



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CHIMBORAZO

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**INCIDENCIA DE FUGAS EN REDES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE EN EL CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO**

Trabajo de Titulación para optar al título de Ingeniero Civil

Autor:

Sánchez Moreano Bárbara Brigueth

Tutor:

Ing. María Gabriela Zúñiga Rodríguez MSc.

Riobamba, Ecuador. 2024

DECLARATORIA DE AUTORÍA

Yo, **Sánchez Moreano Bárbara Brigueth**, con cédula de ciudadanía **0603977364**, autora del trabajo de investigación titulado: **Incidencia de fugas en redes de abastecimiento de agua potable en el cantón Santiago de Pillaro**, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mi exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo 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, 20 de mayo del 2024.



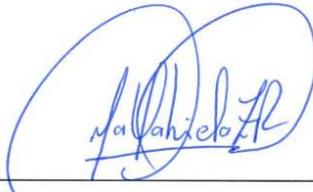
Bárbara Brigueth Sánchez Moreano

C.I: 0603977364

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 REDES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO**, bajo la autoría de **Bárbara Brigueth Sánchez Moreano**; 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 20 días del mes de mayo de 2024.



Ing. María Gabriela Zúñiga Rodríguez MSc

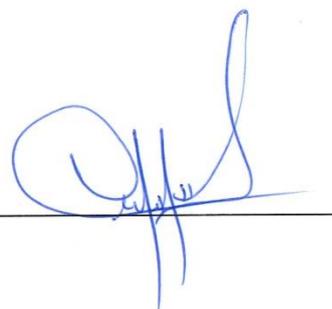
C.I: 0604004945

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 REDES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO**”, presentado por **Bárbara Brigueth Sánchez Moreano**, con cédula de identidad número **0603977364**, bajo la tutoría de MSc. María Gabriela Zúñiga Rodríguez; 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 23 de mayo del 2024.

Ing. Nelson Patiño, Mgs.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Nelson Patiño', written over a horizontal line.

Ing. Jéssica Brito, Mgs.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Jéssica Brito', written over a horizontal line.

Ing. Jhoanna Gallardo, Mgs.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Jhoanna Gallardo', written over a horizontal line.



Dirección
Académica
VICERRECTORADO ACADÉMICO



UNACH-RGF-01-04-08.15
VERSIÓN 01: 06-09-2021

CERTIFICACIÓN

Que, **Sánchez Moreano Bárbara Brigueth** con CC: **0603977364**, estudiante de la Carrera de **Ingeniería Civil**, Facultad de **Ingeniería**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado "**Incidencia de fugas en redes de abastecimiento de agua potable en el cantón Santiago De Pillaro**", cumple con el 7 %, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **TURNITIN**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 16 de mayo de 2024

Mgs. Gabriela Zúñiga
TUTOR(A)

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación se la dedico a mi familia y a todas aquellas personas que me han brindado su apoyo a lo largo de mi vida.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a mis padres y hermanos por el apoyo moral y económico a lo largo de mi vida estudiantil.

A todos los docentes que han contribuido a mi desarrollo académico desde mi infancia.

A mis amigos, con los que he compartido todos los trabajos y proyectos desarrollados a lo largo de la carrera.

A los trabajadores del municipio de Santiago de Pillaro, por compartir información esencial para el desarrollo de esta investigación.

Y, a todas las personas que de alguna manera me han brindado apoyo moral y emocional durante toda mi vida.

INDICE GENERAL

CONTENIDO

DECLARATORIA DE AUTORÍA	
DICTAMEN DEL PROFESOR TUTOR.....	
CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL.....	
CERTIFICADO ANTIPLAGIO	
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
INDICE GENERAL	
INDICE DE TABLAS.....	
INDICE DE FIGURAS.....	
RESUMEN.....	
ABSTRACT.....	
CAPITULO I.....	14
1. INTRODUCCIÓN	14
1.1. Antecedentes de la Investigación.....	14
1.2. Descripción de la Zona de Estudio	14
1.3. Descripción del Sistema de Agua Potable.....	15
1.4. Planteamiento del Problema	21
1.2. Justificación de la Investigación	22
1.3. Objetivos.....	22
CAPITULO II	23
2. MARCO TEÓRICO.....	23
2.2. Marco Conceptual	23
2.2. Estado del Arte	26
CAPITULO III.....	28
2. MARCO METODOLÓGICO.....	28
2.1. Tipo y Diseño de la Investigación.....	28
2.2. Población de Estudio.....	28
2.3. Procedimiento	29
CAPITULO IV.....	41
3. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	41
3.1. Balance Hídrico Anual por Red.....	41

3.2.	Balance Hídrico Anual General	51
3.3.	Rendimiento Volumétrico General.....	55
3.4.	Afectación Económica Anual por Pérdida de Agua.....	56
3.5.	Historial de fugas	56
3.6.	Mapa de las zonas afectadas	61
3.7.	Discusión	61
3.8.	Propuesta para reducir fugas.....	62
CAPITULO V		65
4.	CONCLUSIONES	65
CAPITULO VI.....		66
5.	RECOMENDACIONES	66
6.	BIBLIOGRAFIA	67
7.	ANEXOS	72

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tanques de almacenamiento de la zona urbana	20
Tabla 2: Componentes de un sistema de agua potable	23
Tabla 3: Categoría de las fugas	24
Tabla 4: Diferencias entre las metodologías presentada por el IWSA y Cabrera	24
Tabla 5: Resultados de investigaciones realizadas en Ecuador.....	26
Tabla 6: Usuarios de la zona urbana de acuerdo a la tarifa del medidor.	28
Tabla 7: Cálculo del caudal inyectado	31
Tabla 8: Caudal inyectado desde 2019 a 2023.....	32
Tabla 9: Consumos mensuales registrados en la Red Píllaro Centro	32
Tabla 10: Consumos mensuales registrados en la red Ciudad Nueva	32
Tabla 11: Consumos mensuales registrados en la red San Vicente	33
Tabla 12: Porcentaje de consumos 0.....	33
Tabla 13: Observaciones en las acometidas	36
Tabla 14: Dotación para diferente tipo de edificaciones	36
Tabla 15: Caudal incontrolado consumido y no medido en la red PíllaCentro	37
Tabla 16: Caudal incontrolado consumido y no medido en la red Ciudad Nueva ..	38
Tabla 17: Caudal incontrolado consumido y no medido en la red San Vicente.....	38
Tabla 18: Calificación de la gestión en función a su rendimiento global porcentual	39
.....	
Tabla 19: Balance hídrico de la red Píllaro Centro	41
Tabla 20: Balance hídrico de la red Ciudad Nueva.....	44
Tabla 21: Balance hídrico de la red San Vicente.....	48
Tabla 22: Balance hídrico anual general.....	51
Tabla 23: Balance hídrico mensual promedio.....	53
Tabla 24: Rendimiento global	55
Tabla 25: Pérdida económica anual.	56
Tabla 26: Aproximación de usuarios nuevos beneficiados	56
Tabla 27: Mantenimientos correctivos realizados.....	57
Tabla 28: Mantenimientos registrados.....	59

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación Geográfica del Cantón Santiago de Pillaro	15
Figura 2: Ubicación de las captaciones	16
Figura 3: Estación de bombeo de Huayrapata	16
Figura 4: Estación de bombeo de Yatchil	17
Figura 5: Mapa de ubicación de las plantas de tratamiento.....	17
Figura 6: Redes de agua potable.....	18
Figura 7: Redes de abastecimiento de agua potable.....	19
Figura 8: Estado de las tuberías de la red de agua potable.....	21
Figura 9: Caudales que componen el balance hídrico.....	25
Figura 10: Indicador de agua no contabilizada. Fuente: (ARCA, 2022).....	25
Figura 11: Esquema de la metodología	29
Figura 12: Acometidas sin medidor o medidor dañado.....	31
Figura 13: Ubicación de acometidas con novedades.....	35
Figura 14: Caudal fugado y de conexiones clandestinas de la Red Pillaro Centro..	44
Figura 15: Caudal fugado y de conexiones clandestinas de la Red Ciudad Nueva	47
Figura 16: Caudal fugado y de conexiones clandestinas de la Red San Vicente....	50
Figura 17: Balance hídrico general	52
Figura 18: Índice de agua no contabilizada	52
Figura 19: Diferencia entre el incremento de agua inyectada y consumida	52
Figura 20: Balance hídrico general mensual	54
Figura 21: Caudal incontrolado.....	54
Figura 22: Caudal fugado y de conexiones clandestinas.....	54
Figura 23: Mapa de ubicación de quejas y mantenimientos.....	60
Figura 24: Mapa de afectación.....	61

RESUMEN

Las entidades responsables del suministro de agua potable se enfrentan a diversos desafíos relacionados con la reducción de agua no contabilizada y el agua fugada por pérdidas reales o aparentes, lo que genera importantes pérdidas económicas y de recursos que podrían destinarse a mejorar el servicio o ampliar su cobertura. En este contexto, esta investigación adopta un enfoque cuantitativo, con alcance descriptivo, utilizando un diseño no experimental. Su objetivo es determinar la incidencia de fugas en el sistema de agua potable del cantón Santiago de Píllaro mediante el balance hídrico propuesto por Cabrera et al. (1999). Los resultados revelaron un índice de agua no contabilizada (IANC) del 61,94%, clasificado en la categoría “D”, indicando un desempeño “Bajo”, un rendimiento del 38,06%, ubicándolo en un rango “Insuficiente”. Además, se detectó que el 49,14% del agua se pierde por fugas reales y conexiones clandestinas. El sistema de agua potable posee tres redes: Ciudad Nueva, San Vicente y Píllaro Centro, siendo esta última la más afectada y con mayor cantidad de usuarios. Como parte de las conclusiones, se proponen acciones específicas para reducir el IANC y las fugas en el sistema de agua potable.

Palabras Clave: Incidencia de fugas, balance hídrico, agua no contabilizada, sistema de agua potable, control de acometidas.

Abstract

The entities responsible for drinking water supply face several challenges related to the reduction of unaccounted-for water and water leakage due to actual or apparent losses, which generates significant economic and resource losses that could be used to improve the service or expand its coverage. In this context, this research adopts a quantitative approach with a descriptive scope and a non-experimental design. Its objective is to determine the incidence of leaks in the drinking water system of “Santiago de Pillaro” canton, using the water balance proposed by Cabrera et al. (1999). The results revealed an unaccounted-for water index (IANC) of 61.94%, classified in category “D,” indicating a “Low” performance, a yield of 38.06%, placing it in the “Insufficient” range. In addition, it was detected that 49.14% of the water is lost due to real leaks and clandestine connections. The drinking water system has three networks: “Ciudad Nueva,” “San Vicente,” and “Pillaro Centro,” the latter being the most affected and with the most significant number of users. Specific actions are proposed to reduce IANC and leaks in the drinking water system as part of the conclusions.

Keywords: Incidence of leakage, water balance, unaccounted-for water, drinking water system, control of water supply connections.

Reviewed by:



Lcda. Yesenia Merino Uquillas

ENGLISH PROFESSOR

0603819871

CAPITULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes de la Investigación

En el Ecuador, hasta el año 2021, la administración del servicio de agua potable y alcantarillado se lleva al cabo en un 62,9% a través del Municipio, el 30,3 % mediante empresas públicas municipales y el 6,3% mediante empresas públicas mancomunadas (Agencia de Regulación y Control del Agua (ARCA); Asociación de Municipalidades Ecuatorianas (AME); Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) & Banco del Desarrollo del Ecuador (BDE), 2022).

Según el Boletín Estadístico del Año 2022: Benchmarking de Prestadores Públicos de los servicios de Agua Potable y Saneamiento en el Ecuador, el índice de agua no contabilizada (IANC) a nivel nacional corresponde al 47,23%, mientras que en el cantón Santiago de Píllaro alcanza el 78,06% (ARCA, 2022). En los últimos cuatro años este índice se ha incrementado un 5,23% en todo el país, con una pérdida económica registrada en 2019 de 320 millones de dólares. (aquaintel, 2021).

La presencia de fugas en el sistema de agua potable y conexiones ilegales contribuyen al aumento del IANC, lo que afecta a la sociedad y compromete la continuidad del servicio a los usuarios legales (quitoinforma, 2022). Según Galárraga Sánchez (2000), a nivel nacional, salvo en algunas ciudades del país, no existen programas para mejorar la eficiencia técnica del servicio de agua potable, como el mantenimiento preventivo, macro-medicación, pitometría, catastro de redes y catastro de instalaciones y equipos.

1.2. Descripción de la Zona de Estudio

El cantón Santiago de Píllaro, ubicado en el noreste de la provincia de Tungurahua, posee una altitud que varía entre 2210 a 4300 msnm, con una extensión de 44543,06 ha. Limita al norte con los cantones Salcedo y Tena, perteneciente a la provincia de Cotopaxi y Napo respectivamente; al sur con los cantones San Pedro de Pelileo y Patate; al este con el cantón Tena y al oeste con los cantones Ambato y Salcedo (GADM Santiago de Píllaro, 2014).

Según del censo del 2022-2023 presentados por INEC (2023), cuenta con una población total de 42497 personas, de las cuales, 32681 personas residen en el área urbana, mientras que las 9816 personas restantes residen en el área rural. Solo en la Parroquia Píllaro existe una población de 16012 personas.

La cobertura del servicio de agua potable en la zona urbana ronda el 87,69%, y en la zona rural, el 86,1%, por lo que se encuentra en categoría “C”, según los parámetros del ARCA (2022), superando el promedio nacional (GADM Santiago de Píllaro, 2020). El GAD

Municipal administra el servicio de agua potable en la zona urbana y una parte de las parroquias rurales de San Andrés, Marcos Espinel y Presidente Urbina; mientras que las juntas administradoras, de manera autónoma, abastecen a las parroquias de San Miguelito, Emilio María Terán, Baquerizo Moreno y San Andrés (GADM Santiago de Píllaro, 2014). La zona urbana cuenta con un estudio del plan maestro de agua potable que fue elaborado en el año 2015, el cual aún no ha sido ejecutado en su totalidad.

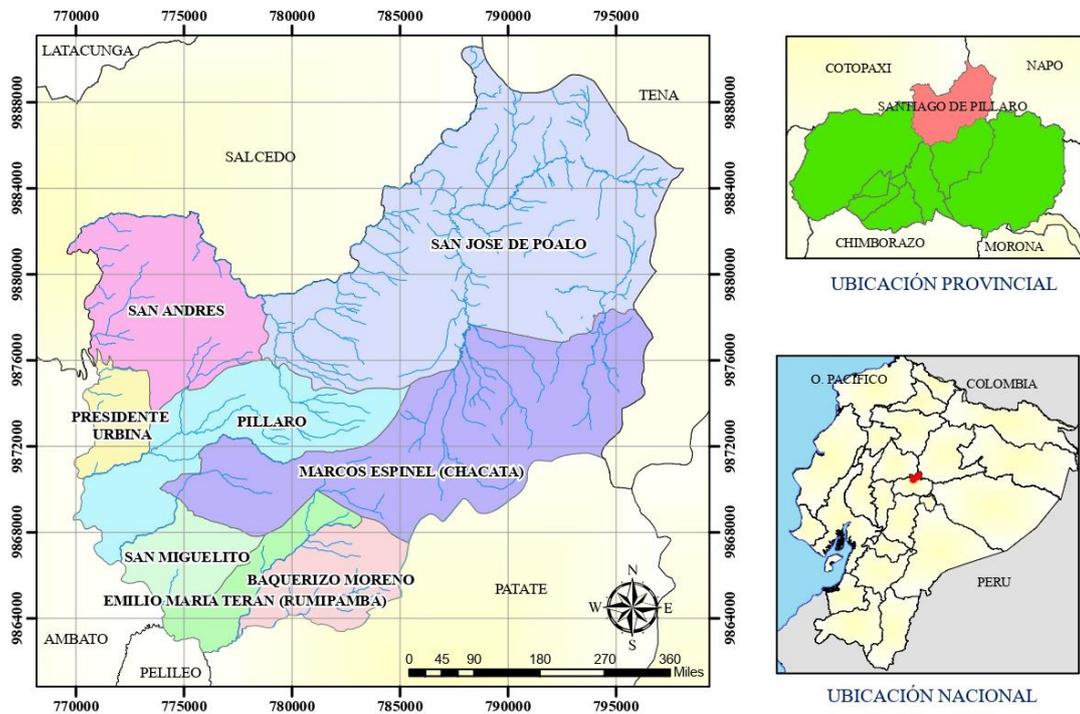


Figura 1: Ubicación Geográfica del Cantón Santiago de Píllaro

1.3. Descripción del Sistema de Agua Potable

1.3.1. Captaciones

Existen 3 captaciones que abastecen el sistema de agua potable como se indica en la figura 2.

