de sustancias químicas, el procedimiento de desinfección y la limpieza de elementos del sistema. Por lo tanto surge la necesidad de aplicar mantenimientos preventivos y acciones correctivas con el fin de disminuir las pérdidas de agua.

La Agencia de Regulación y Control del Agua (ARCA), con la finalidad de fomentar la administración eficaz del agua potable en el país y aumentar la efectividad en el monitoreo técnico de la calidad del agua destinada al consumo humano, emitió la normativa N° 011-2022, que establece criterios técnicos que minimicen las pérdidas en los sistemas gestionados por los municipios y las Juntas Administradoras de Agua Potable (JAAP), y la normativa número 012-2022, que dicta directrices para la supervisión de la calidad del agua destinada para el consumo humano, publicadas el 11 de abril de 2022 en el Registro Oficial Orgánico.

## CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

### 3.1 DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA

La presente investigación denominada “Incidencia de fugas en la red de abastecimiento de agua potable del cantón Gonzalo Pizarro de la provincia de Sucumbíos” comenzó con una fase inicial de revisión bibliográfica, con el propósito de plasmar información sobre el tema en estudio; posteriormente se ha ejecutado una recolección minuciosa de datos concernientes al tema en desarrollo e información proporcionada por la entidad municipal del sector. En la Figura 4, se plasma el esquema metodológico planteado, detallando las etapas para el procesamiento y manejo de la información.

**Figura 4.** Esquema de la metodología propuesta



### 3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación adopta un enfoque mixto. El método cualitativo basado en una revisión literaria para recolectar datos del lugar sobre los problemas que enfrentan las áreas con mayor frecuencia de fugas y sus causas. Mientras que, la metodología cuantitativa se enfoca en la revisión de registros operativos, análisis del balances hídricos y estimación del volumen de agua incontrolada. “Los métodos cuantitativos son secuenciales y probatorios, cada etapa precede a la siguiente y no podemos eludir pasos para la recolección de datos” [20, p. 4]. Su enfoque en la recolección y análisis de datos numéricos, tiene mayor peso y guía a la metodología cualitativa [21].

### 3.3 ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación asume un enfoque descriptivo y explicativo para detallar y determinar las pérdidas en la red de agua potable del cantón Gonzalo Pizarro, parroquia Lumbaqui, en el período 2020-2024. En el análisis descriptivo se utilizan mediciones sistemáticas, lecturas de macromedidores y micromedidores, tabulación y representación de indicadores, así como, la valorización económica del  $m^3$  perdido. El resultado constituye una

representación precisa de dimensiones, tendencias y tramos/puntos críticos. En el aspecto explicativo, identifica mecanismos que producen las pérdidas: presiones no controladas, materiales/conexiones envejecidas, medición deficiente y consumos no autorizados. Por lo tanto el alcance explicativo, busca justificar decisiones técnicas y estimar estrategias de mejoras.

### **3.4 POBLACIÓN DE ESTUDIO Y TAMAÑO DE MUESTRA**

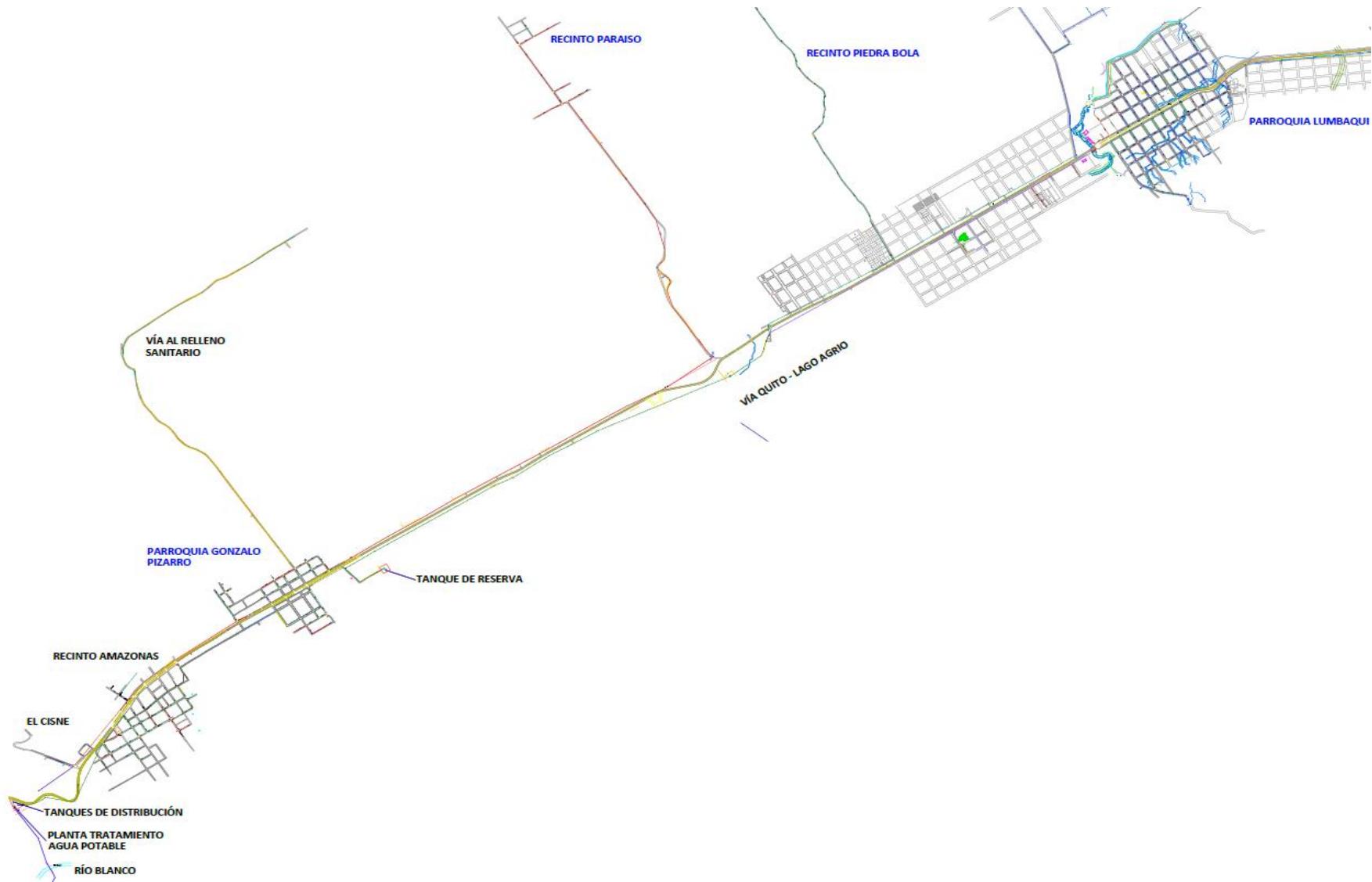
La población de estudio abarca todo el cantón Gonzalo Pizarro (Sucumbíos), es decir, todos los sistemas de abastecimiento, redes de distribución, conexiones activas y usuarios ubicados en sus parroquias urbanas y rurales, abarcando hogares, instituciones públicas y comercios, los cuales hacen uso del servicio para sus actividades cotidianas. Según datos del Instituto Nacional de Estadística y Censos en el año 2010, la parroquia Lumbaqui cuenta con una población aproximada de 3 753 habitantes.

Desde la perspectiva técnica de análisis, se consideran como unidades de estudio a las conexiones activas registradas en el sistema, las cuales alcanzan alrededor de 1022 usuarios, de acuerdo con datos suministrados por el GAD Municipal de Gonzalo Pizarro. Además, se toma en cuenta otras formas de consumo no registradas de manera oficial, como las conexiones ilegales o clandestinas, siendo las instalaciones que utilizan el servicio sin permiso ni pago, así como también entidades municipales exoneradas de tarifas. Estos casos se incluyen dentro de la muestra de estudio por su influencia en el balance hídrico y en la sostenibilidad del servicio.

### **3.5 RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE**

Se lleva a cabo un análisis de la red de distribución que comienza en la captación del río Libertad, desde el cual el agua recorre aproximadamente 3.6 kilómetros hasta alcanzar la planta de tratamiento “El Manantial”. Una vez tratado, el recurso se almacena en un tanque perteneciente al sistema general de abastecimiento. En la Figura 5, se ilustra las secciones por las que circula la red de abastecimiento que suministra el servicio a las poblaciones del cantón. Se detalla desde el punto de captación hasta el lugar donde se lleva a cabo el tratamiento de este recurso, así como el recorrido de la red que beneficia a todos los usuarios de dicho servicio.

Figura 5. Red de distribución de agua potable



### 3.6 RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

La Tabla 2 sintetiza la progresión de la población en el cantón Gonzalo Pizarro desde el año 2020 hasta una proyección al año 2030, evidenciando anualmente la cantidad de residentes y posibles variaciones demográficas.

**Tabla 2.** Población detallada del cantón Gonzalo Pizarro

Cantón Gonzalo Pizarro	Población año 2020			Proyección Año 2023			Proyección año 2030		
	Rural	Urbano	Total	Rural	Urbano	Total	Rural	Urbano	Total
El Reventador	431.00	1 316.00	<b>1 747.00</b>	443.00	1 351.00	<b>1 794.00</b>	463.00	1 412.00	<b>1 875.00</b>
Gonzalo Pizarro	2 020.00	1 419.00	<b>3 439.00</b>	2 073.00	1 456.00	<b>3 529.00</b>	2 168.00	1 523.00	<b>3 691.00</b>
Lumbaqui	1 652.00	2 101.00	<b>3 753.00</b>	1 696.00	2 156.00	<b>3 852.00</b>	1 773.00	2 254.00	<b>4 027.00</b>
Puerto Libre	613.00	455.00	<b>1 068.00</b>	630.00	467.00	<b>1 097.00</b>	658.00	489.00	<b>1 147.00</b>
<b>Total General</b>	<b>4 716.00</b>	<b>5 291.00</b>	<b>10 007.00</b>	<b>4 842.00</b>	<b>5 430.00</b>	<b>10 272.00</b>	<b>5 062.00</b>	<b>5 678.00</b>	<b>10 740.00</b>

*Nota.* Adaptado de [6].

Como se puede observar en la Tabla 2, en el año 2020-2023, el cantón Gonzalo Pizarro tuvo un crecimiento poblacional pequeño, de 10 007.00 a 10 272.00, representando un crecimiento cercano del 2.6%, esta tendencia continua hasta el año 2030, dando una proyección estimada de 10 740.00 habitantes. El incremento es mucho más evidente en las parroquias de Gonzalo Pizarro y Lumbaqui, siendo estas las más pobladas.

**Tabla 3.** Cobertura de servicios básicos por parroquia

Servicios Básicos:	Puerto Libre		Gonzalo Pizarro		Lumbaqui		Reventador		Total cantonal	
	Subtotal	%	Subtotal	%	Subtotal	%	Subtotal	%	Total	%
Servicios de agua por tubería dentro de la vivienda	46.00	20.72	181.00	28.96	442.00	44.96	138.00	32.02	807.00	35.69
Servicios de agua por tubería fuera de la vivienda	109.00	49.10	156.00	24.96	354.00	36.01	233.00	54.06	852.00	37.68
Servicios de agua fuera de la vivienda	7.00	3.15	32.00	5.12	40.00	4.07	17.00	3.94	96.00	4.25
No tienen servicio de agua	60.00	27.03	256.00	40.96	147.00	14.95	43.00	9.98	506.00	22.38
<b>Subtotal</b>	<b>222.00</b>	<b>100.00</b>	<b>625.00</b>	<b>100.00</b>	<b>983.00</b>	<b>99.99</b>	<b>431.00</b>	<b>100.00</b>	<b>2 261.00</b>	<b>100.00</b>

*Nota.* Adaptado de [6].

La Tabla 3 refleja el servicio básico por el cual está compuesto cada parroquia, mencionando que la parroquia Gonzalo Pizarro y Lumbaqui son las únicas que cuentan con la red de abastecimiento de agua potable a comparación de Puerto Libre y Reventador que cuentan con métodos alternativos de captación. De acuerdo con la información recolectada por el equipo consultor, el acceso a servicios de agua potable en la parroquia Lumbaqui es más beneficioso, con un 80% de la población que se beneficia de la red de distribución.

**Tabla 4.** Caudal registrado de la parroquia Lumbaqui del GADM del cantón Gonzalo Pizarro en (m<sup>3</sup>/mes)

Mes	2020	2021	2022	2023	2024
Enero	16 175.00	20 940.00	20 419.00	21 196.00	22 630.00
Febrero	15 062.00	16 135.00	17 843.00	17 961.00	17 501.00
Marzo	15 217.00	14 038.00	16 514.00	16 014.00	19 260.00
Abril	13 554.00	14 299.00	15 823.00	17 388.00	19 753.00
Mayo	14 246.00	15 303.00	16 512.00	16 447.00	18 544.00
Junio	16 348.00	13 483.00	15 993.00	16 036.00	21 918.00
Julio	12 172.00	13 837.00	16 347.00	16 007.00	18 936.00
Agosto	12 853.00	19 077.00	16 568.00	17 415.00	19 656.00
Septiembre	16 251.00	15 566.00	16 392.00	17 397.00	19 538.00
Octubre	13 417.00	15 837.00	16 909.00	19 215.00	18 860.00
Noviembre	12 020.00	13 851.00	14 808.00	17 253.00	18 038.00
Diciembre	13 938.00	13 921.00	16 277.00	13 823.00	13 709.00
<b>Total</b>	<b>171 253.00</b>	<b>186 287.00</b>	<b>200 405.00</b>	<b>206 152.00</b>	<b>228 343.00</b>

*Nota.* Adaptado de GADMC de Gonzalo Pizarro.

El caudal registrado desde el año 2020 hasta el 2024, evidenciado en la Tabla 4 la tendencia anual presenta una creciente en el caudal registrado en la parroquia Lumbaqui. Según datos proporcionados por el GADMGP el total anual pasó de 171 253.00 m<sup>3</sup> en 2020 a 228 343.00 m<sup>3</sup> en 2024, lo que representa un incremento absoluto de 57 090.00 m<sup>3</sup> en cinco años, equivalente a un crecimiento acumulado del 33.34%. El tipo de caudalímetro utilizado para registrar el consumo de los usuarios tiene como certificación la ISO 4064, el cual está compuesto por cuerpo de plástico resistente y conexiones de latón para una larga duración, de marca Instrutek.

**Tabla 5.** Usuarios registrados de la parroquia Lumbaqui del GADM del cantón Gonzalo Pizarro

Mes	2020	2021	2022	2023	2024
Enero	790.00	905.00	936.00	970.00	1 001.00
Febrero	790.00	905.00	942.00	974.00	1 001.00
Marzo	791.00	906.00	946.00	978.00	1 004.00
Abril	791.00	907.00	951.00	979.00	1 008.00
Mayo	791.00	909.00	952.00	983.00	1 009.00
Junio	793.00	909.00	955.00	983.00	1 012.00
Julio	794.00	912.00	957.00	988.00	1 012.00
Agosto	795.00	924.00	960.00	988.00	1 012.00
Septiembre	795.00	926.00	962.00	991.00	1 018.00
Octubre	796.00	926.00	966.00	995.00	1 021.00
Noviembre	799.00	930.00	966.00	996.00	1 022.00

Diciembre	800.00	933.00	966.00	999.00	1 022.00
-----------	--------	--------	--------	--------	----------

*Nota.* Adaptado de GADMC de Gonzalo Pizarro.

Mediante facturas registradas durante los cinco años de estudio y haciendo énfasis en el año 2024, se identificó un total de 1 022 usuarios beneficiarios de la red hasta el mes de diciembre, presentado en la Tabla 5, evidenciando un incremento constante en la cantidad de usuarios registrados en el sistema de agua potable. Esto indica una expansión de la cobertura del servicio, probablemente asociada al aumento de la población, a procesos de normalización de conexiones ya existentes o a la inclusión de nuevas viviendas y negocios en la red.

**Tabla 6.** Agua potable facturada de la parroquia Lumbaqui del GADM del cantón Gonzalo Pizarro

Mes	2020	2021	2022	2023	2024
Enero	\$6 238.89	\$7 561.08	\$6 586.22	\$6 733.65	\$7 494.15
Febrero	\$6 356.72	\$5 384.25	\$6 174.59	\$5 688.46	\$5 653.61
Marzo	\$5 645.41	\$4 681.46	\$5 276.21	\$4 780.43	\$5 985.39
Abril	\$4 864.86	\$5 100.82	\$5 309.28	\$5 434.54	\$6 190.03
Mayo	\$5 392.52	\$5 506.05	\$5 787.73	\$5 052.10	\$5 670.42
Junio	\$5 628.15	\$4 484.72	\$5 172.13	\$4 891.61	\$6 957.77
Julio	\$4 712.43	\$4 567.36	\$5 441.34	\$5 053.61	\$6 164.46
Agosto	\$5 085.01	\$5 306.04	\$5 563.35	\$5 498.57	\$7 122.41
Septiembre	\$5 619.49	\$5 005.47	\$5 309.98	\$5 519.24	\$6 242.11
Octubre	\$4 745.13	\$5 128.12	\$5 705.68	\$5 888.70	\$5 850.77
Noviembre	\$5 756.68	\$4 504.42	\$4 446.11	\$5 307.67	\$5 561.28
Diciembre	\$4 348.40	\$4 710.45	\$4 929.05	\$4 258.84	\$4 259.76
<b>Total</b>	<b>64 393.69</b>	<b>61 940.24</b>	<b>65 701.67</b>	<b>64 107.42</b>	<b>\$73 152.16</b>

*Nota.* Adaptado de GADMC de Gonzalo Pizarro.

Entre los años 2020 y 2024, la facturación anual por el consumo de agua potable en el cantón Gonzalo Pizarro ha mostrado un crecimiento, logrando un total de \$73 152.16 en el año 2024, el valor más elevado registrado en los cinco años de estudio, concordando con un crecimiento en la cantidad de usuarios que se elevó de 800.00 en diciembre de 2020 a 1 022.00 en diciembre de 2024, lo que implica un aumento de 222.00 usuarios más al sistema de agua potable, ver Tabla 6.

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

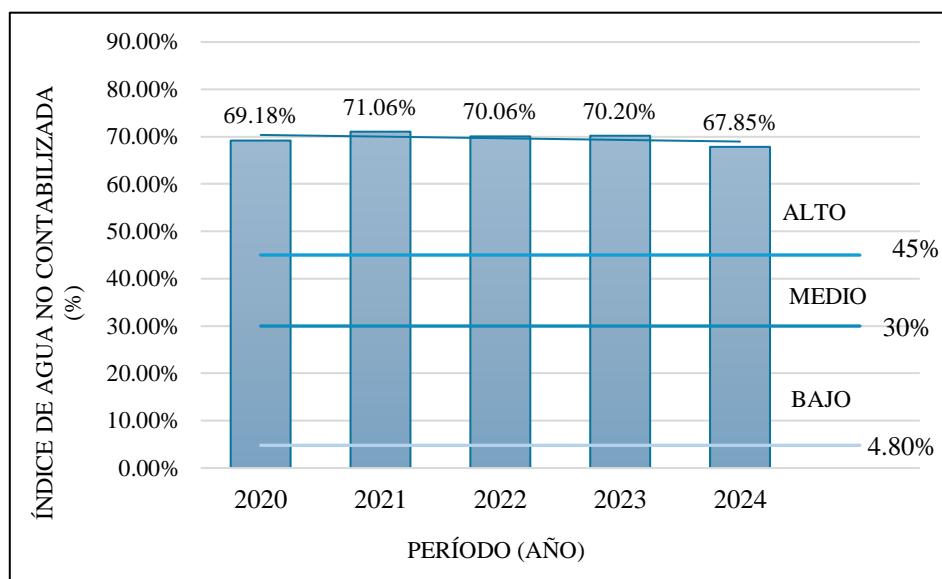
### 4.1 ÍNDICE DE AGUA NO CONTROLADA

Tabla 7. Índice de agua no controlada

Mes	2020			2021			2022			2023			2024		
	Q	Qr	IANC												
<b>Enero</b>	49 657.14	16 175.00	<b>67.43%</b>	56 885.71	20 940.00	<b>63.19%</b>	58 834.29	20 419.00	<b>65.29%</b>	60 971.43	21 196.00	<b>65.24%</b>	62 920.00	22 630.00	<b>64.03%</b>
<b>Febrero</b>	44 148.45	15 062.00	<b>65.88%</b>	50 575.12	16 135.00	<b>68.10%</b>	52 642.84	17 843.00	<b>66.11%</b>	54 431.13	17 961.00	<b>67.00%</b>	55 940.00	17 501.00	<b>68.71%</b>
<b>Marzo</b>	43 678.33	15 217.00	<b>65.16%</b>	50 028.53	14 038.00	<b>71.94%</b>	52 237.29	16 514.00	<b>68.39%</b>	54 004.30	16 014.00	<b>70.35%</b>	55 440.00	19 260.00	<b>65.26%</b>
<b>Abril</b>	52 168.33	13 554.00	<b>74.02%</b>	59 818.81	14 299.00	<b>76.10%</b>	62 720.71	15 823.00	<b>74.77%</b>	64 567.38	17 388.00	<b>73.07%</b>	66 480.00	19 753.00	<b>70.29%</b>
<b>Mayo</b>	46 207.68	14 246.00	<b>69.17%</b>	53 100.86	15 303.00	<b>71.18%</b>	55 612.78	16 512.00	<b>70.31%</b>	57 423.70	16 447.00	<b>71.36%</b>	58 942.54	18 544.00	<b>68.54%</b>
<b>Junio</b>	44 728.29	16 348.00	<b>63.45%</b>	51 271.14	13 483.00	<b>73.70%</b>	53 865.72	15 993.00	<b>70.31%</b>	55 445.03	16 036.00	<b>71.08%</b>	57 080.74	21 918.00	<b>61.60%</b>
<b>Julio</b>	46 136.01	12 172.00	<b>73.62%</b>	52 992.49	13 837.00	<b>73.89%</b>	55 607.25	16 347.00	<b>70.60%</b>	57 408.53	16 007.00	<b>72.12%</b>	58 803.07	18 936.00	<b>67.80%</b>
<b>Agosto</b>	47 902.01	12 853.00	<b>73.17%</b>	55 674.79	19 077.00	<b>65.73%</b>	57 843.94	16 568.00	<b>71.36%</b>	59 531.05	17 415.00	<b>70.75%</b>	60 977.15	19 656.00	<b>67.76%</b>
<b>Septiembre</b>	45 793.23	16 251.00	<b>64.51%</b>	53 339.03	15 566.00	<b>70.82%</b>	55 412.68	16 392.00	<b>70.42%</b>	57 083.13	17 397.00	<b>69.52%</b>	58 638.37	19 538.00	<b>66.68%</b>
<b>Octubre</b>	45 957.22	13 417.00	<b>70.81%</b>	53 462.80	15 837.00	<b>70.38%</b>	55 772.20	16 909.00	<b>69.68%</b>	57 446.52	19 215.00	<b>66.55%</b>	58 947.64	18 860.00	<b>68.01%</b>
<b>Noviembre</b>	46 127.97	12 020.00	<b>73.94%</b>	53 690.88	13 851.00	<b>74.20%</b>	55 769.24	14 808.00	<b>73.45%</b>	57 501.20	17 253.00	<b>70.00%</b>	59 002.24	18 038.00	<b>69.43%</b>
<b>Diciembre</b>	44 959.96	13 938.00	<b>69.00%</b>	52 434.55	13 921.00	<b>73.45%</b>	54 289.15	16 277.00	<b>70.02%</b>	56 143.75	13 823.00	<b>75.38%</b>	57 436.35	13 709.00	<b>76.13%</b>
<b>Promedio</b>	<b>46 455.38</b>	<b>14 271.08</b>	<b>69.18%</b>	<b>53 606.23</b>	<b>15 523.92</b>	<b>71.06%</b>	<b>55 884.01</b>	<b>16 700.42</b>	<b>70.06%</b>	<b>57 663.10</b>	<b>17 179.33</b>	<b>70.20%</b>	<b>59 217.34</b>	<b>19 028.58</b>	<b>67.85%</b>

Durante el periodo de cinco años, el Índice de Agua No Controlada (IANC) se mantiene en niveles alarmantes. El promedio anual se incrementó desde el 69.18% en 2020 hasta un pico de 71.06% en 2021 y, pese a que experimenta una ligera caída hasta el 67.85% en 2024, persiste la situación de que casi siete de cada diez metros cúbicos producidos no se facturan. La dispersión mensual ratifica la gravedad del problema: en abril de 2021 se alcanzó el valor más alto, con un 76.10%, y en diciembre de 2024 se volvió逼近 a este nivel, con un 76.13%, como se observa en la Tabla 7. Estas cifras demuestran que los aumentos en el caudal registrado no generan mejoras significativas en la eficiencia, ya que las pérdidas (tanto reales como aparentes) anulan cualquier beneficio que se logre por la ampliación de usuarios o un aumento en la producción. Considerando que la red se comenzó a construirse en el año 2012, y entró en operación el año 2013, siendo una red no muy antigua por lo que debería funcionar de manera adecuada. Sin embargo, tampoco es una red nueva por lo que puede empezar a presentar ciertas fallas en la distribución de agua.

**Figura 6.** Índice de agua no contabilizada



En la Tabla 7 se puede observar la variación mensual y anual del IANC durante el periodo 2020-2024, demostrando que los valores obtenidos en el sistema del cantón Gonzalo Pizarro se mantienen en valores muy superiores a los parámetros de referencia del ARCA. De acuerdo con información difundida por este organismo, el promedio nacional de agua no contabilizada es de 51.80% para Ecuador en el año 2023, dato más reciente obtenido a nivel nacional [3]. Las guías técnicas señalan que un sistema de abastecimiento bien operado debe buscar reducirla por debajo del 30%, siendo lo ideal alrededor del 25% (IWA).