Para suministrar de agua potable a la parroquia Marcos Espinel se capta agua de cinco vertientes que se encuentran en la hacienda Quimbana y de la laguna Aluleo (GADM Santiago de Píllaro, 2014).

Para abastecer del servicio a los sectores de San Andrés, Urbina, La Matriz y Ciudad Nueva se capta agua del río Yanayacu, ubicado en el sector de Pucará y se conduce a canal abierto hasta la planta de tratamiento de Santa Rita. Además, se obtiene agua de siete vertientes ubicadas en Huayrapata, y mediante un sistema de bombeo llega a la misma planta de tratamiento (GADM Santiago de Píllaro, 2020).

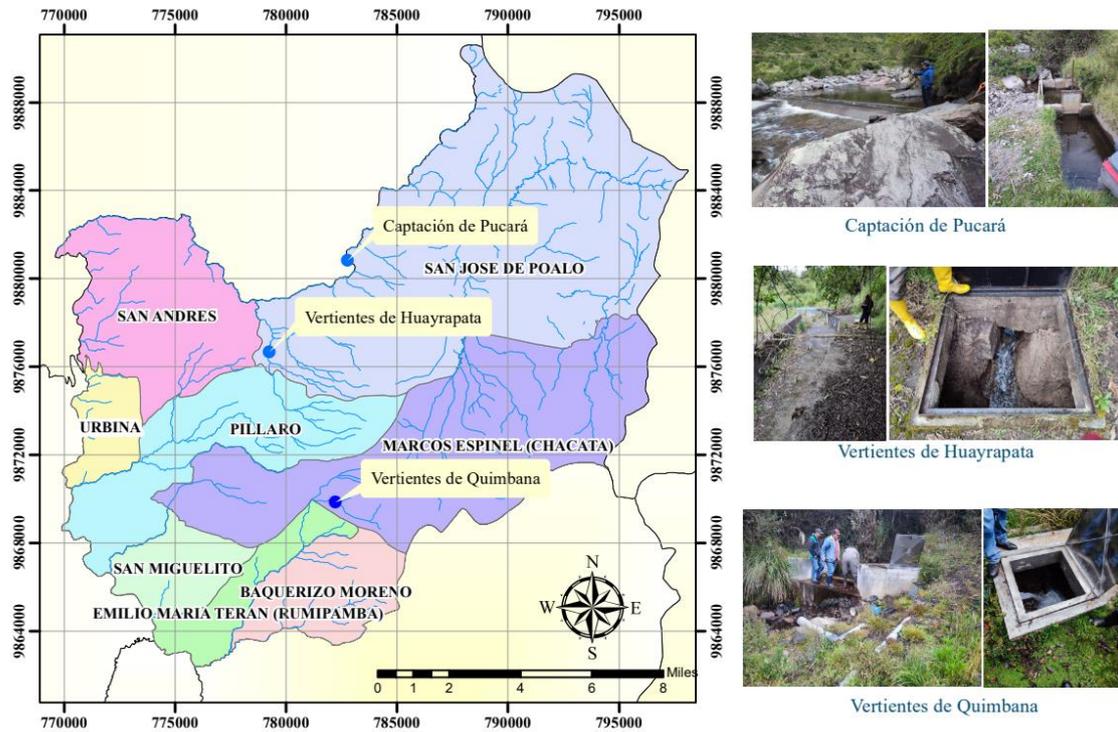


Figura 2: Ubicación de las captaciones

1.3.2. Estaciones de Bombeo

Estación de Bombeo de Huayrapata. Fue construida alrededor del año 1980 y se encarga de la extracción de agua de vertientes, la cual es posteriormente bombeada hacia un tanque de almacenamiento. Desde allí, el agua es conducida a través de una tubería de asbesto-cemento hacia la planta de tratamiento de Santa Rita (Figura 3). Se alterna diariamente el uso de las bombas centrífugas:

- Una bomba grande que bombea un caudal de 23 a 24 l/s
- Dos bombas, una con capacidad de bombeo entre 19 a 20 l/s y otra de 4 l/s. La segunda bomba se encuentra dañada, por lo que ese caudal es vertido en la quebrada (Cortés, 2023).



Figura 3: Estación de bombeo de Huayrapata

Estación de Bombeo de Yatchil. Fue construida en 2015 y utiliza bombas sumergibles para conducir el agua proveniente de la estación de bombeo de Huayrapata hasta un tanque de reserva. Desde allí, el agua se distribuye a la zona de Yatchil Central, Yatchil Yanahurco y Campo Alegre (Figura 4) (Haro, 2023).



Figura 4: Estación de bombeo de Yatchil

1.3.3. Plantas de Tratamiento

El municipio cuenta con dos plantas de tratamiento, cuya ubicación se presenta en la figura 5.

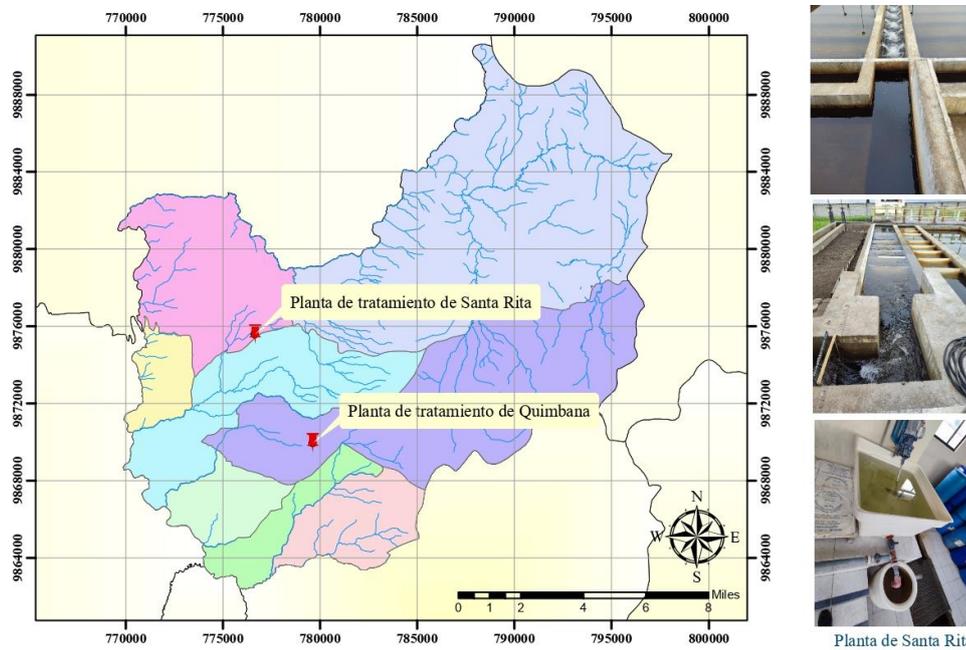


Figura 5: Mapa de ubicación de las plantas de tratamiento

Planta de Tratamiento de Quimbana. Construida en el año 2014 y recibe el agua de las vertientes del mismo nombre, tiene la capacidad de tratar 15 l/s (Yanchaguano, 2023).

Planta de Santa Rita. Construida entre 2003 y 2004, recibe el agua de la captación de Pucará y de las vertientes de Huayrapata, con una capacidad para tratar 150 l/s (GADM

Santiago de Pillaro, 2020). En los últimos años, ha surgido la necesidad de incrementar el volumen de agua tratada. Hasta el año 2019 la planta manejaba un caudal de 85 l/s, que aumentó a 90 l/s en 2020, a 130 l/s en 2021 y actualmente está cerca de operar a su capacidad máxima. Ante esta situación, se está considerando construir una nueva planta de tratamiento para satisfacer las demandas de los usuarios (Haro, 2023).

1.3.4. Tanques de Almacenamiento y Redes de Distribución

La planta de tratamiento de Quimbana abastece únicamente al tanque del Progreso (construido en 2008), que a su vez suministra agua potable a la parroquia Marcos Espinel. Por otro lado, la planta de Santa Rita provee el servicio a las parroquias Pillaro, Presidente Urbina y la parte urbana de San Andrés. En el esquema de redes de agua potable mostrado en la figura 6, se destacan los tanques abastecidos de la planta de tratamiento de Santa Rita, construidos alrededor del año 1980; incluyendo un tanque colector que divide el caudal en dos partes. (GADM Santiago de Pillaro, 2020).

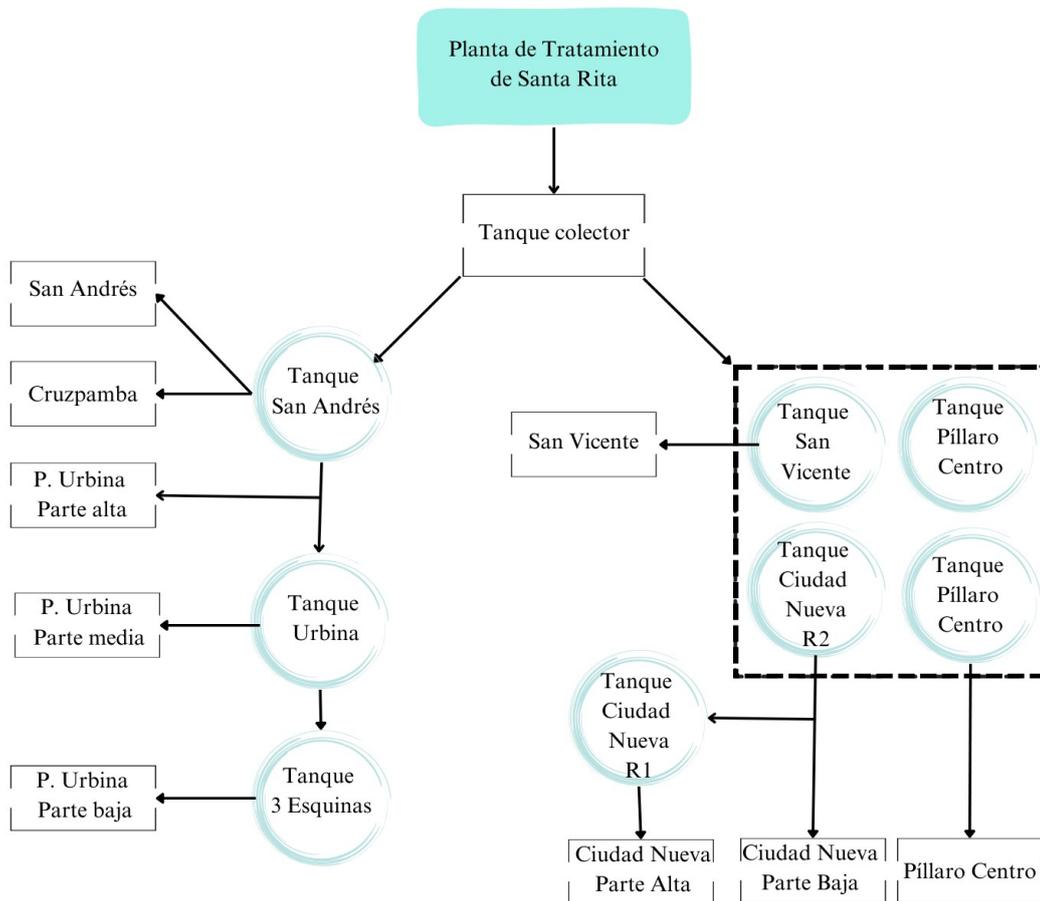


Figura 6: Redes de agua potable

En la figura 7 se diferencian 3 redes de la zona urbana de la parroquia Pillaro: Pillaro Centro, San Vicente y Ciudad Nueva, esta última, a pesar de dividirse en 2 subredes, en la calle Atahualpa y La Tranquilla sus tuberías vuelven a conectarse (Haro, 2023).

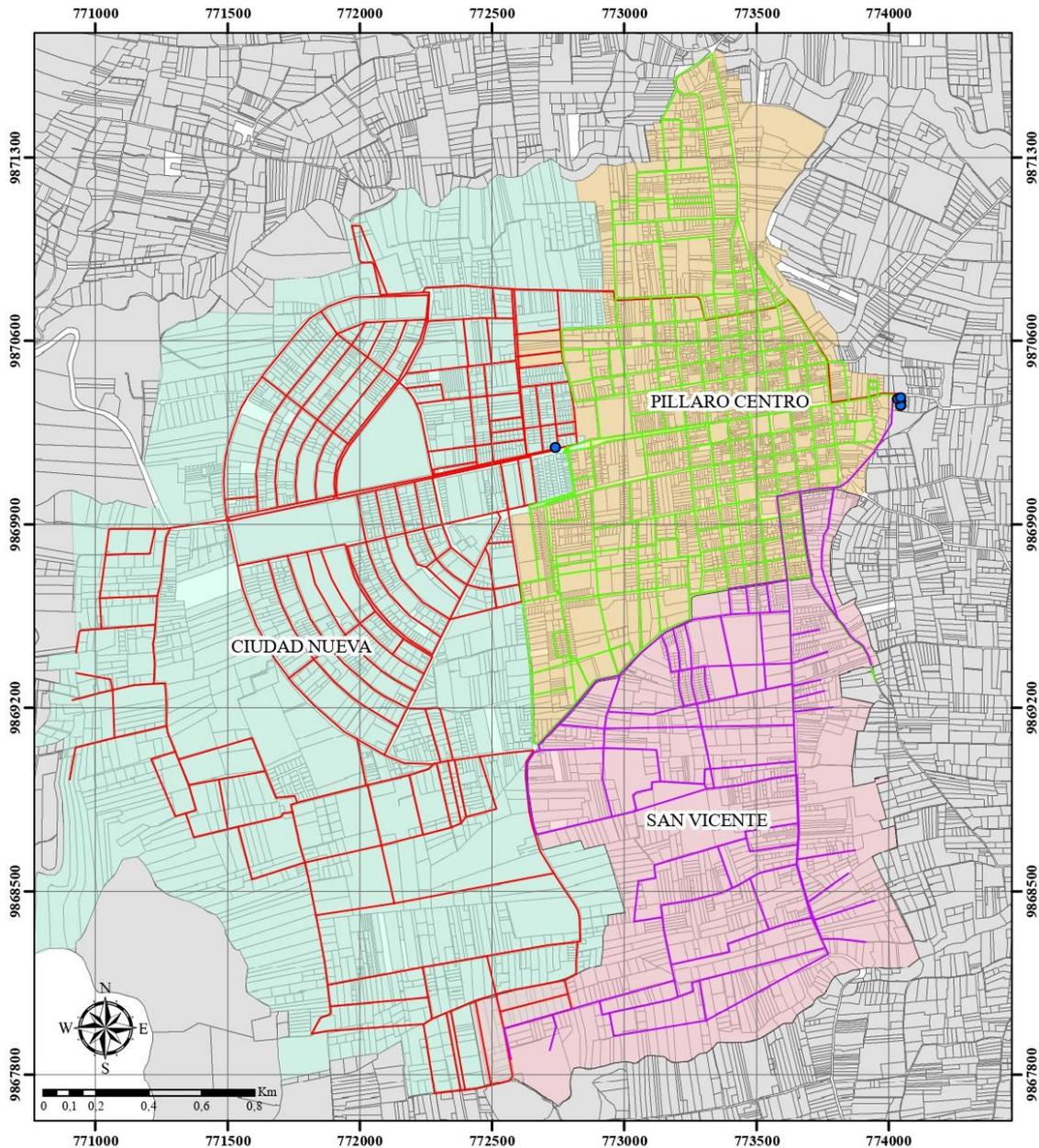


Figura 7: Redes de abastecimiento de agua potable. Adaptado del plano del plan maestro de agua potable y alcantarillado de Pillaro. (Moreno Caicedo, 2014)

Red Pillaro Centro. Cubre un área de 195 ha y abastece a 2291 usuarios en las zonas del centro, parte de La Primavera y Rumihuaico. Dos tanques ubicados en los tanques de Rocafuerte suministran agua a esta red, con una tubería de 250 mm desde el tanque 1 que distribuye agua potable a los predios. La red utiliza tuberías de asbesto cemento y PVC de varios diámetros (200 mm, 160mm, 63 mm, 50 mm).