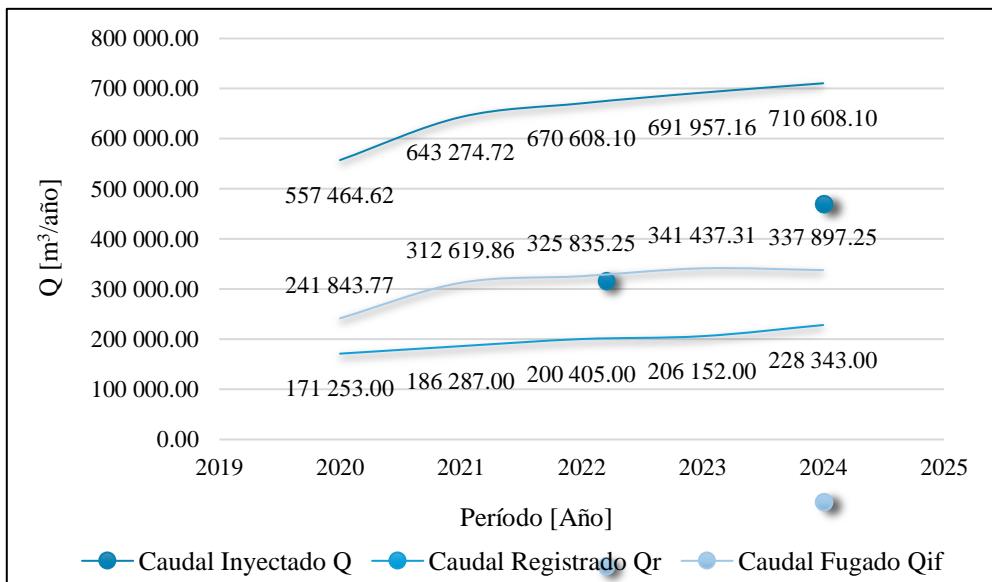
Por el contrario, la serie de la Figura 6 muestra un promedio anual que parte de 69.18% (2020), llega a su máximo en 71.06% (2021) y aunque disminuye, finaliza en 67.85% (2024). Esto implica que, en su mejor momento, el sistema local supera el porcentaje promedio nacional reportado por el ARCA, además duplica el límite de eficiencia deseable de acuerdo con estándares técnicos. Los picos mensuales son alarmantes: abril 2021 (76.10%) y diciembre 2024 (76.13%), casi tres cuartas partes del agua producida no se facturan ni se aprovechan, lo que causa un grave perjuicio económico y operativo.

**Tabla 8.** Caudal fugado total

Año	Caudal Inyectado - Q (m <sup>3</sup> /año)	Caudal registrado - Q <sub>r</sub> (m <sup>3</sup> /año)	Caudal incontrolado - Q <sub>i</sub> (m <sup>3</sup> /año)	Caudal incontrolado Consumido - Q <sub>ic</sub> (m <sup>3</sup> /año)	Caudal Incontrolado por error de medida Q <sub>ice</sub> (m <sup>3</sup> /mes)	Caudal fugado - Q <sub>fif</sub> (m <sup>3</sup> /año)	% Caudal Fugado	% Promedio Global Caudal Fugado
<b>2020</b>	557 464.62	171 253.00	386 211.62	144 367.85	28 424.32	241 843.77	43.38%	
<b>2021</b>	643 274.72	186 287.00	456 987.72	144 367.85	28 424.32	312 619.86	48.60%	
<b>2022</b>	670 608.10	200 405.00	470 203.10	144 367.85	28 424.32	325 835.25	48.59%	
<b>2023</b>	691 957.16	206 152.00	485 805.16	144 367.85	28 424.32	341 437.31	49.34%	
<b>2024</b>	710 608.10	228 343.00	482 265.10	144 367.85	28 424.32	337 897.25	47.55%	
<b>Total</b>	3 273 912.70	992 440.00	2 281 472.70	721 839.26	142 121.62	1 559 633.43	47.34%	47.34%

En los cinco años de estudio (2020-2024), las pérdidas reales ascienden a 1 559 633.43 m<sup>3</sup>, lo que representa un promedio global de 47.34% de agua fugada, (Tabla 8). Se observa que a mayor volumen inyectado no se logra una mejor eficiencia, por el contrario, la empeora. Estos sistemas son no controlados en presiones, no sectorizados y que utilizan una micromedición envejecida o insuficiente. En todos los casos, como política de manejo, se debe controlar pérdidas, antes que incrementos en producción o expansiones, ya que se maximiza el costo por m<sup>3</sup> útil sin mejorar la calidad del servicio prestado.

**Figura 7.** Caudal fugado total



La comparación realizada cada cinco años, evidencia que, a pesar de que se inyecta un mayor caudal cada año, no se logra disminuir el volumen de agua fugada, por lo que las pérdidas aumentan o se mantienen elevadas anualmente. Es la muestra de que la estrategia operativa ha priorizado producir más que perder menos, insostenible en el tiempo, técnica y financieramente, como se muestra en la Figura 7.

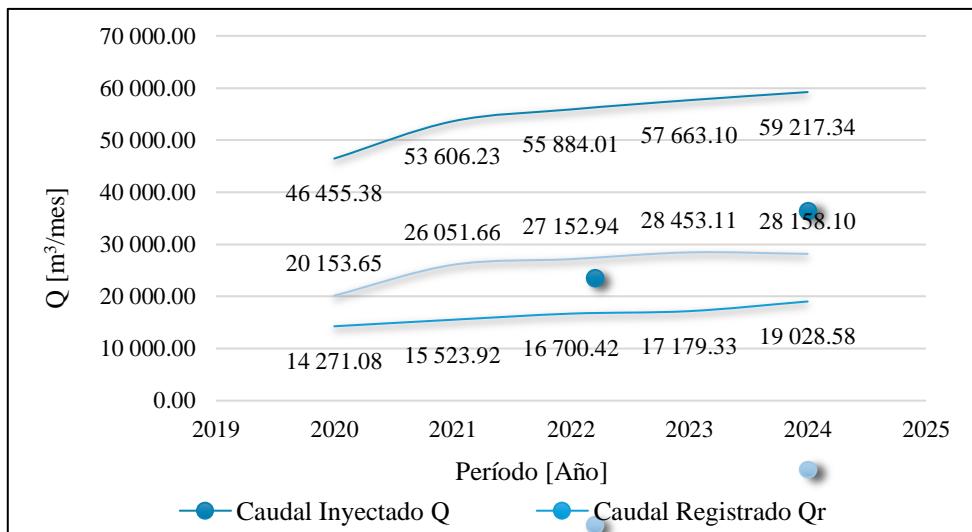
## 4.2 CAUDAL FUGADO PROMEDIO

Tabla 9. Caudal fugado promedio

Año	Caudal Inyectado - Q (m <sup>3</sup> /mes)	Caudal registrado - Q <sub>r</sub> (m <sup>3</sup> /mes)	Caudal incontrolado - Q <sub>i</sub> (m <sup>3</sup> /mes)	Caudal incontrolado Consumido - Q <sub>ic</sub> (m <sup>3</sup> /mes)	Caudal Incontrolado por error de medida Q <sub>ice</sub> (m <sup>3</sup> /mes)	Caudal fugado - Q <sub>if</sub> (m <sup>3</sup> /mes)	% Caudal Fugado
2020	46 455.38	14 271.08	32 184.30	12 030.65	2 368.69	20 153.65	43.23%
2021	53 606.23	15 523.92	38 082.31	12 030.65	2 368.69	26 051.66	48.57%
2022	55 884.01	16 700.42	39 183.59	12 030.65	2 368.69	27 152.94	48.49%
2023	57 663.10	17 179.33	40 483.76	12 030.65	2 368.69	28 453.11	49.30%
2024	59 217.34	19 028.58	40 188.76	12 030.65	2 368.69	28 158.10	47.50%

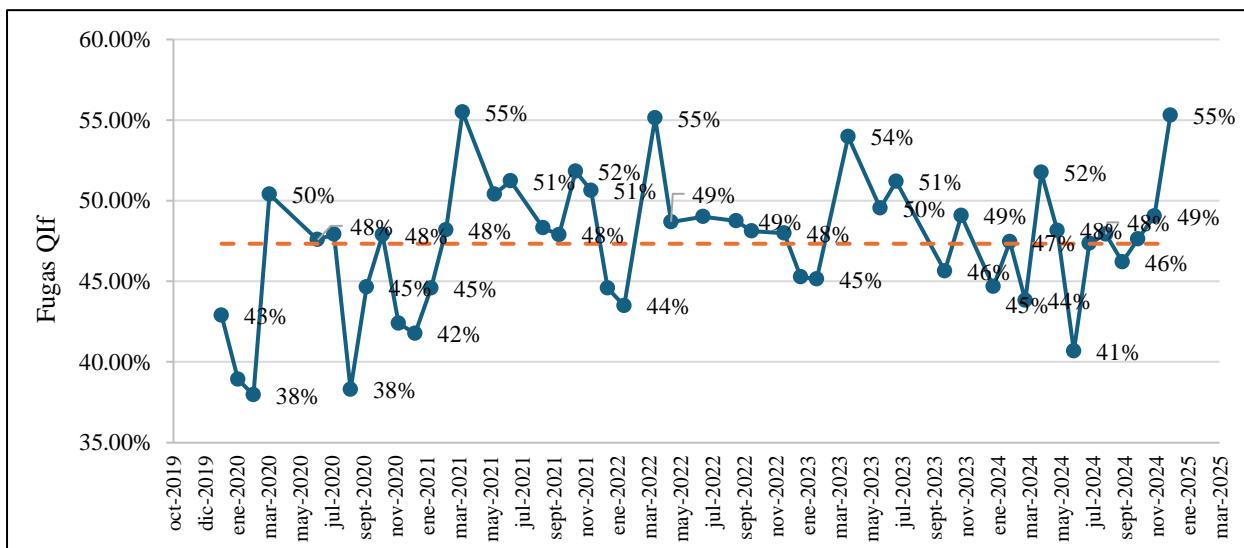
El análisis de promedios anuales reafirma su estabilidad negativa: todos los años superan el 43% y no se observa una línea descendente (Tabla 9). La conclusión operativa es clara: la red está en pérdidas estructurales, no puntuales. Para revertir esta situación es necesario implementar un plan integral que involucre la sectorización hidráulica, el control activo de presiones, la renovación de tramos críticos (priorizados por índice de fallas y criticidad), la macromedición y micromedición auditadas, y un programa permanente de detección de fugas (correladores, geófonos, análisis nocturnos de caudales mínimos), más un componente de pérdidas aparentes (auditoría comercial, normalización de conexiones, y el uso de contadores eficientes).

Figura 8. Caudal fugado promedio



En la Figura 8, se evidencia una tendencia casi horizontal entre los años 2020 y 2024, la brecha Q – Q<sub>r</sub> no se cierra, por el contrario, se mantiene en niveles críticos, lo que confirma el carácter estructural del problema. La falta de pendiente negativa evidencia que las acciones implementadas han sido reactivas "apagafuegos", requiriendo avanzar hacia un modelo "gestor activo de pérdidas" con objetivos anuales medibles y auditorías técnico-comerciales.

**Figura 9.** Caudal fugado general



En la Figura 9, se sintetiza gráficamente el caudal fugado total en los cinco años, en concordancia con las tablas de resultados en las que se informa que se tiene un promedio general de 47.34% de caudal fugado y un total de 1 559 633.43 m<sup>3</sup> para el periodo 2020-2024. Metodológicamente, la figura sigue el andamiaje de balances anteriores: no crea nuevas transformaciones, sino que suma y muestra tendencias ya calculadas, fortaleciendo la trazabilidad entre capítulos. En cuanto a su validez, el gráfico apoya inferencias sobre la persistencia del problema en el tiempo (no hay caída estructural), y permite asociar cualitativamente la evolución del caudal inyectado con la permanencia de pérdidas altas.

### 4.3 PÉRDIDA ECONÓMICA

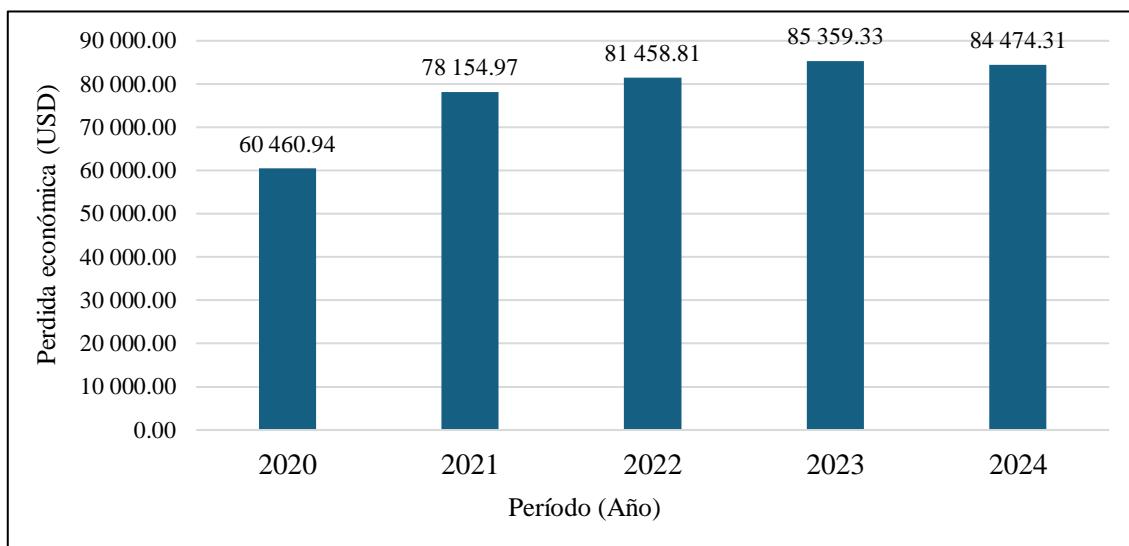
**Tabla 10.** Pérdida económica

Año	Volumen fugado (m <sup>3</sup> )	Costo (USD/m <sup>3</sup> )	Costo anual (USD)
<b>2020</b>	241 843.77	0.25	60 460.94
<b>2021</b>	312 619.86	0.25	78 154.97
<b>2022</b>	325 835.25	0.25	81 458.81
<b>2023</b>	341 437.31	0.25	85 359.33
<b>2024</b>	337 897.25	0.25	84 474.31
<b>Total</b>	1 559 633.43		389 908.36

En la Tabla 10 se convierte el volumen fugado anual en términos monetarios, considerando un costo unitario constante de USD 0.25/m<sup>3</sup> para los cinco años. Los valores reportados 241 843.77 m<sup>3</sup> (2020, USD 60 460.94), 312 619.86 m<sup>3</sup> (2021, USD 78 154.97), 325 835.25 m<sup>3</sup> (2022, USD 81 458.81), 341 437.31 m<sup>3</sup> (2023, USD 85 359.33) y 337 897.25 m<sup>3</sup> (2024, USD 84 474.31) muestran pérdidas económicas crecientes hasta 2023 y que disminuyen ligeramente en 2024, lo cual es consistente con el comportamiento volumétrico del agua fugada que se presentó en capítulos anteriores. El acumulado 2020-2024 es de 1 559 633.43 m<sup>3</sup> y se valoriza en USD 389 908.36, que es un eslabón para conectar el diagnóstico hidráulico con la sostenibilidad financiera del sistema. En cuanto a la coherencia metodológica, la tabla es

coherente: parte de cantidades propias de la investigación y les aplica un precio unitario explícito, por lo que la trazabilidad es alta. Sobre la validez, la inferencia "más fugas, por lo tanto más gasto" está firmemente apoyada por los datos anuales. En términos de innovación y de contribución, el ejercicio de monetizar la pérdida física es útil para priorizar intervenciones y para comunicar el problema a tomadores de decisión no técnicos.

**Figura 10.** Pérdidas económicas



En la Figura 10, se evidencia que, la pérdida económica se refiere al volumen de fugas estimado en el balance hídrico a costos directos, utilizando un valor unitario constante obtenido de la reforma a la ordenanza del cantón Gonzalo Pizarro, de 0.25 USD por metro cúbico. El análisis cronológico es evidente: entre 2020 y 2023, la pérdida económica experimenta un crecimiento proporcional, aumentando de 60 460.94 USD a 85 359.33 USD. El aumento en la pérdida económica se debe al incremento del caudal inyectado y la continuidad de altos porcentajes de caudal fugado. Se observa una pequeña disminución en 2024 con 84 474.31 USD, en concordancia con la disminución del volumen fugado respecto a 2023, pero insuficiente para cambiar el diagnóstico estructural.

En el periodo acumulado de 2020 a 2024, se ha registrado una pérdida directa de 389 908.36 USD, atribuida exclusivamente a fugas físicas (pérdidas reales), sin considerar los costos indirectos del servicio. Esta trayectoria confirma que la producción de un mayor volumen de agua sin un control adecuado de las pérdidas resulta en un incremento de los gastos y en una situación financiera insostenible, dado que se mantiene casi constante el porcentaje de agua que se pierde, mientras que el volumen absoluto inyectado aumenta.

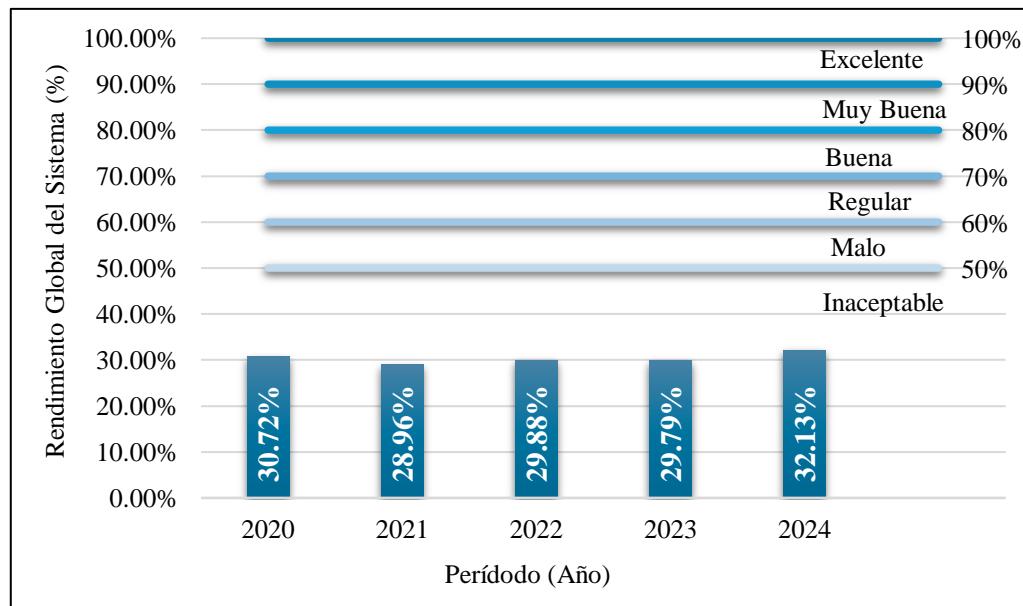
## 4.4 RENDIMIENTO DE LA RED

**Tabla 11.** Rendimiento global de la red

Año	Caudal Inyectado [Q][m <sup>3</sup> /mes]	Caudal Registrado [Qr][m <sup>3</sup> /mes]	Rendimiento Global del Sistema (ns)	Calificación rendimiento global
<b>2020</b>	46 455.38	14 271.08	30.72%	Inaceptable
<b>2021</b>	53 606.23	15 523.92	28.96%	Inaceptable
<b>2022</b>	55 884.01	16 700.42	29.88%	Inaceptable
<b>2023</b>	57 663.10	17 179.33	29.79%	Inaceptable
<b>2024</b>	59 217.34	19 028.58	32.13%	Inaceptable
<b>General</b>	54 565.21	16 540.67	30.30%	Inaceptable

En la Tabla 11 se presenta la eficiencia del sistema de agua potable, al relacionar el agua facturada (la que llega y se mide en los usuarios) con el agua total inyectada a la red. Los valores de rendimiento (ns) varían entre 28.96% (2021) y 32.13% (2024), con un promedio general de 30.30% en todo el período. Según los parámetros de referencia, todo resultado por debajo del 50% es “Inaceptable”. Esto implica que sólo se aprovechan y facturan 3 de cada 10 m<sup>3</sup> de agua generada y que el resto se pierde en fugas, errores de medición o consumos clandestinos. Por lo tanto, los datos en la tabla reafirman que la red es poco eficiente estructuralmente, en concordancia con los altos porcentajes de agua no contabilizada que se reflejan en los balances hídricos. Se debe mencionar que el resultado obtenido del rendimiento de la red es totalmente diferente al porcentaje calculado del Índice de Agua no Controlada previsto por el ARCA, por lo que son inversamente proporcionales.

**Figura 11.** Rendimiento global de la red



La Figura 11, ilustra esta misma información y muestra una tendencia constante pero negativa: el rendimiento se mantiene en torno al 30% en los cinco años mostrados, con una ligera mejoría en 2024 que no altera el diagnóstico. A la vista, la imagen refuerza que el sistema funciona muy por debajo de los mínimos exigibles. En la práctica, esta gráfica permite que

cualquier persona interprete que, aunque se inyecten grandes cantidades de agua, la mayor parte no es aprovechada, lo que se traduce en pérdida de agua, aumento de costos de operación y menor sostenibilidad del servicio.

#### 4.5 MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN DE LA RED

El sistema de agua potable del cantón Gonzalo Pizarro, provincia de Sucumbíos, especialmente en la red que abastece a Lumbaqui enfrenta serios problemas por estar ubicado en la Amazonía y por las condiciones en que se encuentra actualmente. La red de distribución está deteriorada, con tuberías antiguas, elevadas fugas y deficiencias en la sectorización hidráulica, que se traducen en rendimientos globales inferiores al 35%. El sistema de captación y tratamiento, aunque operativo, no cuenta con procesos optimizados de potabilización y regulación de presiones, afectando la calidad del agua suministrada y la sostenibilidad operativa ante una población creciente que requiere más volúmenes de agua.

En términos de mantenimiento y operación, el mantenimiento evidenciado es más correctivo que preventivo, es decir, interviniendo cuando ya se ha producido una rotura o falla en la red, incrementando los costos de operación, además, los recursos humanos y técnicos son escasos y dependen de personal empírico sin un acceso permanente a capacitaciones especializadas.

#### 4.6 CAUSAS Y POSIBLES SOLUCIONES PARA REDUCCIÓN DE FUGAS

**Tabla 12.** Propuesta de posibles soluciones

Causa identificada	Acción propuesta	Responsable	Estrategias de mejora
Desconocimiento de la ubicación exacta de tuberías, antigüedad y estado de conservación de la red.	Inventario hidráulico de la red actualizado y un mapa de puntos críticos.	GADM de Gonzalo Pizarro	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estudio exhaustivo con SIG y GPS de toda la red.</li> <li>- Inventario de materiales, diámetros y año de instalación.</li> <li>- Detección y clasificación de tramos críticos.</li> </ul>
Uso de tuberías viejas y malas conexiones con materiales débiles o corrosivos.	Reemplazo gradual de secciones críticas	GADM de Gonzalo Pizarro	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reemplazar accesorios de tuberías por sectores para reducir cortes.</li> <li>- Usar materiales adecuados, verificando la presión y sector de ubicación.</li> <li>- Establecer accesorios y abrazaderas nuevos.</li> </ul>
Inadecuada realización del mantenimiento preventivo y ausencia de inspecciones periódicas.	Plan de mantenimiento preventivo o activo.	GADM de Gonzalo Pizarro - Dirección de servicios básicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Establecer acciones mensuales y anuales.</li> <li>- Limpieza y revisión de válvulas y tanques.</li> <li>- Identificar fugas nacientes antes de que el problema sea total.</li> </ul>

Medidores viejos (errores de medición y lectura), conexiones ilegales y consumos no autorizados.	Reforzar la micromedición con el reemplazo de medidores antiguos y la instalación en acometidas no controladas.	GADM de Gonzalo Pizarro - Dirección de servicios básicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reemplazar medidores con más de 8–10 años de uso o de un dudoso registro.</li> <li>- Georreferenciación de acometidas y su facturación.</li> <li>- Instalar medidores en todas las tomas no controladas.</li> <li>- Plazo y facilidades de pago, con posterior control y sanción.</li> </ul>
Fugas no localizadas por tuberías subterráneas y baja capacidad técnica municipal.	Integrar tecnologías accesibles (equipos acústicos, sensores de presión).	GADM de Gonzalo Pizarro - Dirección de servicios básicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Adquirir equipos de detección acústica y capacitar al personal en la localización de fugas.</li> <li>- Controlar presiones en tiempo real.</li> <li>- Usar sensores para ubicar fugas profundas.</li> <li>- Generar informes computarizados de fallas.</li> </ul>
Falta de sectorización (control por zonas) de la tubería a cada sector.	Sectorización hidráulica con macromedidores	GADM de Gonzalo Pizarro	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Instalar macromedidores en puntos estratégicos donde se detecta más pérdidas de agua.</li> <li>- Comparar caudal de entrada vs. caudal consumo por cada zona.</li> <li>- Implementar balances hídricos periódicos.</li> </ul>

## 4.7 DISCUSIÓN

En el año 2024, el sistema de Lumbaqui consolida un patrón de ineficiencia estructural, a pesar de un incremento en el volumen de producción. El caudal inyectado anualmente alcanzó un total de 710 608.10 m<sup>3</sup>, mientras que el caudal registrado, que corresponde al volumen efectivamente medido a los usuarios, fue de 228 343.00 m<sup>3</sup>. Como resultado, el rendimiento global del sistema, calculado mediante la relación  $ns = Qr/Q$ , finalizó el año en un 32.13%. Este valor, aunque representa el mejor desempeño en los cinco años, continúa siendo clasificado como "inaceptable" en las escalas técnicas de referencia, dado que indica que solamente 3 de cada 10 m<sup>3</sup> producidos se transforman en volumen facturado. El Índice de Agua No Controlada (IANC) experimentó una leve disminución en comparación con años anteriores; sin embargo, se mantuvo en un nivel crítico, alcanzando un 67.85% anual, con un máximo mensual de 76.13% en diciembre, cifra que se aproxima al máximo estudiado registrado en la serie. Desde una perspectiva operativa, la señal es clara: la expansión de la oferta y el aumento de usuarios no se tradujeron en eficiencia a menos que se aborden las pérdidas.