Red Ciudad Nueva. Esta red cubre un área de 515,05 ha y abastece a 1276 usuarios de Ciudad Nueva, Santa Teresita y parte de El Artesón, La Primavera, Rumihuaico, la zona centro, La Elevación, Jesús del Gran Poder. Uno de sus tanques está ubicado en los tanques de Rocafuerte, desde donde una tubería de 160 mm abastece a la parte alta de Ciudad Nueva y, además, alimenta al segundo tanque de la red que distribuye a la parte baja. Las tuberías

de ambas partes se conectan. Esta red utiliza tuberías de asbesto cemento y PVC de varios diámetros (160mm, 63 mm, 50 mm, 40 mm, 32 mm).

Red San Vicente. Esta red tiene un área de cobertura de 193,88 ha y abastece a 530 usuarios en San Vicente alto y bajo, así como a una parte de la zona centro, La Elevación, Jesús del Gran Poder, El Artesón y La Primavera. El tanque de almacenamiento de esta red está ubicado en los tanques de Rocafuerte, desde donde una tubería de 110 mm suministra agua al sector. Esta red utiliza tuberías de asbesto cemento y PVC de diferentes diámetros (200 mm, 160mm, 110 mm, 63 mm, 50 mm, 32 mm).

En la tabla 1 se presentan las características de los tanques de almacenamiento de la zona urbana del cantón, los cuales están conformados por los tanques de Rocafuerte y el tanque de Ciudad Nueva.

Tabla 1:
Tanques de almacenamiento de la zona urbana

TANQUE	COORDENADAS UTM		ALTITUD (m.s.n.m)	BASE (m)	PROFUNDIDAD (m)	CAPACIDAD (m ³)
	NORTE	ESTE				
Píllaro Centro 1	774046,97	9870370,725	2853,86	Ø=14,7	5	169,72
Píllaro Centro 2	774046,918	9870353,666	2853,86	Ø=12	4,2	113,10
San Vicente	774035,402	9870376,743	2853,86	Ø=13,5	5,3	143,14
Ciudad Nueva (Rocafuerte)	774047,13	9870382,74	2853,86	Ø =9,3	4,25	67,93
Ciudad Nueva (Doña Maruja)	772740,139	9870192,57	2795,73	b=6,2 h=2,32	4,2	61,58

Fuente: (GADM Santiago de Píllaro, 2023). Adaptado de los planos del estudio y diseños de mejoramiento de agua potable de la parroquia urbana Ciudad Nueva del cantón Santiago de Píllaro (Calero Hidalgo, 2007)

Según el plan maestro de agua potable, el 70% de las tuberías ya cumplieron su vida útil. Estas tuberías son de asbesto cemento (AC) instaladas hace más de 40 años y según la norma CO 10.7 – 601 " Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes" del Código Ecuatoriano de la Construcción de Parte IX Obras Sanitarias, este material tiene una vida útil de 20 a 25 años, lo que provoca la liberación de partículas que contaminan el agua (Jiménez Flamaín, 2014).

Hasta el año 2020 se cambiaron 3069,91 metros de tuberías de agua potable de asbesto cemento por tuberías de PVC de presión espiga-campana (E/C) y PVC de presión unión elastomérica (U/E) lo que representa el 9,83% del total de tuberías. En la figura 8 se presenta la red de agua potable diferenciando las tuberías a mantener (color naranja), las tuberías a cambiar (color azul), tuberías a eliminar (color blanco) y las tuberías nuevas que se planearon colocar (color verde) (GADM Santiago de Píllaro, 2020).



Figura 8: Estado de las tuberías de la red de agua potable
Fuente: (GADM Santiago de Pillaro, 2023). **Elaborado por:** (Moreno Caicedo, 2014)

1.4.Planteamiento del Problema

La gestión eficiente del agua potable es esencial para garantizar la sostenibilidad de las comunidades, por lo que su ineficiencia provoca costos elevados a la prestación del servicio, reduciendo recursos destinados a inversiones y mantenimientos (Galárraga Sánchez, 2000). Además del impacto económico, el agua no contabilizada afecta a la sociedad desde otros ámbitos: ambiental, disponibilidad del servicio, afectación a la infraestructura, entre otros (Primicias, 2021). Adicionalmente, durante los mantenimientos correctivos se genera una disminución del caudal y presión del agua, o en el peor de los casos, la interrupción del servicio, provocando el malestar de los usuarios y costos adicionales por la adquisición de materiales y mano de obra.

En el cantón Santiago de Pillaro se observa una problemática significativa relacionada con la incidencia de fugas en las redes de agua potable y con la presencia de conexiones clandestinas. Hasta el año 2019 en la zona urbana del cantón, este tipo de acometidas alcanza el 11,64%, es decir 381 predios no tienen registro del volumen de agua que consumen; al no tener que pagar el servicio, las personas tienden a desperdiciar el agua e incluso, en época de sequía, lo utilizan para riego (GADM Santiago de Pillaro, 2020).

Además de la presencia de fugas y conexiones clandestinas, el elevado IANC se debe a errores de medición causados por inexactitud, ausencia, cambio o manipulación de los medidores de agua potable, o por fallos u omisiones de las personas responsables de registrar

las lecturas de los medidores. Por esta razón que el municipio cobra la tarifa básica a los usuarios cuyas lecturas son incoherentes y a los usuarios que no tienen medidores o están dañados.

Hasta el momento no existen investigaciones que aborden el tema de incidencia de fugas en este cantón. Por ello, esta investigación tiene el objetivo de determinar el agua no contabilizada, analizar las causas y magnitud de las fugas y proponer medidas para mitigarlas.

1.2. Justificación de la Investigación

Aunque no se puede evitar completamente la presencia de fugas, es importante conocer el volumen de agua no contabilizada durante los últimos años ya que nos permite estar al tanto de la evolución del rendimiento del sistema de agua potable y de las pérdidas económicas que conlleva. Además, junto al registro de las zonas o redes de incidencia de fugas, el municipio encargado puede implementar un plan para identificar y, posteriormente, mitigar las pérdidas de agua (Fuentes Mariles, Palma Nava , & Rodríguez Vázquez, 2011).

La reducción de fugas reales y conexiones clandestinas es crucial para minimizar interrupciones en el suministro del servicio en sectores donde no se puede satisfacer la demanda debido al crecimiento poblacional y la falta de control en el consumo de los habitantes. Esta medida optimiza la provisión del servicio al facilitar la atención de solicitudes y quejas. Además, permite expandir la cobertura del servicio a zonas previamente no consideradas. Adicionalmente, ayuda a preservar el medio ambiente al reducir el desperdicio del agua y de los recursos energéticos empleados en las estaciones de bombeo. Mejorando la economía del municipio y de la sociedad.

1.3. Objetivos

1.3.1. General

Determinar la incidencia de fugas en las redes de abastecimiento de agua potable en el cantón Santiago de Pillaro.

1.3.2. Específicos

- Realizar un balance hídrico general, estimando el volumen de agua incontrolada total.
- Identificar mediante inspecciones el proceso de operación y mantenimiento de las redes de agua potable, determinado las causas y problemas presentes en la ciudad de Santiago de Pillaro.
- Elaborar el mapa final de zonas con mayor incidencia en fugas en la red de agua potable.

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.2. Marco Conceptual

2.1.1. Sistema de Agua Potable

Contempla el conjunto de infraestructura empleadas para captar, transportar, tratar, almacenar y distribuir agua potable a los usuarios (Álvarez Puma & Muenala Morales, 2013).

Tabla 2:
Componentes de un sistema de agua potable

Captación	Conjunto de obras diseñadas para recolectar el agua en su estado natural desde la fuente, que pueden ser superficial o subterránea.
Estación de bombeo	Conjunto de estructuras, equipos, tuberías y accesorios, que transportan el agua de la captación y la impulsan a un reservorio de almacenamiento o directamente a la red de distribución.
Línea de conducción o impulsión	Conjunto de estructuras, tuberías o canales, válvulas, accesorios y obras de arte encargados de distribuir el agua desde la captación, o del reservorio de la estación de bombeo hacia los diferentes tanques de almacenamiento, planta de tratamiento o directamente a la red de distribución.
Planta de tratamiento	Conjunto de estructuras, obras, equipos y materiales que someten al agua a varios procesos, para purificarla, reduciendo y eliminando impurezas, bacterias, sustancias peligrosas para la salud, turbidez y mejorar características organolépticas.
Reservorio	Estructura de forma cuadrada, rectangular o circular utilizada para almacenar agua tratada. Debe garantizar la dotación de agua para la población en las horas de mayor consumo.
Red de distribución	Conjunto de tuberías que distribuyen agua a los habitantes. Está conformada por la red principal que distribuye agua a las redes secundarias.
Conexiones domiciliarias	Tramo de tubería encargado de transportar agua de la red de distribución a la vivienda

Fuente: (Aguero Pittman, 1997), (Álvarez Puma & Muenala Morales, 2013), (CARE Internacional-Avina., 2012), (Aguilar, 1995), (Organización Panamericana de la Salud, 2005)

2.1.2. Pérdidas

La pérdida de agua que ocurre entre el punto de suministro y el medidor de los usuarios se conoce como agua no contabilizada. Se clasifica en dos categorías: pérdidas reales, que incluyen fugas en tanques, tuberías y accesorios de la red, así como fugas en los hogares; y pérdidas aparentes, que son causadas por conexiones clandestinas, imprecisiones en los medidores o errores en la base de datos (Thornton, 2008).

Las fugas reales en la red de distribución pueden ser causadas por alta presión, corrosión en tuberías metálicas, efecto del tráfico, movimiento de suelos, mala calidad de los materiales o mano de obra, edad de las tuberías y golpe de ariete (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), 1981). Según Navarrete Nagua (2018) pueden determinarse mediante el balance hídrico “Top-Down” o el análisis del flujo nocturno “Bottom-Up”.

Márquez (2023) señala que las tuberías obsoletas son la principal causa de desperdicio de agua potable, estimando que el 68% de las empresas de agua potable y alcantarillado tienen redes que han superado su vida útil. Estas tuberías pueden causar fugas ya que no tienen los diámetros adecuados para soportar la presión.

Tabla 3:
Categoría de las fugas

Categoría 1	Fugas con volúmenes muy pequeños en las juntas y uniones de tuberías. Sólo se perciben cuando son visibles.
Categoría 2	Fugas pequeñas, mayores a la categoría 1. Solo se visualizan al realizar una inspección detallada y se usa técnicas más sofisticadas.
Categoría 3	Fugas grandes que son generalmente visibles. Su causa más frecuente es la rotura de la tubería y provoca baja presión, ruido en los edificios y falta de agua.

Fuente: (CEPIS, 1981)

2.1.3. Balance Hídrico

“El balance hídrico evalúa los caudales de entrada y salida del sistema” (Navarrete Nagua, 2018). Existen varias metodologías para realizar el balance hídrico, en el método presentado por Cabrera et al. (1999) varía ligeramente al balance hídrico recomendado por International Water Association “IWA” (antiguamente llamado IWSA). En este método intervienen los caudales mostrados en la figura 9.

Tabla 4:
Diferencias entre las metodologías presentada por el IWSA y (Cabrera et al., 1999)

IWSA	Auditoría de redes de redes de distribución de agua
Propone un balance general de todo el sistema de agua potable: desde la captación hasta su distribución.	Considera las pérdidas generadas únicamente en las redes de distribución de agua potable. Propone que el análisis de las pérdidas del resto del sistema debe ser independiente.
El primer criterio contempla el consumo de agua autorizado sin importar que sea o no medido.	El primer criterio consiste en la medición de los caudales consumidos.

Nota: Adaptado de (Cabrera et al., 1999)

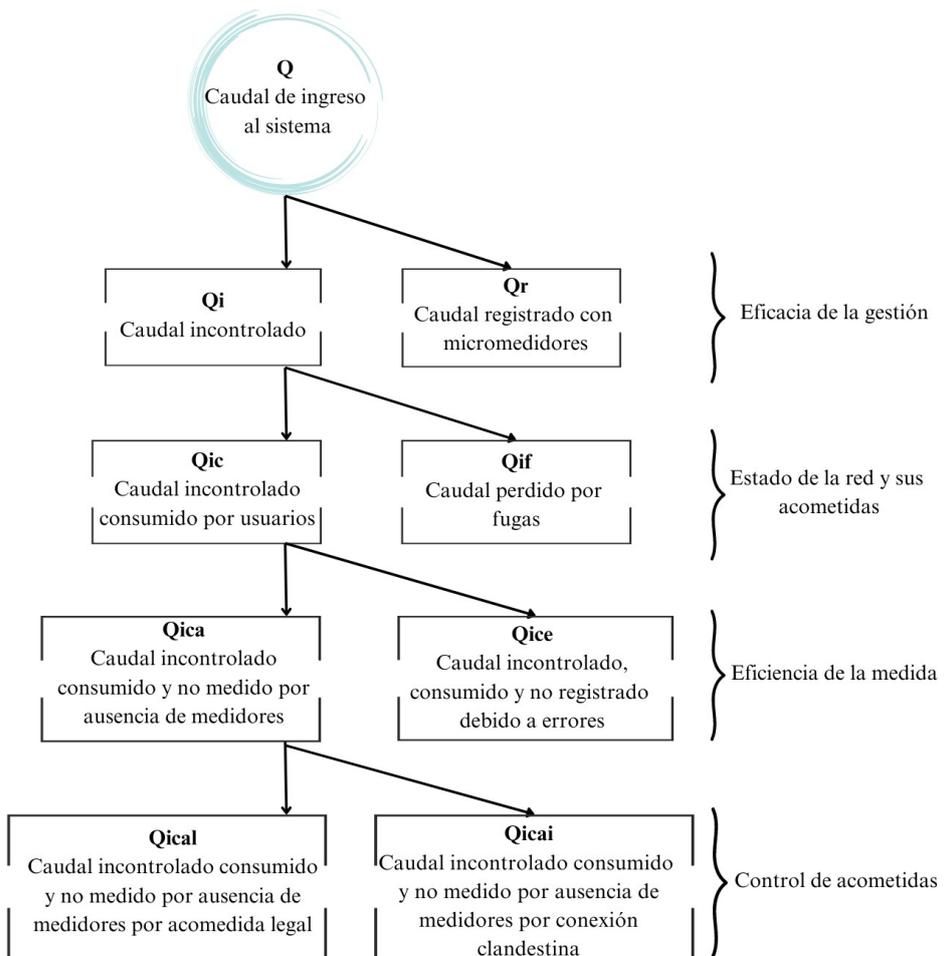


Figura 9: Caudales que componen el balance hídrico. Adaptado de (Cabrera et al., 1999)

2.1.4. Rango de Desempeño

El indicador de agua no contabilizada publicado por el ARCA (2022) consta de cuatro categorías. Los valores por categoría de prestador se indican en la figura 10:



Figura 10: Indicador de agua no contabilizada. Fuente: (ARCA, 2022)

2.2. Estado del Arte

2.2.1. Estudios de Pérdida de Agua

La pérdida económica generada por el agua no contabilizada es un problema a nivel nacional que necesita tomar acciones pertinentes para ser reducidas, es por ellos que existen investigaciones que han abordado la incidencia de fugas en sistemas de distribución de agua en diferentes ciudades del Ecuador, proporcionando una visión integral de las causas, consecuencias y estrategias de mitigación. En la tabla 5 se presenta un resumen de dichos estudios:

Tabla 5:
Resultados de investigaciones realizadas en Ecuador

Provincia	Ciudad	IANC	Agua Fugada	Rendimiento Global	Pérdidas Económicas Anuales
Chimborazo	Riobamba	39%	31%	“Regular”	\$3 295 959,00
	Guano	54%	50,79%	“Malo”	\$61 771,67
	Chambo	76,74%	75,75%	“Inaceptable”	\$146 747,48
	Alausí	39,29%	28,06%	“Regular”	\$95 251,01
	Colta	65,08%	50,73%	“Inaceptable”	\$83 913,77
	Penipe	57%	49,2%	“Malo”	\$83 467,30
Imbabura	Ibarra	40,33%	38,60%	“Regular”	\$3 043 703,38
Bolívar	San Miguel	45%	20%	“Malo”	\$ 88 845,68
	Chimbo	45,63%	42%	“Malo”	\$37 570,52
Tungurahua	Tisaleo	35,88%	30,88%	“Regular”	\$261 411,98
	Baños de Agua Santa	53,56%	48,56%	“Inaceptable”	\$175 881,45
Morona Santiago	Logroño	82,33%	77,30%	“Inaceptable”	\$10 884,73
Manabí	Portoviejo	71,24%	42,33%	“Inaceptable”	F. reales:
					\$1 887 260,66
					F. aparentes
					\$2 736 686,06

Fuente: (Achache Carrillo & Gómez Monar, 2022), (Jaramillo Salazar & Oleas Tapia, 2022), (Saigua Yambay & Vimos Ortiz, 2023), (Flores Merchán & Rea Moscoso, 2023), (Alcuacer Revelo & Guaminga Caba, 2023), (Carvajal Brito & Vargas Cedeño, 2023), (Orna Gamboa & Zumba Pila, 2023), (Tapia Garay, 2023), (Cedeño Farfán, Molina Arce, & Perero Intriago, 2021). (Sampedro Velastegui & Vigo Ruiz, 2024)

Achache Carrillo y Gómez Monar (2022) señalan que el elevado IANC se debe a la ausencia de macro-medidores en la salida de los tanques, hogares sin medidores, ausencia de registro de consumo de usuarios y la interconexión entre redes actuales y antiguas. Por otro lado, Cedeño Farfán, Molina Arce, y Perero Intriago (2021) resalta la presencia de errores de registro atribuibles a medidores con más de 7 años de servicio, lo que representa al 30%, según pruebas realizadas a 58 medidores muestreados de Portoviejo en el Laboratorio de Ensayo de Medidores de VEOLIA. (laboratorio acreditado 32 bajo la norma

ISO/IEC 17025). Además, Jaramillo Salazar y Oleas Tapia, (2022), menciona la existencia de fugas en la red, la presencia de conexiones clandestinas y el consumo de instituciones que tienen acometidas legales, pero no facturan.

Las fugas reales son comunes en la conducción, las tuberías domiciliarias y las conexiones de los medidores debido a materiales obsoletos y falta de mantenimiento (Orna Gamboa & Zumba Pila, 2023). En el cantón Portoviejo, entre 2018 y 2020, las reparaciones de tubería constituyeron el 9,62% del total de reparaciones realizadas y el 90,38% de las fugas reales se localizan en collarines, acometidas, llaves de corte, neplos, uniones y llaves de control. (Cedeño Farfán, Molina Arce, & Perero Intriago, 2021)

2.1.2. Iniciativas de Prevención y gestión

En 1984 la *Empresa Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Cuenca (ETAPA)* implementó un plan financiado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) para mejorar la gestión del sistema de agua potable. Este plan se ejecutó a partir del año 2000, logrando reducir las pérdidas de agua del 58% al 35,7% en 2005, se redujo el agua producida en las plantas de tratamiento sin afectar la continuidad del servicio. Se implementaron mejoras como el control del agua ingresada al sistema y el volumen facturado, atención sistematizada de reclamos, control continuo de la calidad de los materiales y verificación para las nuevas micromediciones. Sin embargo, surgieron problemas como la resistencia al cambio, control de las áreas de operaciones y mantenimiento, las micromediciones, falta de un marco legal y equipos obsoletos. Por lo tanto, se modificaron ordenanzas, además, se estableció la Unidad de control de Agua No Contabilizada (UANC) para controlar el agua potable desde su captación hasta la distribución y recuperar pérdidas. Durante este periodo se cambiaron 40 200 medidores y se adquirió equipos como: caudalímetros ultrasónicos portátiles, geófonos, pre localizadores de fugas, registradores de presión y laboratorios de mediciones (Cordero, 2005).

En Portoviejo se propuso un plan piloto para reducir el 53,9% de pérdidas actuales de agua. El plan consta de cuatro etapas: planificación, sectorización, levantamiento de la línea base y evaluación de resultados. Se controlaron los caudales mínimos nocturnos para ejecutar el plan. El estudio identifica dos problemas principales: error en la submedición y fugas de fondo. Aunque las pérdidas reales son mayores en volumen, las pérdidas aparentes tienen un mayor costo financiero, ya que evalúa al precio de venta al cliente, mientras que las pérdidas reales se calculan en función del precio de producción de agua potable. Para abordar las pérdidas aparentes, el plan contempla el cambio de 14030 medidores en 5 años. También se debe fortalecer la inspección, dado que en 2020 se encontró que 2994 usuarios facturan $0m^3$, y se estima que el 30% de ellos usa el agua en condiciones normales, además, se estima que el 4% de los clientes tienen conexiones clandestinas. Para controlar las pérdidas reales se determinó que la sectorización es indispensable, y se propone la renovación de infraestructura obsoleta (Cedeño Farfán, Molina Arce, & Perero Intriago, 2021).

CAPITULO III

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Tipo y Diseño de la Investigación

Esta investigación tiene un enfoque cuantitativo ya que consiste en un proceso deductivo, secuencial y se desea que refleje la realidad de forma objetiva, mediante la valoración o medición de diferentes variables para obtener resultados precisos, sin la influencia del investigador. La experiencia de las personas (variables cualitativas) nos van a ayudar a entender el contexto para hallar las soluciones que mejor se adapte a su realidad (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014).

El alcance de la investigación es descriptivo porque a partir de datos recopilados a nivel de campo se establecerá el estado de las tuberías, sistema de almacenamiento, incidencia de fugas, tipos de fugas e identificar sus causas; y de la misma manera, a partir de los consumos registrados por el municipio, se determinará el volumen de agua no contabilizada, y la eficiencia que tiene del sistema de agua potable.

En cuanto a su diseño, es no experimental longitudinal ya que no se manipulan las variables independientes, sino que se observa su evolución en su contexto natural para posteriormente analizarlos; además, la investigación contempla la recopilación de información de consumos de agua potable de diferentes años, desde enero del 2019 hasta noviembre del 2023, para inferir acerca de la evolución del manejo del municipio del agua no contabilizada (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014).

2.2. Población de Estudio

La población de estudio está conformada por todos los usuarios de agua potable de la zona urbana del cantón y que están presentes en el registro de facturación durante el período enero-2019 a noviembre-2023. Siendo un total de 4097 usuarios de los 7783 que maneja en total el municipio.

Tabla 6:

Usuarios de la zona urbana de acuerdo con la tarifa del medidor.

TIPO	TARIFA BÁSICA	TARIFA VIGENTE	N. USUARIOS	PORCENTAJE
RESIDENCIAL	10 m ³	5,45	3700	90,31%
COMERCIAL	15 m ³	15,95	379	9,25%
INDUSTRIAL	20 m ³	35,2	18	0,44%
TOTAL			4097	100%

Fuente: (GADM Santiago de Pillaro, 2023).

2.3.Procedimiento

El procedimiento empleado para el desarrollo de la investigación consta de 9 pasos que son mencionados en la figura 11.

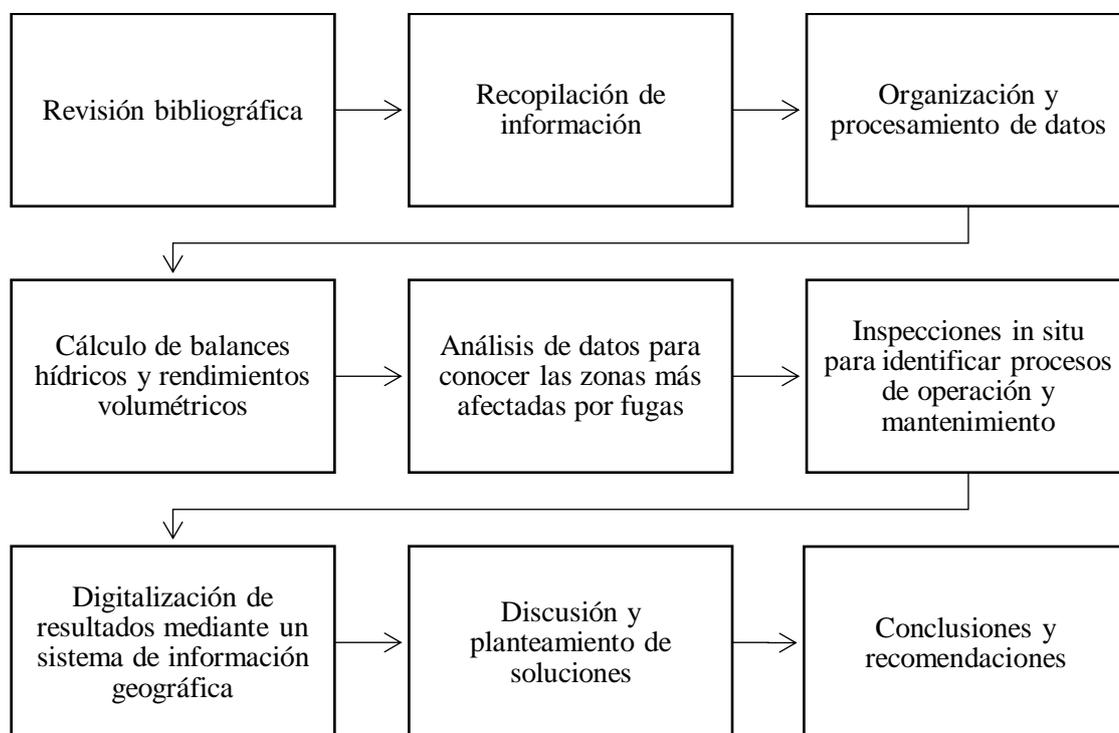


Figura 11: Esquema de la metodología

2.3.1. Revisión Bibliográfica

Se busca fuentes de información confiables para comprender el contexto de la zona de estudio, destacando al Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) del cantón, tanto del año 2014 como del 2020 y el estudio para el diseño del plan maestro de agua potable y alcantarillado de la ciudad de Píllaro.

Además, se revisa publicaciones de repositorios de diferentes universidades, libros, artículos científicos y publicaciones de revistas científicas para obtener el fundamento teórico necesario para, posteriormente, realizar el análisis de la información.

2.3.2. Recopilación de Información

Se realiza la petición a través de oficios al municipio del cantón Santiago de Píllaro. Esta entidad es la encargada de regular y administrar los servicios básicos de agua potable y alcantarillado.

La información proporcionada por la entidad fue:

Planos del Sistema de Agua Potable. Planos del plan maestro de la red de agua potable de la zona urbana, en la cual se ubican las redes de Píllaro Centro, San Vicente y

Ciudad Nueva (Red 1 y Red 2); y planos de redes individuales de la Red 1 de Ciudad Nueva; Red 2 de Ciudad Nueva, Urbina, Cruzpamba y Marcos Espinel.

Volúmenes de Consumo Mensuales Medidos y Facturados Desde Hace 5 Años Atrás. Se obtiene las lecturas de los medidores y los consumos mensuales de todos los usuarios (7783 personas) desde enero del 2019 hasta noviembre del 2023. Además, no existe registro entre mayo a agosto del 2020 a causa de la pandemia de COVID-19, y el mes de septiembre se elimina debido a la presencia de lecturas incompletas.

Valores Correspondientes a Recaudación de Facturación de los Últimos 5 Años. Se obtiene información del dinero facturado desde enero del 2018 hasta diciembre del 2022 y el dinero recaudado hasta junio del 2021. Esta información no está completa, debido a que algunos meses no tienen registro.

Catastro de Usuarios de Agua Actualizados. El catastro de usuarios de agua potable proporcionado por el municipio está organizado en una hoja de cálculo de Excel e incluye el nombre del usuario, tipo de tarifa y código del medidor. Sin embargo, no contiene información sobre la red a la que pertenece cada usuario. Por esta razón, se solicita el catastro del cantón en formato Shape en GIS al departamento de avalúos y catastros. Además, junto a los lectores, se levanta información de la ubicación de cada uno de los medidores de agua potable de la zona urbana con la aplicación UTM GeoMap. Finalmente, con colaboración de los operadores agua potable, se traza las zonas de abastecimiento de cada red. De esta manera, se clasifica los usuarios según la red de agua potable a la que correspondan (Anexo 1).

Expedientes Técnicos de Operación y Mantenimiento de las Redes de Distribución. El municipio no tiene registros de los mantenimientos realizados por los trabajadores en la red de agua potable.

La información que el municipio no tiene disponible corresponde al volumen de agua total inyectada al sistema, y la estadística de agua no facturada (lista de instituciones que consumen agua, pero no pagan). En la sección 2.3.4. se evidencia la obtención de estos datos.

2.3.3. Organización y Procesamiento de Datos

Se ordena la información de los consumos mensuales de cada usuario por mes, por año y por red, sin embargo, se observa que algunos consumos tienen un valor de cero metros cúbicos o no tenían registro de lecturas en varios meses, como se indica en el Anexo 2, que puede significar que dieron el servicio de baja temporalmente, la vivienda está deshabitada, el medidor fue retirado o está dañado (Figura 12), o bien, que apenas ingresaron al sistema durante el período de estudio. También están presentes varios consumos negativos (Anexo 3), identificando cinco casos:

- El medidor se satura y regresa a lecturas iniciales.
- Cambio de medidor.
- Errores en el registro de la lectura del medidor. Este tipo de error se presentan en todos los meses, pero se destaca el mes de octubre del 2020, ya que las lecturas registradas en septiembre están incompletas.

- Lecturas no registradas en el sistema.
- Cambio de lecturas inexplicables.



Figura 12: Acometidas sin medidor o medidor dañado

En los meses de abril y mayo de 2021, se registra una lectura duplicada en el sistema (Anexo 4), por lo que, se elimina la lectura incorrecta.

2.3.4. Cálculo de Balances Hídricos y Rendimientos Volumétricos

Para elaborar el balance hídrico se aplica la metodología presentada en el artículo “Auditoría de redes de redes de distribución de agua” por Cabrera et al. (1999).

Caudal de Ingreso al Sistema “Q”. Dado que no existen macro-medidores instalados a la salida de los tanques de almacenamiento, no se disponen de registros del volumen mensual inyectado a la red. Para abordar esta limitación, se utiliza un caudalímetro ultrasónico portátil para medir el caudal. Sin embargo, estas mediciones solo pudieron realizarse en un tramo de la conducción donde la tubería es metálica, en la cual circula un caudal de 115,72 l/s y la tubería que alimenta al tanque de San Vicente de 8,04 l/s. Sin embargo, este dato no es de utilidad, ya que, al estar en invierno, el agua está fluyendo por las tuberías de rebose de los tanques. Por este motivo, se llevó a cabo el aforo en las tuberías de cada red. (Anexo 5).

Tabla 7:
Cálculo del caudal inyectado

Red	Volumen (l)	Tiempo 1	Tiempo 2	Tiempo 3	Tiempo promedio (s)	Caudal (l/s)
Píllaro Centro		7,05	7,56	7,33	7,3133	27,35
Ciudad Nueva	200	24,65	24,98	24,76	24,7967	8,07
San Vicente		50,04	50,56	49,45	50,0167	4,00

En los últimos años se incrementó considerablemente el agua tratada, para realizar el balance hídrico de los años previos, se considera que el caudal de cada red disminuye proporcionalmente al caudal de salida de la planta de tratamiento de Santa Rita.