La reducción del agua no contabilizada apoya esta interpretación, en el año 2024 se perdieron (pérdidas reales) 337 897.25 m<sup>3</sup> de agua, dando un promedio anual de fugas de 47.50% con respecto al agua inyectada. Se observa que la variación anual es significativa, sin embargo los mejores meses estuvieron alrededor de 40-41%, y los menos favorables superaron el 55% en caudal fugado. En el caso de monetizar el volumen de agua perdido a un precio de

0.25 USD por metro cúbico, el costo anual asociado a las fugas para el año 2024, ascienden alrededor de 84 474.31 USD. Así mismo, el componente caudal incontrolado consumido, se estima cerca de 144 000 m<sup>3</sup> al año, concordando con la discrepancia entre el IANC y las fugas reales detectadas.

Desde una perspectiva técnica e hidrodinámica, el año 2024 evidencia que el sistema opera por encima de las presiones objetivo durante una parte significativa del año. Esto se debe, en parte, a eventos estacionales, tales como lluvias intensas, suelos saturados y transitorios de presión, que contribuyen a la amplificación de roturas y microfugas. La falta de sectorización hidráulica, es decir, la ausencia de Áreas de Medición de Distritos (DMAs), dificulta la identificación precisa de los puntos de pérdida y la implementación de mejoras sostenibles. Asimismo, la metrología obsoleta o incompleta, junto con las conexiones irregulares, incrementa las pérdidas aparentes, distorsiona la lectura comercial y afecta negativamente la cultura de pago. El resultado es un ciclo perjudicial: un aumento en la producción de agua genera mayores pérdidas, ejerce presión sobre la continuidad y la calidad del servicio, lo que conlleva un riesgo de intrusión en las depresiones, y desestabiliza las finanzas del servicio.

Para el año 2024, los resultados confirman que la forma de gestionar el sistema debe cambiar. Con fugas cercanas al 47.50% y un IANC de 67.85%, cualquier acción que logre reducir las pérdidas reales en unos 5 a 10 puntos en las Áreas de Medición de Distritos (DMAs) piloto puede pagarse sola en poco tiempo, gracias al ahorro de agua tratada y de energía. La prioridad inmediata es crear y seguir de manera sistemática los distritos de medida, fijar metas de caudal mínimo nocturno por sector y controlar las presiones mediante válvulas reguladoras y ajustes según la hora y la época del año. Al mismo tiempo, se requiere un programa fuerte de búsqueda y reparación de fugas, con recorridos nocturnos, uso de geófonos y correladores, y la ejecución de reparaciones en menos de 48 horas. A esto se suma el recambio de micromedidores antiguos o poco precisos, de modo que la ligera mejora observada en 2024 se convierta en una tendencia sostenida. Así, el sistema puede transformar el avance estadístico en mejoras reales del servicio: mayor continuidad, presiones más adecuadas y una situación financiera más sólida, basada en aprovechar mejor el agua que ya se produce, en lugar de seguir incrementando la producción y perderla en la red.

## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 CONCLUSIONES

En el ámbito nacional, el Boletín Técnico de Agua Potable y Alcantarillado informa que, en Ecuador, los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD) municipales facturaron el 48,2% del agua distribuida en 2023 [3]. Esto indica que aproximadamente el 51,8% del volumen corresponde a agua no contabilizada a nivel nacional. Este valor se considera problemático, dado que más de la mitad del agua que ingresa a las redes no se registran ni se facturan, debido a fugas, consumos no medidos, conexiones irregulares y errores en la medición. En contraste, los resultados obtenidos para la parroquia Lumbaqui indican un (IANC) del 69,18% en 2020 y del 67,85% en 2024, lo que representa un incremento de entre 16 y 18 puntos porcentuales por encima del promedio nacional de Agua No Controlada (ANC) estimado para 2023. Esto indica que el sistema de Gonzalo Pizarro presenta una pérdida de agua, en términos proporcionales, considerablemente superior a la media nacional, incluso en un contexto en el que el país ya muestra elevados niveles de agua no contabilizada.

La magnitud es de carácter crítico y estructural. En el año 2024, el (IANC) se situó en un 67.85% (con un 76.13% en diciembre), mientras que el rendimiento global (ns) alcanzó un 32.13%. En términos operativos, únicamente 3 de cada 10 metros cúbicos inyectados lograron ser contabilizados en el medidor y reflejados en la factura. Las pérdidas reales ascendieron a 337 897.25 m<sup>3</sup>, lo que representa el 47.50% del agua inyectada. Esto confirma que el sistema pierde casi la mitad de su producción, lo que genera tensiones en la continuidad, la presión y las finanzas. La gestión eficaz implica la transición de un enfoque de mantenimiento reactivo a una gestión activa de las pérdidas. Esto incluye la implementación de sectorización hidráulica mediante Áreas de Medición Distritual (DMAs), la utilización de macromedición, el control de presiones según franjas horarias y temporadas, la detección nocturna y la reparación temprana de fugas, así como el fortalecimiento de los aspectos metrológicos y comerciales para reducir las pérdidas aparentes, tales como conexiones ilícitas y subregistros.

Las fugas muestran niveles elevados y permanecen de manera prolongada en el transcurso del tiempo, conforme el análisis realizado. Pese al incremento en la producción de agua y en el número de usuarios, el caudal perdido permaneció superior al 40% entre los años 2020 y 2024, alcanzando un 47.50% en 2024. El rendimiento incrementa a 32.13%, considerándose como una red inaceptable, y así reflejando la ineficiencia del sistema en carácter estructural mas no de una situación temporal. Las fugas son la principal causa del bajo rendimiento del sistema al generar discrepancias entre el volumen producido y facturado.

La lectura integrada del año 2024 pone de manifiesto sectores críticos que presentan concentraciones de pérdidas, las cuales son identificables a través de picos en el (IANC), caudales mínimos nocturnos elevados y ciclos de roturas que ocurren tras episodios de lluvia. La falta de sectorización dificultó el aislamiento preciso de las contribuciones de cada tramo. No obstante, el análisis conjunto de los registros de averías, reclamaciones, consumos atípicos y variaciones de presión facilitó la identificación de corredores de riesgo, que incluyen tramos con materiales heterogéneos, acometidas antiguas y válvulas que no han recibido mantenimiento. En los servicios públicos, tales como escuelas, centros de salud, mercados,

complejos deportivos y edificios municipales, se ha constatado una pérdida continua de accesorios, como llaves e inodoros, lo cual es característico de fugas menores pero persistentes. Por lo tanto, la identificación efectuada respalda la necesidad de implementar DMAAs tele medidos con el fin de transitar de un mapa cualitativo a un inventario cuantitativo de pérdidas por zona, priorizando así la operación y el mantenimiento preventivo en lugar del correctivo.

En el año 2024, el 47.50% del volumen total distribuido se perdió, lo que equivale a 337 897.25 m<sup>3</sup>. El Índice de Aguas No Contabilizadas (IANC) es del 67.85%, lo que muestra una alta incidencia de pérdidas aparentes. Las pérdidas se encuentran relacionadas a consumos no autorizados, errores de medición y facturación irregular. El costo directo para el año 2024 asciende a aproximadamente 84 474.31 USD al aplicar un criterio conservador de valoración de fugas de 0.25 USD por metro cúbico. Los costos ligados a energía, reactivos, horas-hombre y depreciación no están incluidos en esta cifra. Las pérdidas directas se estiman en aproximadamente 389 908.36 USD entre 2020 y 2024. Por lo tanto, la regularización de usuarios y el reemplazo de micromedidores proporciona un retorno económico ágil al disminuir fugas y normalizar consumos.

La evaluación técnica realizada confirma que las pérdidas reales en 2024, que ascienden al 47.50%, se deben principalmente a la falta de sectorización (DMAAs), un control de presiones insuficiente, así como a materiales y uniones fatigadas en tramos específicos, además de un mantenimiento que es predominantemente reactivo. Por otro lado, el exceso de Agua No Controlada (IANC 67.85%) se explica, además, por pérdidas aparentes atribuibles a micromedición envejecida o incompleta, conexiones ilícitas y fugas en accesorios de servicios públicos, tales como inodoros y llaves, que descargan de manera continua y no son detectadas mediante las rutinas actuales. A partir de los hallazgos obtenidos y en consonancia con el enfoque metodológico de su tesis, la estrategia propuesta se denomina "eficiencia primero" y se organiza en tres ejes, todos ellos susceptibles de medición mediante los mismos indicadores que usted emplea en su análisis.

**Tecnologías de monitoreo:** Se propone la creación de Áreas de Medición de Distribución (DMAAs) que se fundamenten en la utilización de macromedidores y sistemas de telemetría. Este enfoque permitirá que cada zona disponga de una línea base específica, la cual incluirá tanto el caudal mínimo nocturno como el comportamiento del flujo a lo largo del día. Se propone la instalación de sensores de presión y caudal en ubicaciones estratégicas, así como la configuración de alertas operativas ante variaciones del Caudal Mínimo Nocturno (CMN), descensos de presión y otras anomalías, las cuales serán clasificadas por rangos o cuartiles. Este enfoque permite transitar de la utilización de supuestos generales a la identificación de las pérdidas por sector, lo cual constituye una condición fundamental para evaluar el impacto real de cada reparación y de las decisiones operativas implementadas en la red.

**Mantenimiento preventivo:** se propone la transición de un enfoque de "reparar después de fallar" a la implementación de rondas programadas con detección activa, que incluirán campañas nocturnas utilizando geófonos y correladores. Se establece un objetivo de tiempos de reparación inferiores a 48 horas, así como la utilización de bitácoras georreferenciadas para priorizar la renovación en función de la criticidad, la

cual se determinará mediante la frecuencia de roturas y la importancia hidráulica. En los edificios públicos, se recomienda la implementación de submedición por bloque sanitario, así como la adopción de protocolos de inspección trimestrales que incluyan pruebas de tinte, revisión de mecanismos de descarga y cierre sectorizado nocturno.

**Mejoras en la gestión de la red y del componente comercial:** implementación de la gestión de presiones mediante válvulas reguladoras de presión (PRVs) y establecimiento de puntos de ajuste por franja horaria y temporada, con el objetivo de reducir la tasa y el caudal de fugas. Se propone un recambio metrológico enfocado en cohortes de más de 8 a 10 años o de bajo desempeño, así como la instalación de sellos anti-manipulación y la creación de un programa de regularización con amnistía limitada, con el fin de eliminar el incentivo a las derivaciones clandestinas. Todo lo anterior debe ser administrado mediante un tablero de control que incluya indicadores como el número de fugas por kilómetro por día, las roturas por cada 100 kilómetros al año, así como los metros cúbicos y los dólares estadounidenses recuperados mensualmente. Además, se deben establecer metas trimestrales por Dirección de Mantenimiento de Activos, conforme a lo que se propone en la discusión de resultados.

## 5.2 RECOMENDACIONES

Se recomienda que el Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Gonzalo Pizarro elabore y mantenga actualizado un catastro hidráulico de la infraestructura existente, con el fin de identificar de forma exacta los tramos más vulnerables. Además, para optimizar la detección temprana de fugas y el control de caudales, es fundamental implementar una sectorización hidráulica mediante la instalación de micromedidores y macromedidores en sectores estratégicos de la red, permitiendo identificar fugas con mayor rapidez, y estabilizar presiones en la red, con esto evitar el desgaste acelerado de tuberías. Debe establecerse un plan integral que coordine la renovación gradual de la infraestructura antigua, con un programa permanente de mantenimiento preventivo o correctivo, con este plan se pretende priorizar los tramos de la red con mayores índices de fallas, sustituyendo tuberías obsoletas por materiales de más resistencia.

Debe fortalecerse la micromedición, ya que gran parte de las pérdidas en fugas de agua, tienen su origen a errores en los medidores, conexiones ilegales y falta de medidores en algunos usuarios. Se plantea la sustitución de medidores antiguos o en deterioro, la colocación de equipos para la medición en puntos no registrados y una inspección periódica de su exactitud. Estas medidas deben estar acompañadas de iniciativas como campañas de concienciación, las cuales han de disuadir el uso de tomas clandestinas y fomentar el uso racional del agua.