Tabla 8:
Caudal inyectado desde 2019 a 2023

		AÑO				
		2019	2020	2021	2022	2023
Planta de Santa Rita	(l/s)	85	90	130	130	140
Red Pillaro Centro	(l/s)	16,61	17,58	25,40	25,40	27,35
	(m3/día)	1435	1519	2194	2194	2363
Red Ciudad Nueva	(l/s)	4,90	5,19	7,49	7,49	8,07
	(m3/día)	423	448	647	647	697
Red San Vicente	(l/s)	2,43	2,57	3,71	3,71	4,0
	(m3/día)	210	222	321	321	346

Caudal Registrado “Qr”. El caudal mensual consumido registrado de cada red se presenta en las tablas 9,10 y 11.

Tabla 9:
Consumos mensuales registrados en la red Pillaro Centro

	2019	2020	2021	2022	2023
Enero	17974	21768	19000	19820	22518
Febrero	19703	20190	17828	22767	19933
Marzo	20319	20291	17879	21380	20198
Abril	19324	20291	20328	20282	18486
Mayo	20144	-	20318	20218	24445
Junio	19326	-	19500	19184	21933
Julio	18369	-	20072	18069	27808
Agosto	22192	-	18429	14413	24673
Septiembre	19704	-	19575	21340	21926
Octubre	21486	16394	20367	21503	20826
Noviembre	20483	22220	21193	22788	20684
Diciembre	19208	20402	19498	20947	-

Fuente: (GADM Santiago de Pillaro, 2023)

Tabla 10:
Consumos mensuales registrados en la red Ciudad Nueva

	2019	2020	2021	2022	2023
Enero	7229	8004	7313	8572	6835
Febrero	8621	8167	7627	11143	8324
Marzo	9016	7877	7695	7699	8479
Abril	7637	7877	8122	8003	7530
Mayo	7183	-	8199	8165	8966
Junio	7586	-	7857	7927	8518
Julio	7379	-	9536	7624	8443
Agosto	8036	-	7690	8411	9307
Septiembre	8425	-	9441	8686	8419
Octubre	7727	8182	8486	7689	8797
Noviembre	6940	8945	9989	9468	8174
Diciembre	7509	8503	6021	7407	-

Fuente: (GADM Santiago de Pillaro, 2023)

Tabla 11:
Consumos mensuales registrados en la red San Vicente

	2019	2020	2021	2022	2023
Enero	3377	3678	3696	4174	4127
Febrero	3341	3672	3599	4412	3763
Marzo	3379	3522	3886	3941	3824
Abril	3841	3522	3798	3823	3504
Mayo	3657	-	3679	3729	4445
Junio	3311	-	3326	3251	4301
Julio	3096	-	3795	3408	4186
Agosto	3585	-	3415	2364	5153
Septiembre	3347	-	4016	3750	6352
Octubre	3436	3169	3956	4244	5992
Noviembre	3583	3766	4033	3892	4166
Diciembre	3235	4169	3625	3556	-

Fuente: (GADM Santiago de Pillaro, 2023)

Caudal Incontrolado “Qi”. Para determinar este caudal empleamos la ecuación 1.

(1)

$$Q_i = Q - Q_r$$

Caudal Incontrolado Consumido y no Registrado Debido a Errores “Qice”.

Según Cabrera et al. (1999), este término puede ser significativo y su valor estimado es del 4% o 5% del volumen inyectado. Para este caso se consideró el 5% debido al elevado porcentaje de consumos mensuales negativos y con valor de cero, como se muestra en la tabla 12.

Tabla 12:
Porcentaje de consumos 0

	RED SAN VICENTE			RED CIUDAD NUEVA			RED PILLARO CENTRO			
	Lecturas totales	Consumo 0	Porcentaje de consumo 0	Lecturas totales	Consumo 0	Porcentaje de consumo 0	Lecturas totales	Consumo 0	Porcentaje de consumo 0	
2019	Enero	465	203	43,66%	1164	601	51,63%	2041	801	39,25%
	Febrero	465	198	42,58%	1162	614	52,84%	2055	744	36,20%
	Marzo	466	184	39,48%	1164	580	49,83%	2064	743	36,00%
	Abril	464	174	37,50%	1162	602	51,81%	2064	753	36,48%
	Mayo	466	163	34,98%	1169	590	50,47%	2073	755	36,42%
	Junio	464	170	36,64%	1168	587	50,26%	2070	734	35,46%
	Julio	468	193	41,24%	1170	629	53,76%	2071	755	36,46%
	Agosto	469	178	37,95%	1170	606	51,79%	2079	755	36,32%
	Septiembre	468	163	34,83%	1171	578	49,36%	2078	749	36,04%
	Octubre	468	167	35,68%	1167	569	48,76%	2078	706	33,97%
	Noviembre	477	176	36,90%	1178	606	51,44%	2089	712	34,08%
	Diciembre	477	173	36,27%	1180	590	50,00%	2087	707	33,88%

2020	Enero	481	176	36,59%	1184	641	54,14%	2094	803	38,35%
	Febrero	481	172	35,76%	1184	585	49,41%	2099	786	37,45%
	Marzo	481	150	31,19%	1185	529	44,64%	2099	654	31,16%
	Abril	481	150	31,19%	1185	529	44,64%	2099	654	31,16%
	Octubre	483	212	43,89%	1191	648	54,41%	2121	951	44,84%
	Noviembre	482	167	34,65%	1192	519	43,54%	2119	690	32,56%
	Diciembre	484	176	36,36%	1193	561	47,02%	2117	730	34,48%
2021	Enero	487	166	34,09%	1195	624	52,22%	2123	828	39,00%
	Febrero	488	170	34,84%	1193	630	52,81%	2124	834	39,27%
	Marzo	493	176	35,70%	1199	611	50,96%	2143	874	40,78%
	Abril	516	184	35,66%	1245	602	48,35%	2235	862	38,57%
	Mayo	515	178	34,56%	1248	603	48,32%	2243	829	36,96%
	Junio	497	212	42,66%	1206	650	53,90%	2157	911	42,23%
	Julio	497	175	35,21%	1212	609	50,25%	2162	835	38,62%
	Agosto	497	154	30,99%	1214	621	51,15%	2157	902	41,82%
	Septiembre	498	166	33,33%	1217	609	50,04%	2158	823	38,14%
	Octubre	502	164	32,67%	1227	608	49,55%	2174	820	37,72%
	Noviembre	502	167	33,27%	1228	592	48,21%	2176	804	36,95%
	Diciembre	503	162	32,21%	1226	748	61,01%	2180	829	38,03%
2022	Enero	504	162	32,14%	1232	600	48,70%	2199	820	37,29%
	Febrero	502	95	18,92%	1234	297	24,07%	2201	393	17,86%
	Marzo	506	168	33,20%	1235	636	51,50%	2206	834	37,81%
	Abril	509	178	34,97%	1237	595	48,10%	2207	846	38,33%
	Mayo	510	173	33,92%	1239	595	48,02%	2216	818	36,91%
	Junio	510	175	34,31%	1239	599	48,35%	2214	813	36,72%
	Julio	509	163	32,02%	1244	610	49,04%	2219	829	37,36%
	Agosto	509	252	49,51%	1244	601	48,31%	2215	1056	47,67%
	Septiembre	509	122	23,97%	1245	547	43,94%	2216	625	28,20%
	Octubre	509	186	36,54%	1244	716	57,56%	2206	913	41,39%
	Noviembre	504	161	31,94%	1247	507	40,66%	2199	750	34,11%
	Diciembre	506	150	29,64%	1251	592	47,32%	2203	837	37,99%
2023	Enero	506	171	33,79%	1253	719	57,38%	2208	860	38,95%
	Febrero	508	180	35,43%	1254	645	51,44%	2214	839	37,90%
	Marzo	508	181	35,63%	1253	661	52,75%	2215	875	39,50%
	Abril	509	173	33,99%	1254	643	51,28%	2218	834	37,60%
	Mayo	517	167	32,30%	1260	659	52,30%	2219	867	39,07%
	Junio	517	155	29,98%	1260	674	53,49%	2219	852	38,40%
	Julio	516	172	33,33%	1261	671	53,21%	2221	848	38,18%
	Agosto	516	170	32,95%	1261	671	53,21%	2221	833	37,51%
	Septiembre	516	169	32,75%	1256	548	43,63%	2209	702	31,78%
	Octubre	516	166	32,17%	1254	642	51,20%	2209	820	37,12%
	Noviembre	517	161	31,14%	1254	645	51,44%	2206	806	36,54%

Fuente: (GADM Santiago de Píllaro, 2023)

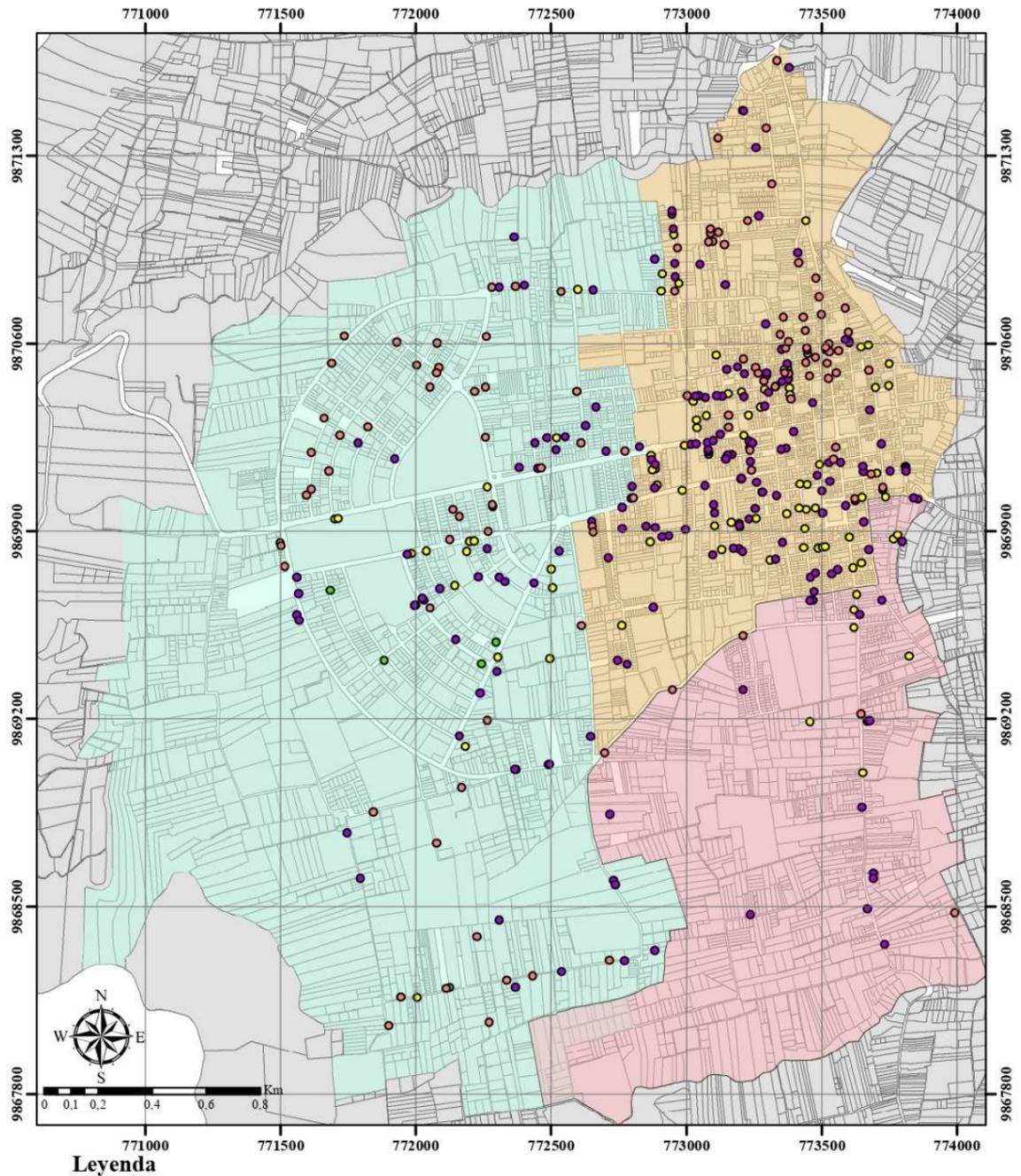


Figura 13: Ubicación de acometidas con novedades. *Nota:* Las observaciones de las acometidas no contemplan la zona de Santa Teresita y El Artesón porque no se realizó las lecturas de esas zonas.

El elevado porcentaje de consumos de 0 m^3 se debe a diversos factores, tales como la presencia de casas abandonadas, conexiones a terrenos sin edificaciones, viviendas sin medidores instalados, casas con medidores dañados, medidores localizados dentro de las casas y la dificultad para localizar las conexiones de algunos usuarios registrados en el catastro.

Tabla 13:*Observaciones en las acometidas*

RED	Píllaro Centro	Ciudad Nueva	San Vicente
SIN MEDIDOR	113	54	17
MEDIDOR DAÑADO	61	19	9
MEDIDOR AL REVES	0	5	0
SIN LOCALIZAR	35	102	9
SUSPENDIDO	59	49	5

Nota: Obtenido del levantamiento de información de la ubicación de los medidores realizada en los meses de Octubre, Noviembre y Diciembre del 2023. No se realizó en Santa Teresita y en el Artesón.

Caudal Incontrolado Consumido y no Registrado por Ausencia de Medidores por Acometida Legal “Qical”. El agua potable consumida en predios municipales no es registrada, ya que dichas acometidas no cuentan con medidores ni están registradas en el catastro de usuarios de agua potable y alcantarillado, por lo que se utiliza el catastro urbano en archivo GIS para identificar la ubicación y área de los predios, posteriormente se procede a confirmar si está en funcionamiento. Para determinar su consumo mensual se utiliza las dotaciones presentadas en la tabla 14.

Tabla 14:*Dotación para diferente tipo de edificaciones*

TIPO DE EDIFICACIÓN	UNIDAD	DOTACIÓN
Áreas verdes	<i>l / m² / día</i>	2
Mercados	<i>l / m² / día</i>	5 - 10
Iglesias	<i>l / m² / día</i>	0,5
Oficinas públicas	<i>l / m² / día</i>	6
Escuelas y colegios	<i>l / estudiante / día</i>	20
Biblioteca	<i>l / visitante / día</i>	3 - 5
Baños públicos	<i>l / mueble sanitario / día</i>	300
Coliseo	<i>l / espectador / día</i>	1
Restaurante	<i>l / área útil / día</i>	40
Terminal	<i>l / pasajero / día</i>	10 - 15
Centros de reunión	<i>l / asistente / día</i>	3
Hospital	<i>l / ocupante / día</i>	800 - 1300
Internado, hogar de ancianos y niños	<i>l / ocupante / día</i>	200 - 300
Talleres, industrias y agencias	<i>l / trabajador / día</i>	80 - 120

Nota: Fuente: (NEC, 2011), (ICG, 2006), (MSAS, 1988)

En las tablas 15, 16 y 17 se indica el caudal consumido por instituciones con acometidas legalizadas. Se considera que, a partir del mes de septiembre del 2023, las instituciones educativas salieron del catastro de agua potable.