### 5.3 BIBLIOGRAFÍA

- [1] R. Liemberger and A. Wyatt, “Quantifying the global non-revenue water problem,” *Water Sci. Technol. Water Supply*, vol. 19, no. 3, pp. 831–837, 2019, doi: 10.2166/ws.2018.129.
- [2] World Bank, “Latin America: Why are water companies trying to save energy?,” 2013. <https://www.worldbank.org/en/news/feature/2013/09/03/latin-america-water-loss-energy-efficiency> (accessed May 29, 2025).
- [3] A. Potable, “Estadística de Información Ambiental Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales Resumen Estadístico,” 2024.
- [4] INEC, “Documento Técnico ‘Estadística Ambiental Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales’ Gestión de Agua Potable y Alcantarillado 2016,” p. 21, 2016, [Online]. Available: [http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas\\_Ambientales/Municipios\\_2016/Documento tecnico APA 2016.pdf](http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Municipios_2016/Documento tecnico APA 2016.pdf)
- [5] M. Montoya, “EFECTO DE LA PRESIÓN SOBRE LAS FUGAS DE AGUA EN UN SISTEMA DE TUBERÍA SIMPLE,” vol. 17, no. 20, pp. 123–145, 2013.
- [6] A. M. Chisistian Javier, “Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Canton Gonzalo Pizarro 2019-2023,” Sucumbíos, Ecuador, Nov. 2020. [Online]. Available: <https://drive.google.com/file/d/1fdKT-q47ObwSzf0egSVj9oM3xaSfNUIB/view?pli=1>
- [7] A. Pérez, C. P. Amézquita, and P. Torres, “Identificación y priorización de peligros como herramientas de la gestión del riesgo en sistemas de distribución de agua potable,” *Ing. y Univ.*, vol. 16, no. 2, pp. 449–469, 2012, Accessed: May 29, 2025. [Online]. Available: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0123-21262012000200009&lng=en&nrm=iso&tlang=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-21262012000200009&lng=en&nrm=iso&tlang=es)
- [8] M. E. J. Rueda, C. B. D. González, Y. M. S. Delgado, and M. D. F. Paredes, “Métodos de Intervención Centrales para Combatir Pérdidas Reales y Aparentes de Agua en Sistemas de Distribución,” *Ingenio*, vol. 8, no. 1, pp. 52–70, 2025, doi: 10.29166/ingenio.v8i1.6789.
- [9] Ó. A. Fuentes, A. Palma, and K. Rodríguez, “Estimación y localización de fugas en una red de tuberías de agua potable usando algoritmos genéticos,” *Ing. Investig. y Tecnol.*, vol. 12, no. 2, pp. 235–242, 2011, doi: 10.22201/fi.25940732e.2011.12n2.023.
- [10] CONAGUA, *Mantenimiento y Reparación de Tuberías y Piezas Especiales*, vol. Voumen 42. 2016. [Online]. Available: [https://sswm.info/sites/default/files/reference\\_attachments/CONAGUA s.f.b. Mantenimiento y reparación de tuberías.pdf](https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/CONAGUA s.f.b. Mantenimiento y reparación de tuberías.pdf)
- [11] GIZ, “Guía para la reducción de las pérdidas de agua,” 2011.
- [12] J. Constanzo, “Detección Y Localización De Fugas En Redes De Distribución De Agua Potable En Una Gran Ciudad De Chile Mediante Un,” p. 57, 2022, [Online].

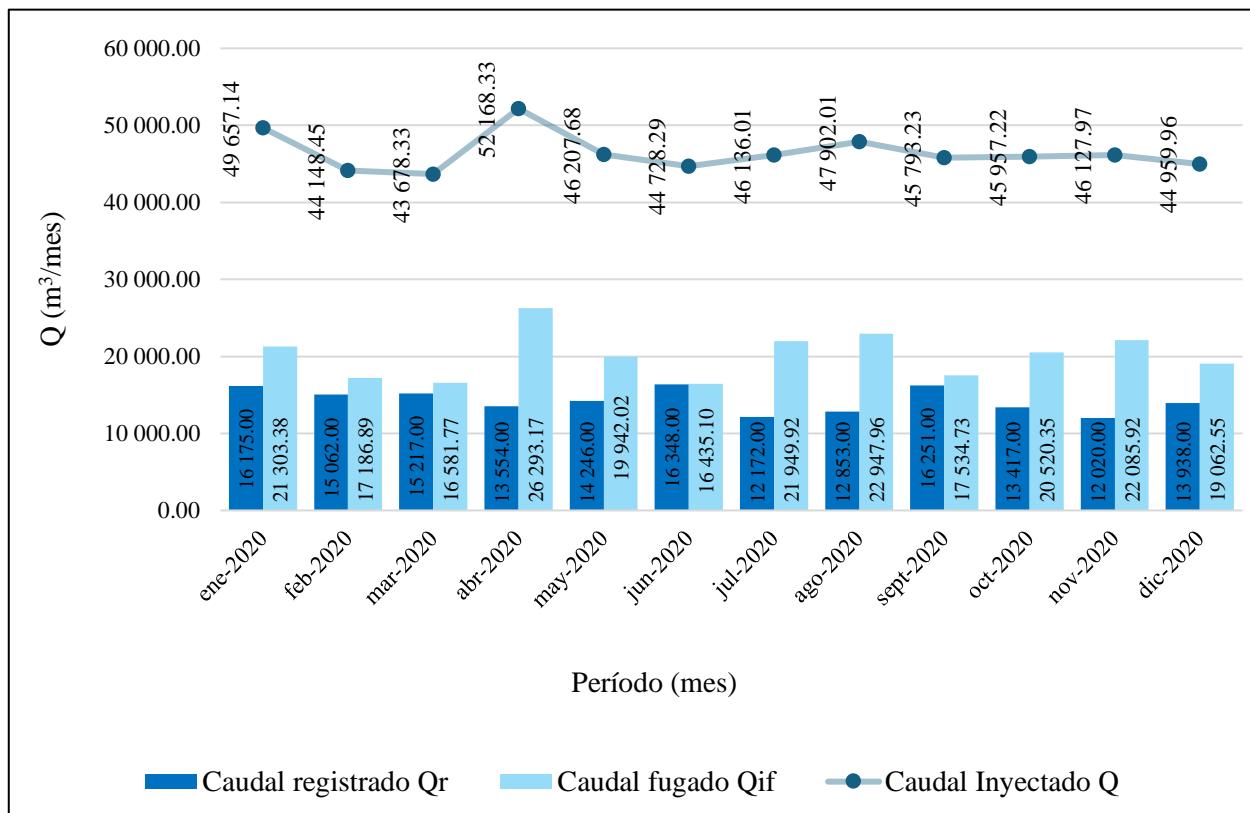
Available: <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/185782>

- [13] R. Liemberger and M. Farley, “Developing a Non-Revenue Water Reduction Strategy Part 1 : Investigating and Assessing Water Losses,” *Proc IWA 4th World Water Congr. Exhib. 1924 Sept. 2004 Marrakech Morocco*, vol. 1, pp. 1–10, Jan. 2004, Accessed: Nov. 17, 2024. [Online]. Available: [https://www.researchgate.net/publication/228707498\\_Developing\\_a\\_Non-Revenue\\_Water\\_Reduction\\_Strategy\\_Part\\_1\\_Investigating\\_and\\_Assessing\\_Water\\_Losses](https://www.researchgate.net/publication/228707498_Developing_a_Non-Revenue_Water_Reduction_Strategy_Part_1_Investigating_and_Assessing_Water_Losses)
- [14] E. Cabrera, J. Almadoz, and F. Arregui, “Auditoría de redes de distribución de agua,” vol. 6, no. diciembre, p. 399, 1999.
- [15] UNESCO, “Informe Mundial de las Naciones Unidas para el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2020,” *WWAP en Nr. ONU-Agua*, p. 16, 2020, [Online]. Available: <https://www.unwater.org/publications/world-water-development-report-2020/>
- [16] A. C. D. Rosero, “Agua potable no contabilizada en el cantón Pangua y programa de control de pérdidas,” p. 134, 2019, Accessed: Jul. 14, 2025. [Online]. Available: <https://redi.cedia.edu.ec/document/17142>
- [17] E. J. C. García and M. H. Benavides, “Adjustment value of water leakage index in infrastructure,” *DYNA*, vol. 86, no. 208, pp. 316–320, 2019, doi: 10.15446/dyna.v86n208.67230.
- [18] AWWA, “IWA / AWWA Water Audit Method,” vol. c, p. 3, 2012.
- [19] A. Lambert, “Assessing non-revenue water and its components: A practical approach,” *Water 21*, vol. c, no. AUG., pp. 50–51, 2003.
- [20] R. Hernandez, C. Fernandez, and P. Pilar, *Metodología de la Investigación*. 2006.
- [21] A. Hamui-Sutton, “Un acercamiento a los métodos mixtos de investigación en educación médica,” *Investig. en Educ. Médica*, vol. 2, no. 8, pp. 211–216, 2013, doi: 10.1016/s2007-5057(13)72714-5.

## 5.4 ANEXOS

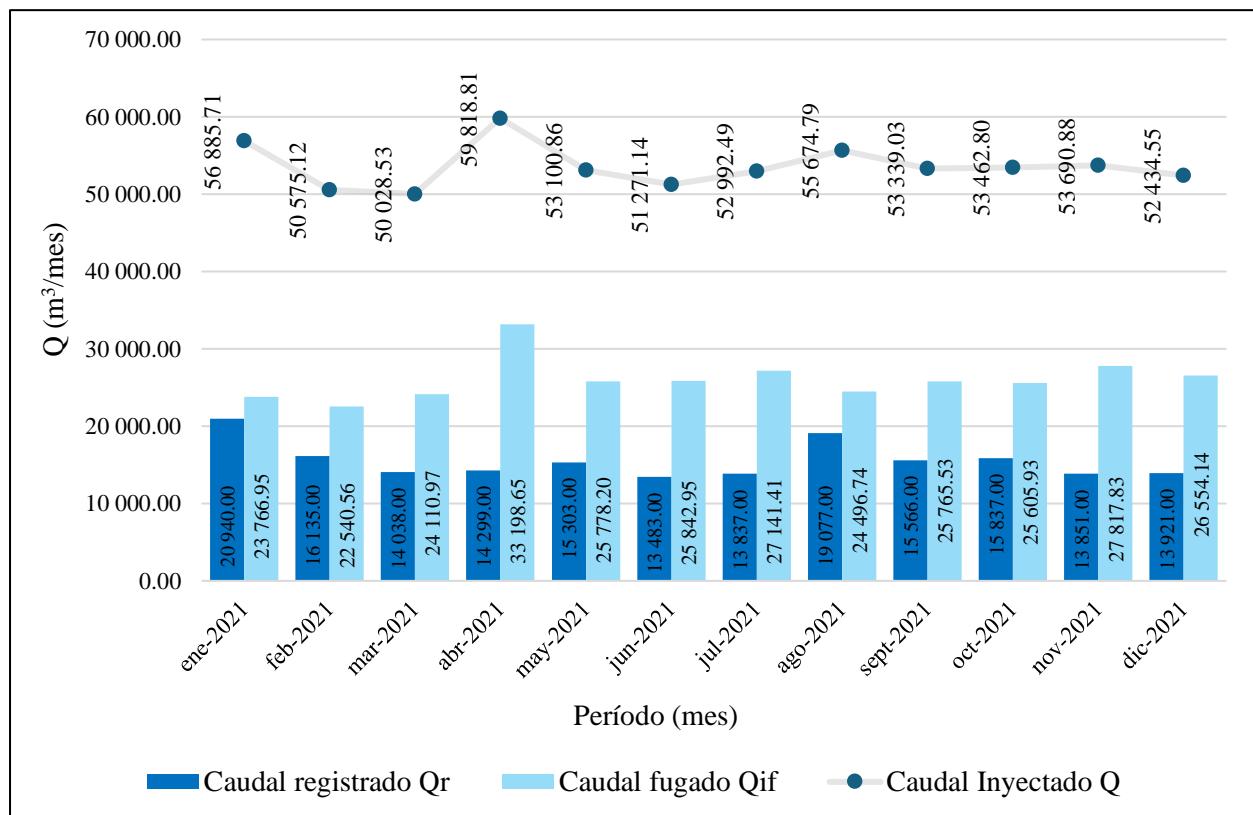
### Anexo 1. Balance Hídrico 2020

Mes	Caudal Inyectado Q (m <sup>3</sup> /mes)	Caudal Incontrolado por error de medida Qice (m <sup>3</sup> /mes)	Caudal Incontrolado consumido Qic (m <sup>3</sup> /mes)	Caudal Registrado Qr (m <sup>3</sup> /mes)	Caudal suministrado para los usuarios Qs (m <sup>3</sup> /mes)	Caudal Incontrolado Qi (m <sup>3</sup> /mes)	Caudal Fugado Qif (m <sup>3</sup> /mes)	% Caudal Fugado
ene-2020	49 657.14	2 516.80	12 178.76	16 175.00	28 353.76	33 482.14	21 303.38	42.90%
feb-2020	44 148.45	2 237.60	11 899.56	15 062.00	26 961.56	29 086.45	17 186.89	38.93%
mar-2020	43 678.33	2 217.60	11 879.56	15 217.00	27 096.56	28 461.33	16 581.77	37.96%
abr-2020	52 168.33	2 659.20	12 321.16	13 554.00	25 875.16	38 614.33	26 293.17	50.40%
may-2020	46 207.68	2 357.70	12 019.66	14 246.00	26 265.66	31 961.68	19 942.02	43.16%
jun-2020	44 728.29	2 283.23	11 945.19	16 348.00	28 293.19	28 380.29	16 435.10	36.74%
jul-2020	46 136.01	2 352.12	12 014.08	12 172.00	24 186.08	33 964.01	21 949.92	47.58%
ago-2020	47 902.01	2 439.09	12 101.05	12 853.00	24 954.05	35 049.01	22 947.96	47.91%
sept-2020	45 793.23	2 345.53	12 007.50	16 251.00	28 258.50	29 542.23	17 534.73	38.29%
oct-2020	45 957.22	2 357.91	12 019.87	13 417.00	25 436.87	32 540.22	20 520.35	44.65%
nov-2020	46 127.97	2 360.09	12 022.05	12 020.00	24 042.05	34 107.97	22 085.92	47.88%
dic-2020	44 959.96	2 297.45	11 959.41	13 938.00	25 897.41	31 021.96	19 062.55	42.40%
Total	<b>557 464.62</b>	<b>28 424.32</b>	<b>144 367.85</b>	<b>171 253.00</b>	<b>315 620.85</b>	<b>386 211.62</b>	<b>241 843.77</b>	<b>518.80%</b>
Promedio	<b>46 455.38</b>	<b>2 368.69</b>	<b>12 030.65</b>	<b>14 271.08</b>	<b>26 301.74</b>	<b>32 184.30</b>	<b>20 153.65</b>	<b>43.23%</b>