Tabla 15:

Caudal incontrolado consumido y no medido en acometidas legales en la red Pillaro Centro

TIPO DE EDIFICACION		DOTACIÓN		CANTIDAD	CONSUMO (m3/mes)	TOTAL (m3/mes)
Mercado San Juan	5	l / m ² / día	8472,29	m ²	1270,84	
Parque José María Urbina (Área Verde)	2	l / m ² / día	4338,69	m ²	260,32	
Parque José María Urbina (Baños)	300	l / mueble sanitario / día	2	muebles sanitarios	18,00	
Gad municipal y teatro	6	l / m ² / día	2639,99	m ²	475,20	
Mercado 24 de mayo	5	l / m ² / día	2292,31	m ²	343,85	
Edificio biblioteca	50	l / visitante / día	10	personas	15,00	
Baños públicos (plaza de toros)	300	l / mueble sanitario / día	4	muebles sanitarios	36,00	
Mercado San Luis	5	l / m ² / día	2745,35	m ²	411,80	
Coliseo de deportes	1	l / espectador / día	200	espectadores	6,00	
Escuela Isabel La Católica	20	l / estudiante / día	620	estudiantes	372,00	
Parque infantil (área verde)	2	l / m ² / día	7688,778	m ²	461,33	
Parque infantil (baños)	300	l / mueble sanitario / día	4	muebles sanitarios	36,00	
Parque infantil (restaurante)	40	l / área útil / día	140,885	m ²	169,06	
Dir. Distrital Escuela Mariscal Sucre	-	-	-	-	135,00	
Cementerio municipal	3	l / visitante / día	15	visitantes	1,35	
Parque 10 de agosto	2	l / m ² / día	934,82	m ²	56,09	
Casa barrial Rumihuaico	3	l / asistente / día	25	asistentes	2,25	
Iglesia Nuevo Rumihuaico	0,5	l / m ² / día	85,62	m ²	1,28	
Dir. Distrital Escuela Augusto N. Martínez	20	l / estudiante / día	513	estudiantes	307,80	
Jardín De Infantes Pequeños Amigos	-	-	-	-	60,00	
Dirección Distrital 18d05 Santiago De Pillaro Educación	20	l / estudiante / día	308	estudiantes	184,80	
Dir. Distrital Escuela Unión Nacional De Periodistas	20	l / estudiante / día	728	estudiantes	436,80	

Hasta agosto del 2023: 3564,37

Desde septiembre del 2023: 5060,77

Nota: Para el consumo mensual del jardín de infantes Pequeños Amigos y la escuela Mariscal Sucre se promedió los consumos registrados durante el año 2023.

Tabla 16:

Caudal incontrolado consumido y no medido en acometidas legales en la red Ciudad Nueva

TIPO DE EDIFICACION		DOTACIÓN		CANTIDAD		CONSUMO (m3/mes)	TOTAL (m3/mes)
Diócesis de Ambato Iglesia Jesús Del G.Poder	0,5	l / m ² / día	121,82	m2		1,83	
Casa barrial-comité promejuoras Ciudad Nueva	6	l / m ² / día	414,03	m2		74,53	
Iglesia Ciudad Nueva	0,5	l / m ² / día	475,4	m2		7,13	
Escuela La Inmaculada Madres De La Caridad	-	-	-	-		81,13	
Bloque 2 Colegio Jorge Álvarez	20	l / estudiante / día	1893	estudiantes		1135,80	
Junta De aguas de la acequia Delfina Moreno	3	l / asistente / día	40	asistente		3,60	
Unidad Educativa Los Andes	20	l / estudiante / día	1049	estudiante		629,40	
Diócesis de Ambato Iglesia de la Elevación	0,5	l / m ² / día	105	m2		1,58	
Iglesia Santa Teresita	0,5	l / m ² / día	131,65	m2		1,97	
Terminal terrestre	10	l / pasajero / día	2000	pasajeros		600,00	
Hospital Santiago De Pillaro	800	l / ocupante / día	50	ocupantes		1200,00	
Centro gerontológico	200	l / ocupante / día	30	ocupantes		180,00	
Estadio Ciudad Nueva	1	l / ocupante / día	45	ocupantes		1,35	
Casa comunal Primavera	3	l / asistente / día	25	asistentes		2,25	
Taller municipal	80	l / trabajador / día	3	trabajadores		7,20	
Mercado mayorista	5	l / m ² / día	4530,79	m2		679,62	

Hasta agosto del 2023: 2761,05

Desde septiembre del 2023: 4607,38

Nota: Para el consumo mensual de un boque de la escuela La Inmaculada se promedió los consumos registrados durante el año 2023

Tabla 17:

Caudal incontrolado consumido y no medido en acometidas legales en la red San Vicente

TIPO DE EDIFICACION		DOTACIÓN		CANTIDAD		CONSUMO (m3/mes)	TOTAL (m3/mes)
Casa comunal San Vicente Bajo	6	l / asistente / día	25	asistentes		4,50	
Unidad Educativa PCEI Tungurahua	20	l / estudiante / día	100	estudiante		60,00	
Diócesis de Ambato Iglesia De La Primavera	0,5	l / m ² / día	156	m ²		2,34	
Iglesia Quinta	0,5	l / m ² / día	249,78	m ²		3,75	
Diócesis de Ambato Iglesia De San Vicente	0,5	l / m ² / día	159,32	m ²		2,39	
Baños (Cancha)	30	l / mueble sanitario / día	2	Muebles sanitarios		18	
Diócesis de Ambato Iglesia De San Vicente	2,5	l / m ² / día	161,32	m ²		12,10	

Hasta agosto del 2023: 43,08

Desde septiembre del 2023: 103,08

Índice de Agua no Contabilizada. Para determinar el IANC se emplea la ecuación 2.

(2)

$$IANC (\%) = \frac{Q_i}{Q} \times 100\%$$

Rendimiento Global del Sistema. Para determinar el rendimiento global del sistema η_s se emplea la ecuación 3 y se categoriza en función de la tabla 18.

(3)

$$\eta_s = \frac{Q_r}{Q}$$

Tabla 18:

Calificación de la gestión en función a su rendimiento global porcentual

RANGO	CALIFICACIÓN
$\eta_s > 0,9$	Excelente
$0,8 < \eta_s < 0,9$	Muy bueno
$0,7 < \eta_s < 0,8$	Bueno
$0,6 < \eta_s < 0,7$	Regular
$0,5 < \eta_s < 0,6$	Malo
$\eta_s < 0,5$	Inaceptable

Nota: Fuente: (Cabrera et al., 1999)

2.3.5. *Historial de Fugas*

Se recopila la información en la zona de estudio durante un período de 15 días en colaboración con los operadores del sistema de agua potable, cuya jornada laboral se extiende desde las 7 a.m. hasta las 3 p.m. Además, se añade los detalles sobre los mantenimientos y quejas registrados en los últimos meses.

2.3.6. *Digitalización de Resultados Mediante un Sistema de Información Geográfica*

En formato GIS se representa las zonas de abastecimiento de cada red con su respectiva información sobre el índice de agua no contabilizada, porcentaje de agua fugada y de conexiones clandestinas, categoría y desempeño.

2.3.7. *Afectación Económica*

Para evaluar el impacto económico, Cedeño Farfán, Molina Arce y Perero Intriago, (2021) sugieren considerar un costo diferenciado para el agua fugada y las conexiones clandestinas. Para el agua fugada, se deben tener en cuenta únicamente los costos relacionados con su captación, conducción y tratamiento. En cambio, para las conexiones ilegales, se debe aplicar un cargo equivalente al del agua consumida.

Sin embargo, en este caso, no es posible determinar con precisión el volumen de agua perdida por fugas reales y conexiones clandestinas del sistema. Por lo tanto, en el cálculo se utilizará únicamente el costo por metro cúbico, que asciende a \$0,55.

Para determinar el número de posibles beneficiarios del servicio con el agua fugada, se utiliza la demanda de agua para consumo humano en el área urbana del año 2019, tal como se presenta en el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT), que corresponde a 157,13 litros por habitante por día (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Santiago de Pillaro, 2020). Para aproximar el número de viviendas se emplea los datos del último censo, considerando que cada hogar está formado por 3,17 integrantes (INEC, 2023).

CAPITULO IV

3. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1. Balance Hídrico Anual por Red

3.1.1. Red Pillaro Centro

El análisis del balance hídrico de la red Pillaro Centro para el período comprendido entre 2019 y 2023 se detalla en la tabla 19, indicando que la clasificación del servicio según el Índice de Agua No Contabilizada (IANC) es "D". En agosto de 2022 se evidencia la mayor cantidad de agua no contabilizada, alcanzando el 79%, mientras que en agosto de 2019 se registra un 50%, que constituye el mínimo de IANC (Anexo 7). Además, se aprecia en la figura 14 que el menor caudal fugado se observa en febrero de 2019, con un 37%, mientras que el máximo porcentaje de fugas se encuentra en agosto de 2022, alcanzando el 69%.

Tabla 19:

Balance hídrico de la red Pillaro Centro

Año	Mes	Q	Qr	Qi	IANC	Categoría	Qice	Qical	Qif + Qicai	%(Qif + Qicai)
2019	Enero	44485	17974	26511	60%	D	2224,25	3564,37	20722,38	47%
	Febrero	40180	19703	20477	51%	C	2009,00	3564,37	14903,63	37%
	Marzo	44485	20319	24166	54%	D	2224,25	3564,37	18377,38	41%
	Abril	43050	19324	23726	55%	D	2152,50	3564,37	18009,13	42%
	Mayo	44485	20144	24341	55%	D	2224,25	3564,37	18552,38	42%
	Junio	43050	19326	23724	55%	D	2152,50	3564,37	18007,13	42%
	Julio	44485	18369	26116	59%	D	2224,25	3564,37	20327,38	46%
	Agosto	44485	22192	22293	50%	C	2224,25	3564,37	16504,38	37%
	Septiembre	43050	19704	23346	54%	D	2152,50	3564,37	17629,13	41%
	Octubre	44485	21486	22999	52%	D	2224,25	3564,37	17210,38	39%
	Noviembre	43050	20483	22567	52%	D	2152,50	3564,37	16850,13	39%

	Diciembre	44485	19208	25277	57%	D	2224,25	3564,37	19488,38	44%
	Suma	523775,00	238232,00	285543,00			26188,75	42772,49	216581,76	
	Promedio	43647,92	19852,67	23795,25	55%	D	2182,40	3564,37	18048,48	41%
2020	Enero	47089	21768	25321	54%	D	2354,45	3564,37	19402,18	41%
	Febrero	44051	20190	23861	54%	D	2202,55	3564,37	18094,08	41%
	Marzo	47089	20291	26798	57%	D	2354,45	3564,37	20879,18	44%
	Abril	45570	20291	25279	55%	D	2278,50	3564,37	19436,13	43%
	Octubre	47089	16394	30695	65%	D	2354,45	3564,37	24776,18	53%
	Noviembre	45570	22220	23350	51%	D	2278,50	3564,37	17507,13	38%
	Diciembre	47089	20402	26687	57%	D	2354,45	3564,37	20768,18	44%
	Suma	323547,00	141556,00	181991,00			16177,35	24950,62	140863,03	
	Promedio	46221,00	20222,29	25998,71	56%	D	2311,05	3564,37	20123,29	44%
	2021	Enero	68014	19000	49014	72%	D	3400,70	3564,37	42048,93
Febrero		61432	17828	43604	71%	D	3071,60	3564,37	36968,03	60%
Marzo		68014	17879	50135	74%	D	3400,70	3564,37	43169,93	63%
Abril		65820	20328	45492	69%	D	3291,00	3564,37	38636,63	59%
Mayo		68014	20318	47696	70%	D	3400,70	3564,37	40730,93	60%
Junio		65820	19500	46320	70%	D	3291,00	3564,37	39464,63	60%
Julio		68014	20072	47942	70%	D	3400,70	3564,37	40976,93	60%
Agosto		68014	18429	49585	73%	D	3400,70	3564,37	42619,93	63%
Septiembre		65820	19575	46245	70%	D	3291,00	3564,37	39389,63	60%
Octubre		68014	20367	47647	70%	D	3400,70	3564,37	40681,93	60%
Noviembre		65820	21193	44627	68%	D	3291,00	3564,37	37771,63	57%
Diciembre		68014	19498	48516	71%	D	3400,70	3564,37	41550,93	61%
Suma		800810,00	233987,00	566823,00			40040,50	42772,49	484010,01	
Promedio	66734,17	19498,92	47235,25	71%	D	3336,71	3564,37	40334,17	60%	
2022	Enero	68014	19820	48194	71%	D	3400,70	3564,37	41228,93	61%
	Febrero	61432	22767	38665	63%	D	3071,60	3564,37	32029,03	52%
	Marzo	68014	21380	46634	69%	D	3400,70	3564,37	39668,93	58%

	Abril	65820	20282	45538	69%	D	3291,00	3564,37	38682,63	59%
	Mayo	68014	20218	47796	70%	D	3400,70	3564,37	40830,93	60%
	Junio	65820	19184	46636	71%	D	3291,00	3564,37	39780,63	60%
	Julio	68014	18069	49945	73%	D	3400,70	3564,37	42979,93	63%
	Agosto	68014	14413	53601	79%	D	3400,70	3564,37	46635,93	69%
	Septiembre	65820	21340	44480	68%	D	3291,00	3564,37	37624,63	57%
	Octubre	68014	21503	46511	68%	D	3400,70	3564,37	39545,93	58%
	Noviembre	65820	22788	43032	65%	D	3291,00	3564,37	36176,63	55%
	Diciembre	68014	20947	47067	69%	D	3400,70	3564,37	40101,93	59%
	Suma	800810,00	242711,00	558099,00	70%	D	40040,50	42772,49	475286,01	59%
	Promedio	66734,17	20225,92	46508,25			3336,71	3564,37	39607,17	
2023	Enero	73253	22518	50735	69%	D	3662,65	3564,37	43507,98	59%
	Febrero	66164	19933	46231	70%	D	3308,20	3564,37	39358,43	59%
	Marzo	73253	20198	53055	72%	D	3662,65	3564,37	45827,98	63%
	Abril	70890	18486	52404	74%	D	3544,50	3564,37	45295,13	64%
	Mayo	73253	24445	48808	67%	D	3662,65	3564,37	41580,98	57%
	Junio	70890	21933	48957	69%	D	3544,50	3564,37	41848,13	59%
	Julio	73253	27808	45445	62%	D	3662,65	3564,37	38217,98	52%
	Agosto	73253	24673	48580	66%	D	3662,65	3564,37	41352,98	56%
	Septiembre	70890	21926	48964	69%	D	3544,50	5060,77	40358,73	57%
	Octubre	73253	20826	52427	72%	D	3662,65	5060,77	43703,58	60%
	Noviembre	70890	20684	50206	71%	D	3544,50	5060,77	41600,73	59%
	Suma	789242,00	243430,00	545812,00	69%	D	39462,10	43697,32	462652,58	59%
	Promedio	71749,27	22130,00	49619,27			3587,46	3972,48	42059,33	

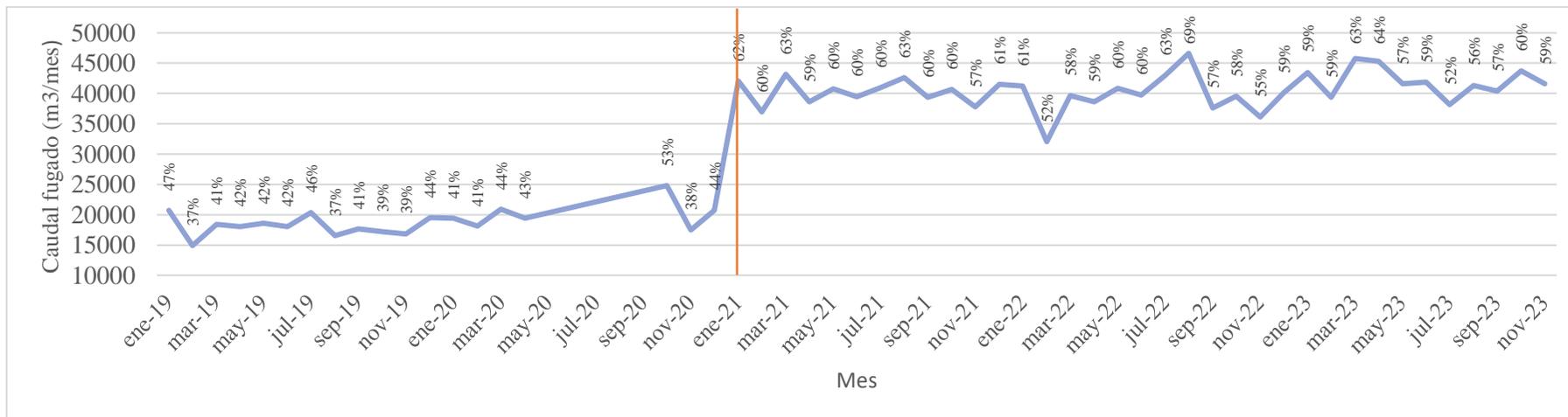


Figura 14: Caudal fugado y de conexiones clandestinas de la Red Pillaro Centro

3.1.2. Red Ciudad Nueva

El análisis del balance hídrico de la red Ciudad Nueva para el período comprendido entre 2019 y 2023 se presenta en la tabla 20, indicando que la categoría del servicio en función del Índice de Agua No Contabilizada (IANC) es "B" hasta el año 2020, y a partir de enero de 2021 hasta la actualidad corresponde a la categoría "D". En diciembre de 2021 se registra la mayor cantidad de agua no contabilizada, alcanzando el 70%, mientras que en febrero de 2019 es del 30%, que constituye el mínimo de IANC (Anexo 8). Además, se observa en la figura 15 que el menor caudal fugado se registra en febrero de 2019, con un 2%, mientras que el máximo porcentaje de fugas se encuentra en enero de 2023, llegando al 51%.

Tabla 20:

Balance hídrico de la red Ciudad Nueva

Año	Mes	Q	Qr	Qi	IANC	Categoría	Qice	Qical	Qif + Qicai	%Agua fugada
2019	Enero	13113	7229	5884	45%	B	655,65	2761,05	2467,30	19%
	Febrero	12267	8621	3646	30%	B	613,35	2761,05	271,60	2%
	Marzo	13113	9016	4097	31%	B	655,65	2761,05	680,30	5%

	Abril	12690	7637	5053	40%	B	634,50	2761,05	1657,45	13%
	Mayo	13113	7183	5930	45%	B	655,65	2761,05	2513,30	19%
	Junio	12690	7586	5104	40%	B	634,50	2761,05	1708,45	13%
	Julio	13113	7379	5734	44%	B	655,65	2761,05	2317,30	18%
	Agosto	13113	8036	5077	39%	B	655,65	2761,05	1660,30	13%
	Septiembre	12690	8425	4265	34%	B	634,50	2761,05	869,45	7%
	Octubre	13113	7727	5386	41%	B	655,65	2761,05	1969,30	15%
	Noviembre	12690	6940	5750	45%	B	634,50	2761,05	2354,45	19%
	Diciembre	13113	7509	5604	43%	B	655,65	2761,05	2187,30	17%
	Suma	154818,00	93288,00	61530,00			7740,90	33132,62	20656,48	
	Promedio	12901,50	7774,00	5127,50	40%	B	645,08	2761,05	1721,37	13%
2020	Enero	13888	8004	5884	42%	B	694,40	2761,05	2428,55	17%
	Febrero	12992	8167	4825	37%	B	649,60	2761,05	1414,35	11%
	Marzo	13888	7877	6011	43%	B	694,40	2761,05	2555,55	18%
	Abril	13440	7877	5563	41%	B	672,00	2761,05	2129,95	16%
	Octubre	13888	8182	5706	41%	B	694,40	2761,05	2250,55	16%
	Noviembre	13440	8945	4495	33%	B	672,00	2761,05	1061,95	8%
	Diciembre	13888	8503	5385	39%	B	694,40	2761,05	1929,55	14%
	Suma	95424,00	57555,00	37869,00			4771,20	19327,36	13770,44	
	Promedio	13632,00	8222,14	5409,86	40%	B	681,60	2761,05	1967,21	14%
2021	Enero	20057	7313	12744	64%	D	1002,85	2761,05	8980,10	45%
	Febrero	18116	7627	10489	58%	D	905,80	2761,05	6822,15	38%
	Marzo	20057	7695	12362	62%	D	1002,85	2761,05	8598,10	43%
	Abril	19410	8122	11288	58%	D	970,50	2761,05	7556,45	39%
	Mayo	20057	8199	11858	59%	D	1002,85	2761,05	8094,10	40%
	Junio	19410	7857	11553	60%	D	970,50	2761,05	7821,45	40%
	Julio	20057	9536	10521	52%	D	1002,85	2761,05	6757,10	34%
	Agosto	20057	7690	12367	62%	D	1002,85	2761,05	8603,10	43%
	Septiembre	19410	9441	9969	51%	D	970,50	2761,05	6237,45	32%

2022	Octubre	20057	8486	11571	58%	D	1002,85	2761,05	7807,10	39%
	Noviembre	19410	9989	9421	49%	C	970,50	2761,05	5689,45	29%
	Diciembre	20057	6021	14036	70%	D	1002,85	2761,05	10272,10	51%
	Suma	236155,00	97976,00	138179,00	59%	D	11807,75	33132,62	93238,63	39%
	Promedio	19679,58	8164,67	11514,92						
	Enero	20057	8572	11485	57%	D	1002,85	2761,05	7721,10	38%
	Febrero	18116	11143	6973	38%	B	905,80	2761,05	3306,15	18%
	Marzo	20057	7699	12358	62%	D	1002,85	2761,05	8594,10	43%
	Abril	19410	8003	11407	59%	D	970,50	2761,05	7675,45	40%
	Mayo	20057	8165	11892	59%	D	1002,85	2761,05	8128,10	41%
	Junio	19410	7927	11483	59%	D	970,50	2761,05	7751,45	40%
	Julio	20057	7624	12433	62%	D	1002,85	2761,05	8669,10	43%
Agosto	20057	8411	11646	58%	D	1002,85	2761,05	7882,10	39%	
Septiembre	19410	8686	10724	55%	D	970,50	2761,05	6992,45	36%	
Octubre	20057	7689	12368	62%	D	1002,85	2761,05	8604,10	43%	
Noviembre	19410	9468	9942	51%	D	970,50	2761,05	6210,45	32%	
Diciembre	20057	7407	12650	63%	D	1002,85	2761,05	8886,10	44%	
Suma	236155,00	100794,00	135361,00	57%	D	11807,75	33132,62	90420,63	38%	
Promedio	19679,58	8399,50	11280,08							
2023	Enero	21607	6835	14772	68%	D	1080,35	2761,05	10930,60	51%
	Febrero	19516	8324	11192	57%	D	975,80	2761,05	7455,15	38%
	Marzo	21607	8479	13128	61%	D	1080,35	2761,05	9286,60	43%
	Abril	20910	7530	13380	64%	D	1045,50	2761,05	9573,45	46%
	Mayo	21607	8966	12641	59%	D	1080,35	2761,05	8799,60	41%
	Junio	20910	8518	12392	59%	D	1045,50	2761,05	8585,45	41%
	Julio	21607	8443	13164	61%	D	1080,35	2761,05	9322,60	43%
	Agosto	21607	9307	12300	57%	D	1080,35	2761,05	8458,60	39%
	Septiembre	20910	8419	12491	60%	D	1045,50	4607,38	6838,12	33%
	Octubre	21607	8797	12810	59%	D	1080,35	4607,38	7122,27	33%

Noviembre	20910	8174	12736	61%	D	1045,50	4607,38	7083,12	34%
Suma	232798,00	91792,00	141006,00			11639,90	35910,55	93455,55	
Promedio	21163,45	8344,73	12818,73	61%	D	1058,17	3264,60	8495,96	40%



Figura 15: Caudal fugado y de conexiones clandestinas de la Red Ciudad Nueva

3.1.3. Red San Vicente

El análisis del balance hídrico de la red San Vicente para el periodo entre 2019 y 2023 se presenta en la tabla 21, indicando que la categoría del servicio en función del Índice de Agua No Contabilizada (IANC) es "B" hasta el año 2020, y a partir de enero de 2021 hasta la actualidad corresponde a la categoría "D". En agosto de 2022, se registra la mayor cantidad de agua no contabilizada, alcanzando el 76%, mientras que en abril de 2019 es del 39%, que constituye el mínimo de IANC (Anexo 9). Además, se observa en la figura 16 que el menor caudal fugado se registra en abril de 2019, con un 33%, mientras que el máximo porcentaje de fugas se encuentra en agosto de 2022, llegando al 71%

Tabla 21:*Balance hídrico de la red San Vicente*

Año	Mes	Q	Qr	Qi	IANC	Categoría	Qice	Qical	Qif + Qicai	% (Qif + Qicai)
2019	Enero	6510	3377	3133	48%	C	325,50	43,08	2764,42	42%
	Febrero	5880	3341	2539	43%	B	294,00	43,08	2201,92	37%
	Marzo	6510	3379	3131	48%	C	325,50	43,08	2762,42	42%
	Abril	6300	3841	2459	39%	B	315,00	43,08	2100,92	33%
	Mayo	6510	3657	2853	44%	B	325,50	43,08	2484,42	38%
	Junio	6300	3311	2989	47%	C	315,00	43,08	2630,92	42%
	Julio	6510	3096	3414	52%	D	325,50	43,08	3045,42	47%
	Agosto	6510	3585	2925	45%	B	325,50	43,08	2556,42	39%
	Septiembre	6300	3347	2953	47%	C	315,00	43,08	2594,92	41%
	Octubre	6510	3436	3074	47%	C	325,50	43,08	2705,42	42%
	Noviembre	6300	3583	2717	43%	B	315,00	43,08	2358,92	37%
	Diciembre	6510	3235	3275	50%	C	325,50	43,08	2906,42	45%
	Suma	76650,00	41188,00	35462,00			3832,50	516,91	31112,59	
	Promedio	6387,50	3432,33	2955,17	46%	B	319,38	43,08	2592,72	41%
2020	Enero	6882	3678	3204	47%	C	344,10	43,08	2816,82	41%
	Febrero	6438	3672	2766	43%	B	321,90	43,08	2401,02	37%
	Marzo	6882	3522	3360	49%	C	344,10	43,08	2972,82	43%
	Abril	6660	3522	3138	47%	C	333,00	43,08	2761,92	41%
	Octubre	6882	3169	3713	54%	D	344,10	43,08	3325,82	48%
	Noviembre	6660	3766	2894	43%	B	333,00	43,08	2517,92	38%
	Diciembre	6882	4169	2713	39%	B	344,10	43,08	2325,82	34%
		Suma	47286,00	76936,33	21788,00			2364,30	301,53	19122,17
	Promedio	6755,14	3642,57	3112,57	46%	B	337,76	43,08	2731,74	40%
2021	Enero	9951	3696	6255	63%	D	497,55	43,08	5714,37	57%
	Febrero	8988	3599	5389	60%	D	449,40	43,08	4896,52	54%
	Marzo	9951	3886	6065	61%	D	497,55	43,08	5524,37	56%
	Abril	9630	3798	5832	61%	D	481,50	43,08	5307,42	55%

	Mayo	9951	3679	6272	63%	D	497,55	43,08	5731,37	58%
	Junio	9630	3326	6304	65%	D	481,50	43,08	5779,42	60%
	Julio	9951	3795	6156	62%	D	497,55	43,08	5615,37	56%
	Agosto	9951	3415	6536	66%	D	497,55	43,08	5995,37	60%
	Septiembre	9630	4016	5614	58%	D	481,50	43,08	5089,42	53%
	Octubre	9951	3956	5995	60%	D	497,55	43,08	5454,37	55%
	Noviembre	9630	4033	5597	58%	D	481,50	43,08	5072,42	53%
	Diciembre	9951	3625	6326	64%	D	497,55	43,08	5785,37	58%
	Suma	117165,00	44824,00	72341,00			5858,25	516,91	65965,84	
	Promedio	9763,75	3735,33	6028,42	62%	D	488,19	43,08	5497,15	56%
2022	Enero	9951	4174	5777	58%	D	497,55	43,08	5236,37	53%
	Febrero	9951	4412	5539	56%	D	497,55	43,08	4998,37	50%
	Marzo	9951	3941	6010	60%	D	497,55	43,08	5469,37	55%
	Abril	9951	3823	6128	62%	D	497,55	43,08	5587,37	56%
	Mayo	9951	3729	6222	63%	D	497,55	43,08	5681,37	57%
	Junio	9951	3251	6700	67%	D	497,55	43,08	6159,37	62%
	Julio	9951	3408	6543	66%	D	497,55	43,08	6002,37	60%
	Agosto	9951	2364	7587	76%	D	497,55	43,08	7046,37	71%
	Septiembre	9951	3750	6201	62%	D	497,55	43,08	5660,37	57%
	Octubre	9951	4244	5707	57%	D	497,55	43,08	5166,37	52%
	Noviembre	9951	3892	6059	61%	D	497,55	43,08	5518,37	55%
	Diciembre	9951	3556	6395	64%	D	497,55	43,08	5854,37	59%
		Suma	119412,00	44544,00	74868,00			5970,60	516,91	68380,49
	Promedio	9951,00	3712,00	6239,00	63%	D	497,55	43,08	5698,37	57%
2023	Enero	10726	4127	6599	62%	D	536,30	43,08	6019,62	56%
	Febrero	9688	3763	5925	61%	D	484,40	43,08	5397,52	56%
	Marzo	10726	3824	6902	64%	D	536,30	43,08	6322,62	59%
	Abril	10380	3504	6876	66%	D	519,00	43,08	6313,92	61%
	Mayo	10380	4445	5935	57%	D	519,00	43,08	5372,92	52%

Junio	10380	4301	6079	59%	D	519,00	43,08	5516,92	53%
Julio	10380	4186	6194	60%	D	519,00	43,08	5631,92	54%
Agosto	10380	5153	5227	50%	C	519,00	43,08	4664,92	45%
Septiembre	10380	6352	4028	39%	B	519,00	103,08	3405,92	33%
Octubre	10380	5992	4388	42%	B	519,00	103,08	3765,92	36%
Noviembre	10380	4166	6214	60%	D	519,00	103,08	5591,92	54%
Suma	114180,00	49813,00	64367,00	52%	D	5709,00	653,83	58004,17	47%
Promedio	10380,00	4528,45	5363,92			475,75	54,49	4833,68	

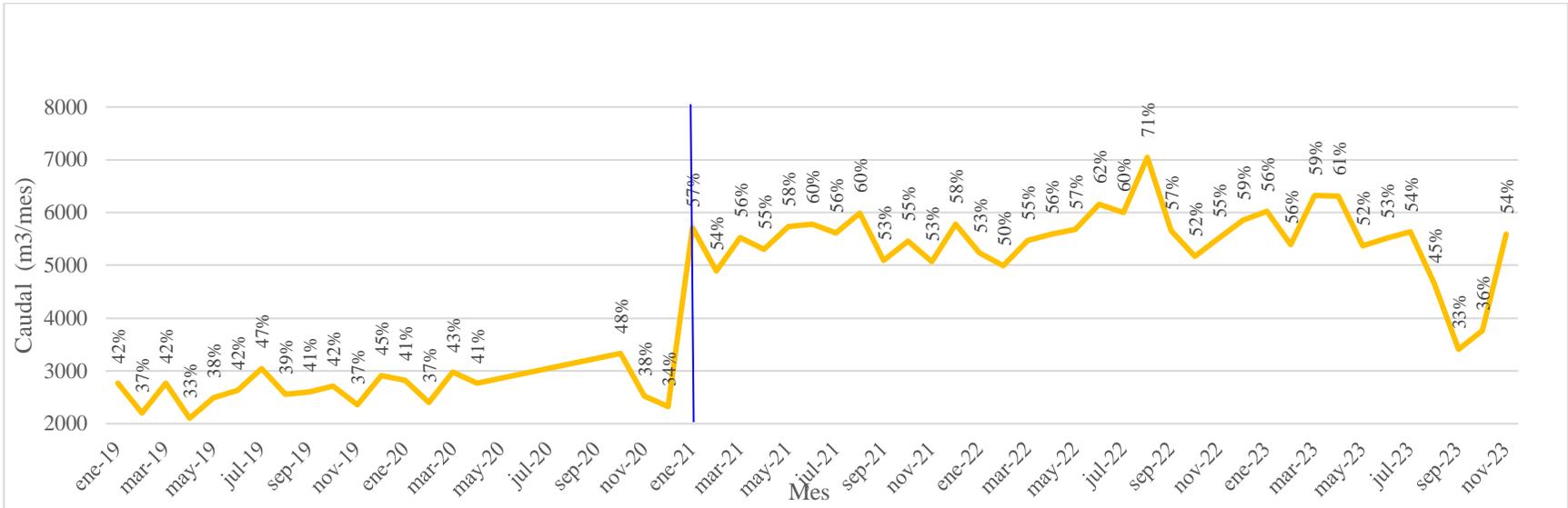


Figura 16: Caudal fugado y de conexiones clandestinas de la Red San Vicente

3.2. Balance Hídrico Anual General

En la Tabla 22 y la Figura 17 se presenta el balance hídrico general de la zona urbana del cantón Santiago de Pillaro. Incluye el caudal inyectado (Q), el caudal registrado (Qr), el caudal incontrolado (Qi), el Índice de Agua No Contabilizada (IANC) con respectiva categoría según los parámetros del ARCA (2022), el caudal incontrolado consumido (Qic) y el caudal incontrolado fugado y de conexiones ilegales (Qif+Qicai) con su respectivo porcentaje.