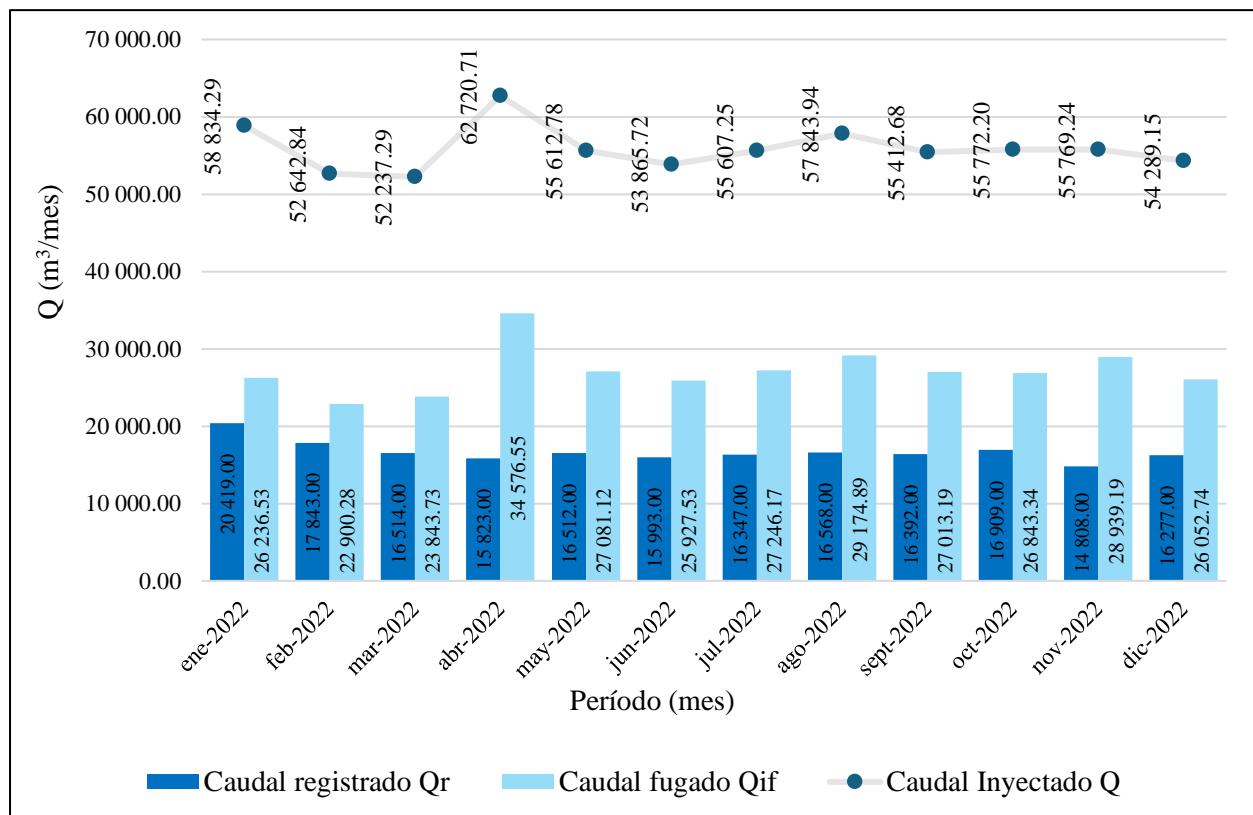
**Anexo 2. Balance Hídrico 2021**

Mes	Caudal Inyectado Q (m <sup>3</sup> /mes)	Caudal Incontrolado por error de medida Qice (m <sup>3</sup> /mes)	Caudal Incontrolado consumido Qic (m <sup>3</sup> /mes)	Caudal Registrado Qr (m <sup>3</sup> /mes)	Caudal suministrado para los usuarios Qs (m <sup>3</sup> /mes)	Caudal Incontrolado Qi (m <sup>3</sup> /mes)	Caudal Fugado Qif (m <sup>3</sup> /mes)	% Caudal Fugado
<b>ene-2021</b>	<b>56 885.71</b>	2 516.80	12 178.76	20 940.00	33 118.76	35 945.71	23 766.95	41.78%
<b>feb-2021</b>	<b>50 575.12</b>	2 237.60	11 899.56	16 135.00	28 034.56	34 440.12	22 540.56	44.57%
<b>mar-2021</b>	<b>50 028.53</b>	2 217.60	11 879.56	14 038.00	25 917.56	35 990.53	24 110.97	48.19%
<b>abr-2021</b>	<b>59 818.81</b>	2 659.20	12 321.16	14 299.00	26 620.16	45 519.81	33 198.65	55.50%
<b>may-2021</b>	<b>53 100.86</b>	2 357.70	12 019.66	15 303.00	27 322.66	37 797.86	25 778.20	48.55%
<b>jun-2021</b>	<b>51 271.14</b>	2 283.23	11 945.19	13 483.00	25 428.19	37 788.14	25 842.95	50.40%
<b>jul-2021</b>	<b>52 992.49</b>	2 352.12	12 014.08	13 837.00	25 851.08	39 155.49	27 141.41	51.22%
<b>ago-2021</b>	<b>55 674.79</b>	2 439.09	12 101.05	19 077.00	31 178.05	36 597.79	24 496.74	44.00%
<b>sept-2021</b>	<b>53 339.03</b>	2 345.53	12 007.50	15 566.00	27 573.50	37 773.03	25 765.53	48.31%
<b>oct-2021</b>	<b>53 462.80</b>	2 357.91	12 019.87	15 837.00	27 856.87	37 625.80	25 605.93	47.89%
<b>nov-2021</b>	<b>53 690.88</b>	2 360.09	12 022.05	13 851.00	25 873.05	39 839.88	27 817.83	51.81%
<b>dic-2021</b>	<b>52 434.55</b>	2 297.45	11 959.41	13 921.00	25 880.41	38 513.55	26 554.14	50.64%
<b>Total</b>	<b>643 274.72</b>	<b>28 424.32</b>	<b>144 367.85</b>	<b>186 287.00</b>	<b>330 654.85</b>	<b>456 987.72</b>	<b>312 619.86</b>	<b>582.86%</b>
<b>Promedio</b>	<b>53 606.23</b>	<b>2 368.69</b>	<b>12 030.65</b>	<b>15 523.92</b>	<b>27 554.57</b>	<b>38 082.31</b>	<b>26 051.66</b>	<b>48.57%</b>



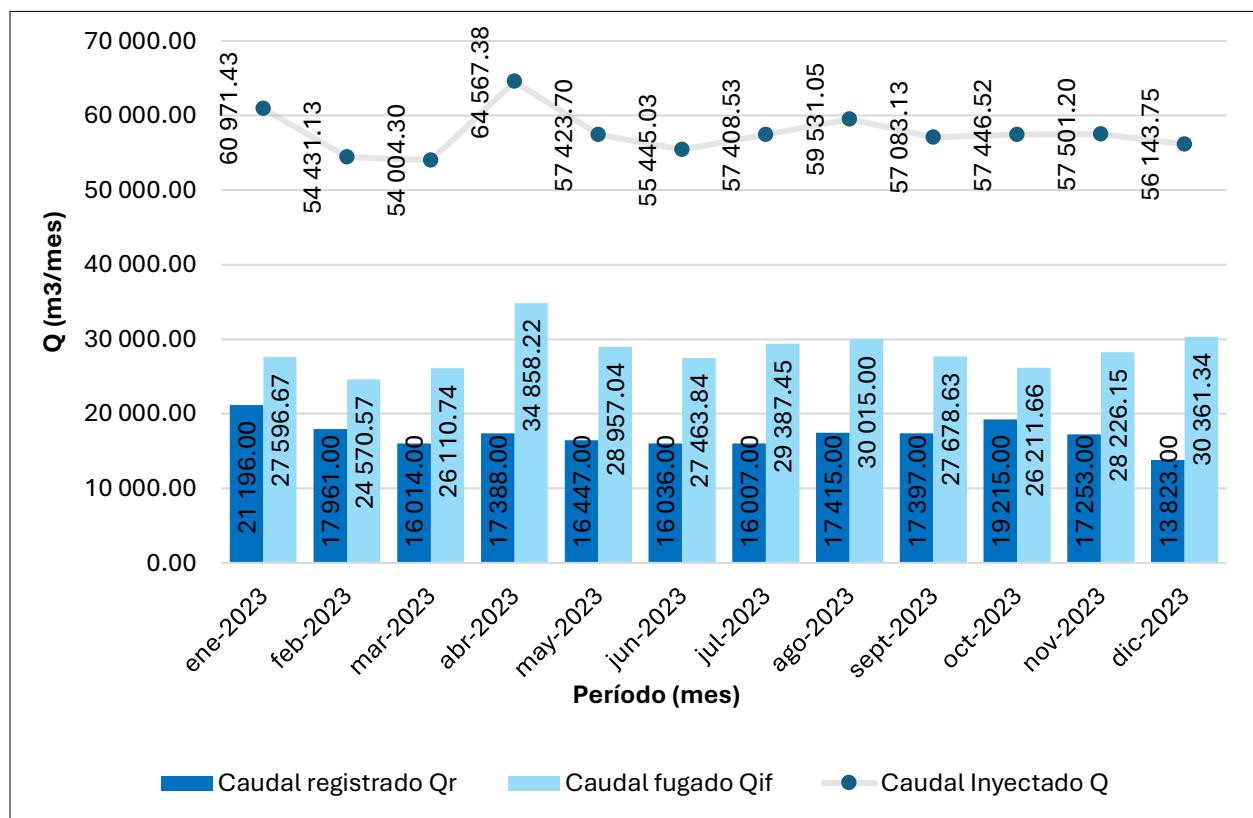
**Anexo 3. Balance Hídrico 2022**

Mes	Caudal Inyectado Q (m <sup>3</sup> /mes)	Caudal Incontrolado por error de medida Qice (m <sup>3</sup> /mes)	Caudal Incontrolado consumido Qic (m <sup>3</sup> /mes)	Caudal Registrado Qr (m <sup>3</sup> /mes)	Caudal suministrado para los usuarios Qs (m <sup>3</sup> /mes)	Caudal Incontrolado Qi (m <sup>3</sup> /mes)	Caudal Fugado Qif (m <sup>3</sup> /mes)	% Caudal Fugado
<b>ene-2022</b>	<b>58 834.29</b>	2 516.80	12 178.76	20 419.00	32 597.76	38 415.29	26 236.53	44.59%
<b>feb-2022</b>	<b>52 642.84</b>	2 237.60	11 899.56	17 843.00	29 742.56	34 799.84	22 900.28	43.50%
<b>mar-2022</b>	<b>52 237.29</b>	2 217.60	11 879.56	16 514.00	28 393.56	35 723.29	23 843.73	45.65%
<b>abr-2022</b>	<b>62 720.71</b>	2 659.20	12 321.16	15 823.00	28 144.16	46 897.71	34 576.55	55.13%
<b>may-2022</b>	<b>55 612.78</b>	2 357.70	12 019.66	16 512.00	28 531.66	39 100.78	27 081.12	48.70%
<b>jun-2022</b>	<b>53 865.72</b>	2 283.23	11 945.19	15 993.00	27 938.19	37 872.72	25 927.53	48.13%
<b>jul-2022</b>	<b>55 607.25</b>	2 352.12	12 014.08	16 347.00	28 361.08	39 260.25	27 246.17	49.00%
<b>ago-2022</b>	<b>57 843.94</b>	2 439.09	12 101.05	16 568.00	28 669.05	41 275.94	29 174.89	50.44%
<b>sept-2022</b>	<b>55 412.68</b>	2 345.53	12 007.50	16 392.00	28 399.50	39 020.68	27 013.19	48.75%
<b>oct-2022</b>	<b>55 772.20</b>	2 357.91	12 019.87	16 909.00	28 928.87	38 863.20	26 843.34	48.13%
<b>nov-2022</b>	<b>55 769.24</b>	2 360.09	12 022.05	14 808.00	26 830.05	40 961.24	28 939.19	51.89%
<b>dic-2022</b>	<b>54 289.15</b>	2 297.45	11 959.41	16 277.00	28 236.41	38 012.15	26 052.74	47.99%
<b>Total</b>	<b>670 608.10</b>	<b>28 424.32</b>	<b>144 367.85</b>	<b>200 405.00</b>	<b>344 772.85</b>	<b>470 203.10</b>	<b>325 835.25</b>	<b>581.89%</b>
<b>Promedio</b>	<b>55 884.01</b>	<b>2 368.69</b>	<b>12 030.65</b>	<b>16 700.42</b>	<b>28 731.07</b>	<b>39 183.59</b>	<b>27 152.94</b>	<b>48.49%</b>



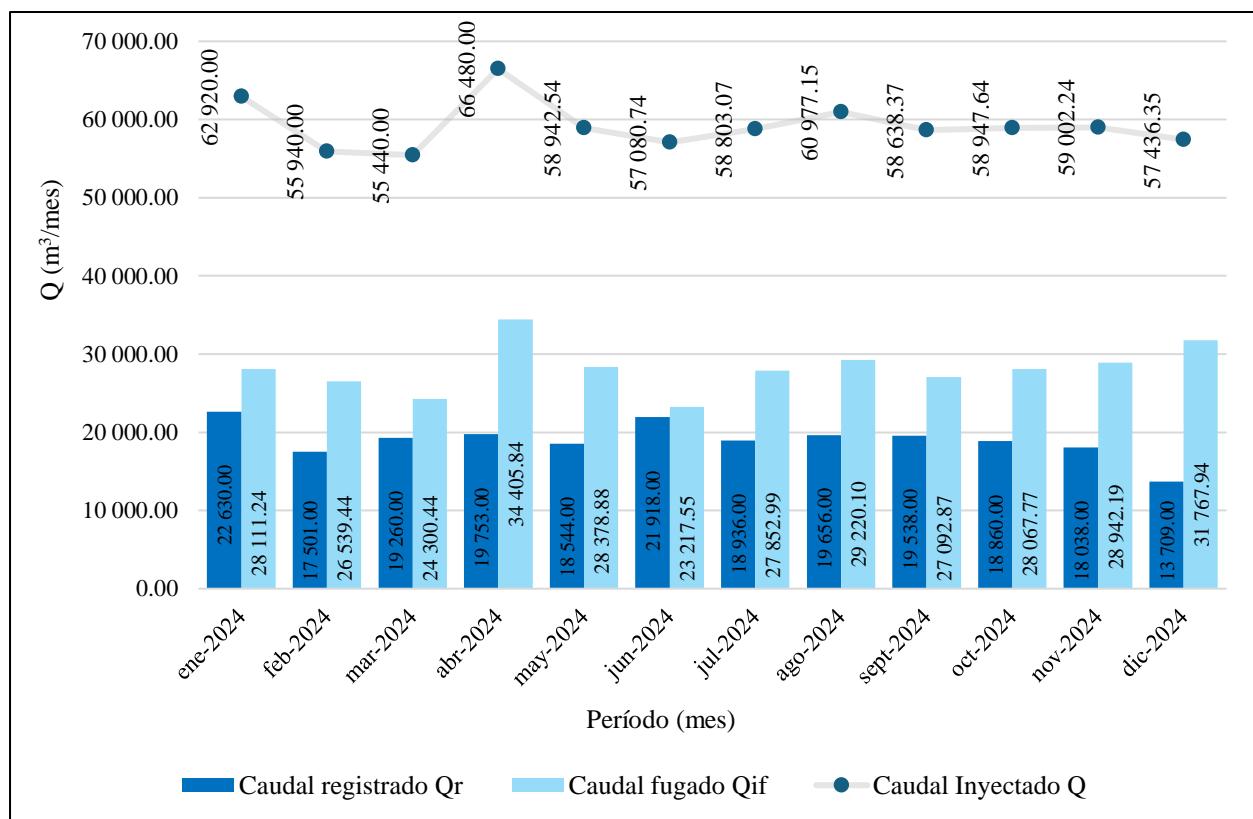
**Anexo 4. Balance Hídrico 2023**

Mes	Caudal Inyectado Q (m <sup>3</sup> /mes)	Caudal Incontrolado por error de medida Qice (m <sup>3</sup> /mes)	Caudal Incontrolado consumido Qic (m <sup>3</sup> /mes)	Caudal Registrado Qr (m <sup>3</sup> /mes)	Caudal suministrado para los usuarios Qs (m <sup>3</sup> /mes)	Caudal Incontrolado Qi (m <sup>3</sup> /mes)	Caudal Fugado Qif (m <sup>3</sup> /mes)	% Caudal Fugado
ene-2023	60 971.43	2 516.80	12 178.76	21 196.00	33 374.76	39 775.43	27 596.67	45.26%
feb-2023	54 431.13	2 237.60	11 899.56	17 961.00	29 860.56	36 470.13	24 570.57	45.14%
mar-2023	54 004.30	2 217.60	11 879.56	16 014.00	27 893.56	37 990.30	26 110.74	48.35%
abr-2023	64 567.38	2 659.20	12 321.16	17 388.00	29 709.16	47 179.38	34 858.22	53.99%
may-2023	57 423.70	2 357.70	12 019.66	16 447.00	28 466.66	40 976.70	28 957.04	50.43%
jun-2023	55 445.03	2 283.23	11 945.19	16 036.00	27 981.19	39 409.03	27 463.84	49.53%
jul-2023	57 408.53	2 352.12	12 014.08	16 007.00	28 021.08	41 401.53	29 387.45	51.19%
ago-2023	59 531.05	2 439.09	12 101.05	17 415.00	29 516.05	42 116.05	30 015.00	50.42%
sept-2023	57 083.13	2 345.53	12 007.50	17 397.00	29 404.50	39 686.13	27 678.63	48.49%
oct-2023	57 446.52	2 357.91	12 019.87	19 215.00	31 234.87	38 231.52	26 211.66	45.63%
nov-2023	57 501.20	2 360.09	12 022.05	17 253.00	29 275.05	40 248.20	28 226.15	49.09%
dic-2023	56 143.75	2 297.45	11 959.41	13 823.00	25 782.41	42 320.75	30 361.34	54.08%
<b>Total</b>	<b>691 957.16</b>	<b>28 424.32</b>	<b>144 367.85</b>	<b>206 152.00</b>	<b>350 519.85</b>	<b>485 805.16</b>	<b>341 437.31</b>	<b>591.59%</b>
<b>Promedio</b>	<b>57 663.10</b>	<b>2 368.69</b>	<b>12 030.65</b>	<b>17 179.33</b>	<b>29 209.99</b>	<b>40 483.76</b>	<b>28 453.11</b>	<b>49.30%</b>



**Anexo 5. Balance Hídrico 2024**

Mes	Caudal Inyectado Q (m <sup>3</sup> /mes)	Caudal Incontrolado por error de medida Qice (m <sup>3</sup> /mes)	Caudal Incontrolado consumido Qic (m <sup>3</sup> /mes)	Caudal Registrado Qr (m <sup>3</sup> /mes)	Caudal suministrado para los usuarios Qs (m <sup>3</sup> /mes)	Caudal Incontrolado Qi (m <sup>3</sup> /mes)	Caudal Fugado Qif (m <sup>3</sup> /mes)	% Caudal Fugado
<b>ene-2024</b>	<b>62 920.00</b>	2 516.80	12 178.76	22 630.00	34 808.76	40 290.00	28 111.24	44.68%
<b>feb-2024</b>	<b>55 940.00</b>	2 237.60	11 899.56	17 501.00	29 400.56	38 439.00	26 539.44	47.44%
<b>mar-2024</b>	<b>55 440.00</b>	2 217.60	11 879.56	19 260.00	31 139.56	36 180.00	24 300.44	43.83%
<b>abr-2024</b>	<b>66 480.00</b>	2 659.20	12 321.16	19 753.00	32 074.16	46 727.00	34 405.84	51.75%
<b>may-2024</b>	<b>58 942.54</b>	2 357.70	12 019.66	18 544.00	30 563.66	40 398.54	28 378.88	48.15%
<b>jun-2024</b>	<b>57 080.74</b>	2 283.23	11 945.19	21 918.00	33 863.19	35 162.74	23 217.55	40.67%
<b>jul-2024</b>	<b>58 803.07</b>	2 352.12	12 014.08	18 936.00	30 950.08	39 867.07	27 852.99	47.37%
<b>ago-2024</b>	<b>60 977.15</b>	2 439.09	12 101.05	19 656.00	31 757.05	41 321.15	29 220.10	47.92%
<b>sept-2024</b>	<b>58 638.37</b>	2 345.53	12 007.50	19 538.00	31 545.50	39 100.37	27 092.87	46.20%
<b>oct-2024</b>	<b>58 947.64</b>	2 357.91	12 019.87	18 860.00	30 879.87	40 087.64	28 067.77	47.61%
<b>nov-2024</b>	<b>59 002.24</b>	2 360.09	12 022.05	18 038.00	30 060.05	40 964.24	28 942.19	49.05%
<b>dic-2024</b>	<b>57 436.35</b>	2 297.45	11 959.41	13 709.00	25 668.41	43 727.35	31 767.94	55.31%
<b>Total</b>	<b>710 608.10</b>	<b>28 424.32</b>	<b>144 367.85</b>	<b>228 343.00</b>	<b>372 710.85</b>	<b>482 265.10</b>	<b>337 897.25</b>	<b>569.99%</b>
<b>Promedio</b>	<b>59 217.34</b>	<b>2 368.69</b>	<b>12 030.65</b>	<b>19 028.58</b>	<b>31 059.24</b>	<b>40 188.76</b>	<b>28 158.10</b>	<b>47.50%</b>



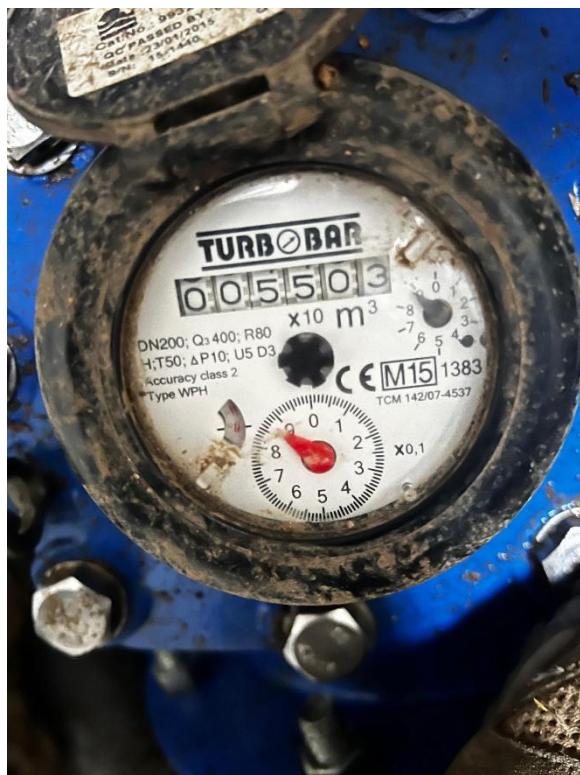
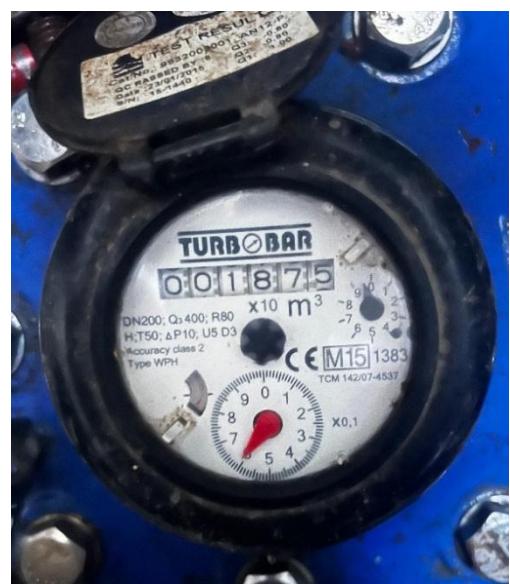
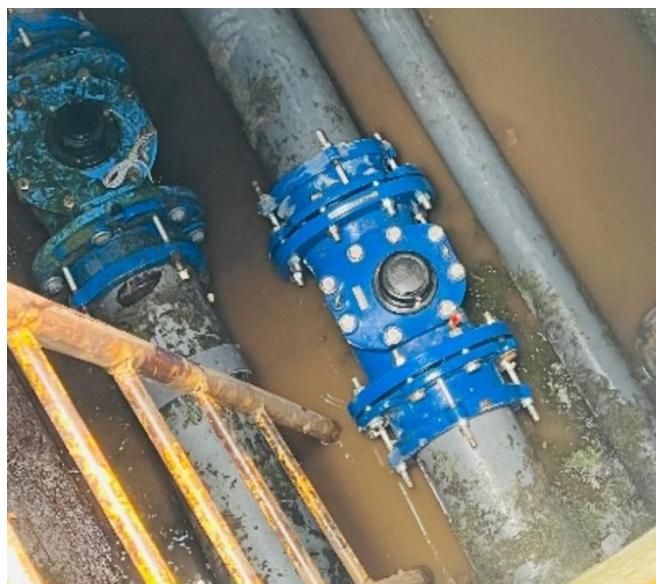
**Anexo 6.** Planta de tratamiento del Cantón Gonzalo Pizarro



**Anexo 7. Instalación del macromedidor en la red de distribución de agua potable**



**Anexo 8.** Toma de datos del macromedidor



**Anexo 9.** Identificación de tomas clandestinas



**Anexo 10.** Identificación de puntos con fugas de agua