Tabla 22:
Balance hídrico anual general

AÑO 2019									
RED	Q (m ³ /mes)	Qr (m ³ /mes)	Qi (m ³ /mes)	IANC	Categoría	Qic	Qicai	Qif + Qicai	% Qif + Qicai
Pillaro Centro	43647,92	19852,67	23795,25	55%	D	2182,40	3564,37	18048,48	41%
Ciudad Nueva	12901,50	7774,00	5127,50	40%	B	645,08	2761,05	1721,37	13%
San Vicente	6387,50	3432,33	2955,17	46%	B	319,38	43,08	2592,72	41%
TOTAL	62936,9167	31059	31877,92	51%	C	3146,85	6368,50	22362,57	35,53%
AÑO 2020									
Pillaro Centro	46221,00	20222,29	25998,71	56%	D	2311,05	3564,37	20123,29	44%
Ciudad Nueva	13632,00	8222,14	5409,86	40%	B	681,60	2761,05	1967,21	14%
San Vicente	6755,14	3642,57	3112,57	46%	B	337,76	43,08	2731,74	40%
TOTAL	66608,1429	32087	34521,14	52%	D	3330,41	6368,50	24822,23	37,27%
AÑO 2021									
Pillaro Centro	66734,17	19498,92	47235,25	71%	D	2311,05	3564,37	41359,83	62%
Ciudad Nueva	19679,58	8164,67	11514,92	59%	D	983,98	2761,05	7769,89	39%
San Vicente	9763,75	3735,33	6028,42	62%	D	488,19	43,08	5497,15	56%
TOTAL	96177,5	31398,92	64778,58	67%	D	4808,88	6368,50	53601,21	55,73%
AÑO 2022									
Pillaro Centro	66734,17	20225,92	46508,25	70%	D	3587,46	3972,48	38948,30	58%
Ciudad Nueva	19679,58	8399,50	11280,08	57%	D	983,98	2761,05	7535,05	38%
San Vicente	9951,00	3712,00	6239,00	63%	D	497,55	43,08	5698,37	57%
TOTAL	96364,75	32337,42	64027,33	66%	D	4818,24	6776,61	52432,49	54,41%
AÑO 2023									
Pillaro Centro	71749,27	22130,00	49619,27	69%	D	3587,46	3972,48	42059,33	59%
Ciudad Nueva	21163,45	8344,73	12818,73	61%	D	1058,17	3264,60	8495,96	40%
San Vicente	10380,00	4528,45	5851,55	56%	D	475,75	54,49	5321,31	51%
TOTAL	103292,73	35003,18	68289,55	66%	D	5164,64	7291,56	55833,34	54,05%

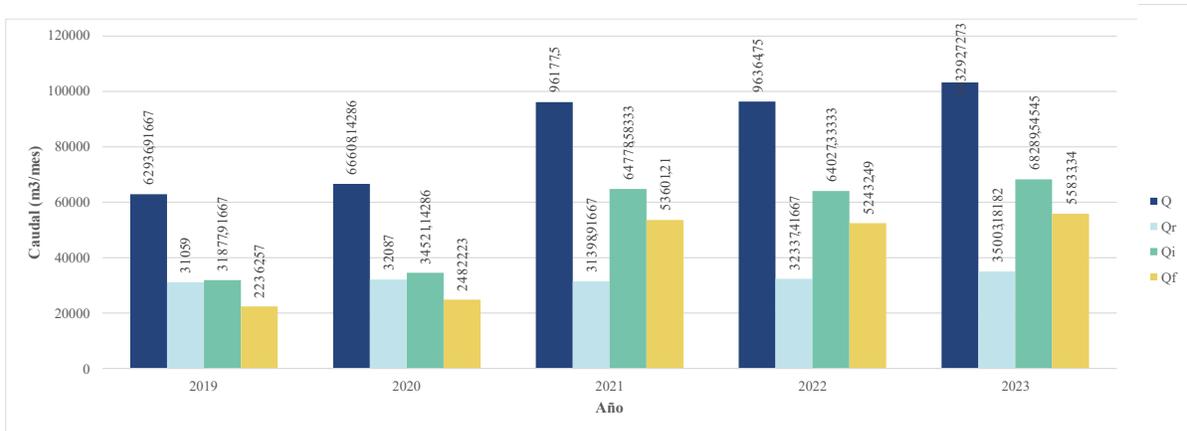


Figura 17: Balance hídrico general

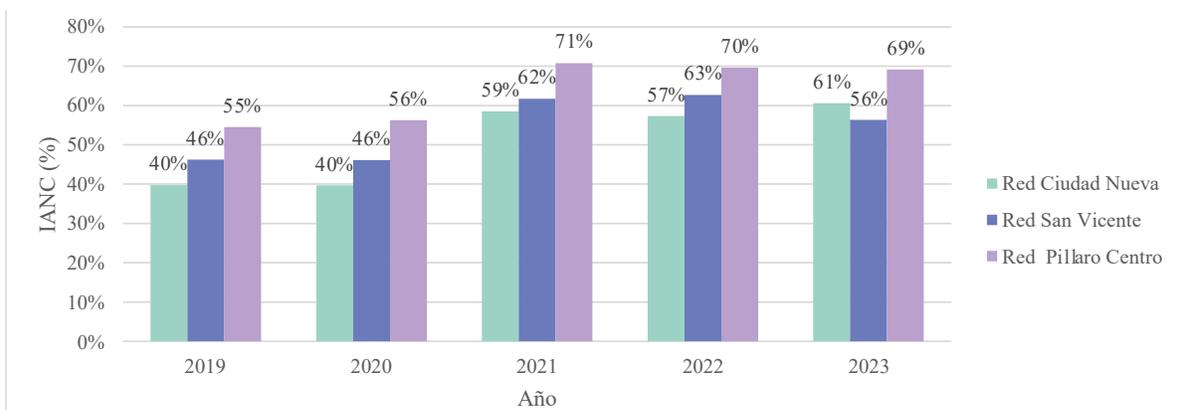


Figura 18: Índice de agua no contabilizada

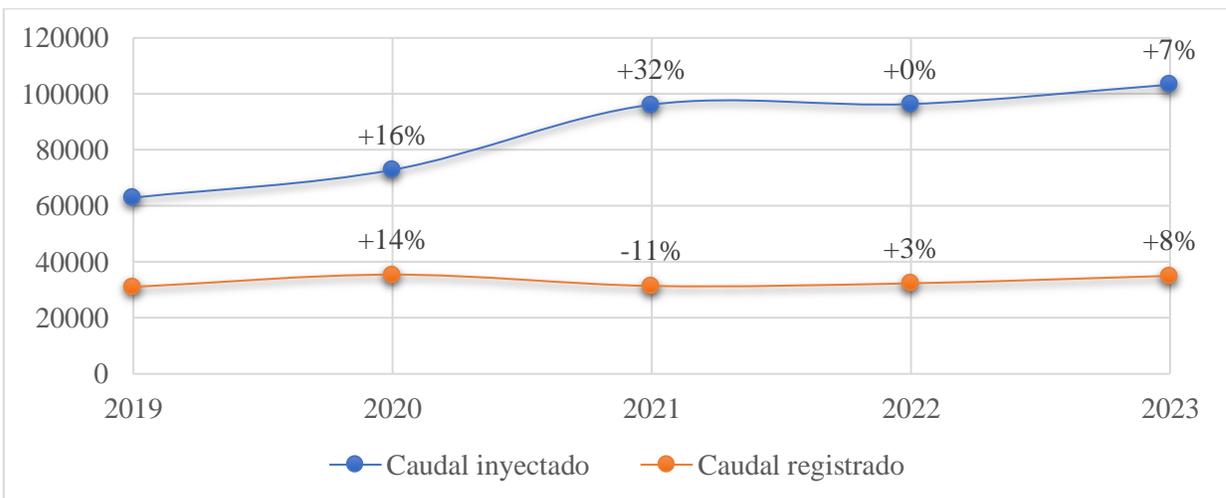


Figura 19: Diferencia entre el incremento de agua inyectada y consumida

La Figura 18 muestra el Índice de Agua No Contabilizada (IANC) anual para cada red, evidenciando un crecimiento en el volumen de agua no contabilizada desde 2019 hasta 2023. Este incremento se relaciona con el aumento en el volumen de agua tratada en la planta de Santa Rita a partir de 2020. Sin embargo, los consumos registrados por los medidores no reflejan un

crecimiento similar, como se observa en la Figura 19. Este alto índice se atribuye a diversos errores durante la lectura de los medidores, la falta de medidores en algunas conexiones o su mal funcionamiento. En muchos casos, los medidores no son reemplazados o reinstalados de inmediato, lo que resulta en meses o incluso años con consumos registrados como $0 m^3$.

Durante el levantamiento de información sobre la ubicación de los medidores, se observaron viviendas con conexiones suspendidas que aún consumen agua potable. Asimismo, se identificaron varias acometidas que los lectores no lograron ubicar debido a su ausencia durante la instalación. Algunos medidores se encuentran dentro de las viviendas, lo que dificulta su lectura en ocasiones. Además, existen acometidas que aún no están legalizadas o están en proceso de legalización, lo que impide su registro en el catastro. También se detectaron zonas donde no se realizaron lecturas por limitaciones de tiempo.

Como consecuencia de los problemas mencionados, se observan porcentajes elevados de consumos de $0m^3$, siendo la red Ciudad Nueva la más afectada, con un 49,88% del total de las lecturas mensuales, superando a las redes de Píllaro Centro y San Vicente, que registran un 36,90% y 34,76% respectivamente.

Debido al crecimiento poblacional, especialmente en Ciudad Nueva, se han construido nuevas vías, lo que ha facilitado el acceso a los servicios de agua potable y alcantarillado para cada predio que colinda con estas vías. Sin embargo, los propietarios de estos terrenos no están incluidos en el registro del catastro de agua potable.

El promedio del balance hídrico entre los años 2019 y 2023 se muestra en la Tabla 23 y se representa en las Figuras 20 y 21. El caudal incontrolado corresponde al 61,94% del agua inyectada, lo que lo clasifica en la categoría “D” según los parámetros del ARCA (2022). El caudal incontrolado consumido por instituciones representa el 7,80%, mientras que el caudal incontrolado debido a errores de registro constituye el 5%, cumpliendo con las recomendaciones de Cabrera et al. (1999). Por otro lado, el caudal fugado y proveniente de conexiones clandestinas representa el 49,14%.

Tabla 23:
Balance hídrico mensual promedio

Resultados del balance hídrico		
Descripción	Caudal (m3/mes)	Porcentaje
Caudal inyectado (Q)	86327,41	100 %
Caudal registrado (Qr)	33047,43	38,06 %
Caudal incontrolado (Qi)	53279,97489	61,94 %
Caudal incontrolado consumido (Qic)	6643,35	7,80 %
Caudal fugado (Qif+Qicai)	42320,25	49,14 %
Caudal incontrolado por errores (Qice)	4316,37	5 %

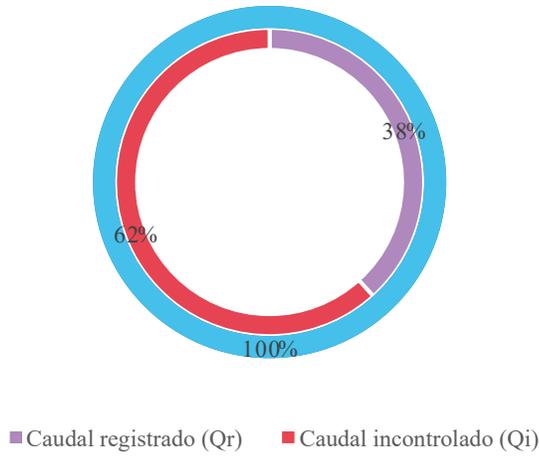


Figura 20: Balance hídrico general mensual

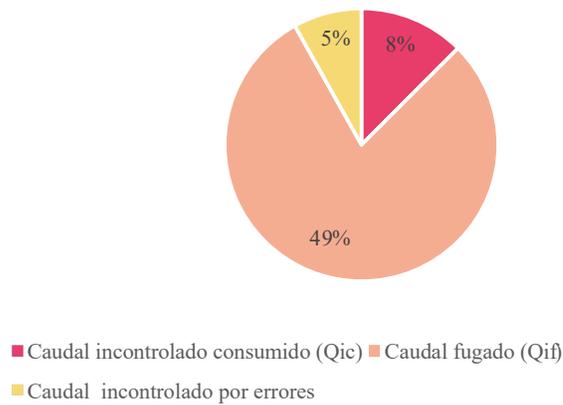


Figura 21: Caudal incontrolado

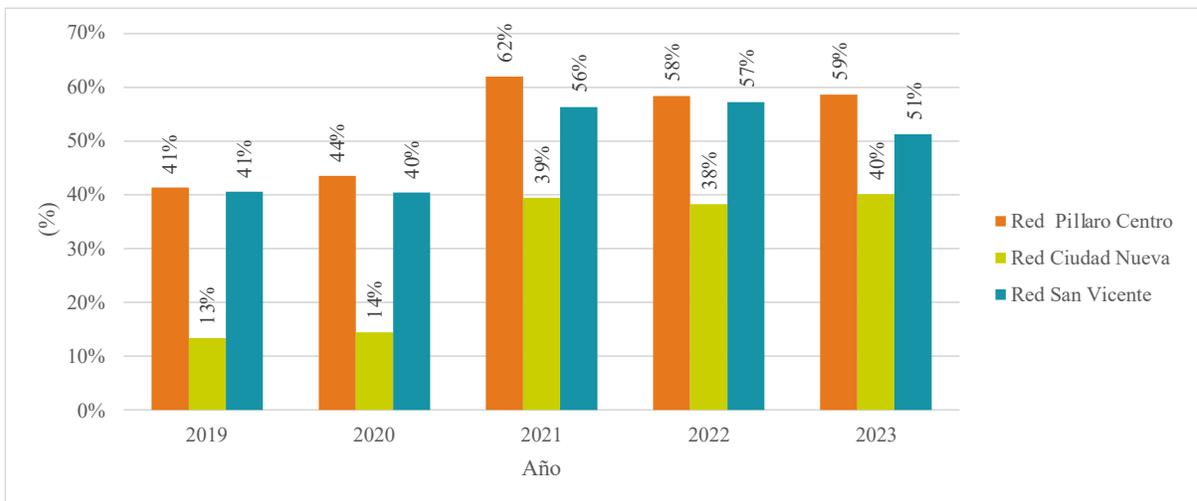


Figura 22: Caudal fugado y de conexiones clandestinas

El caudal perdido por fugas reales y por conexiones clandestinas es más elevado en las Redes Píllaro Centro y San Vicente, según se muestra en la Figura 22. La red Ciudad Nueva

tiene un menor porcentaje de pérdidas debido al reciente cambio de gran parte de las tuberías, sin embargo, es la zona con mayor porcentaje de lecturas de 0 m³ y que posee acometidas nuevas cedidas por la construcción de vías. En general, se observa conexiones clandestinas y el uso no autorizado de agua en acometidas suspendidas.

3.3.Rendimiento Volumétrico General

Tabla 24:
Rendimiento global

AÑO 2019				
RED	Q (m3/mes)	Qr (m3/mes)	ns	Calificación
Píllaro Centro	43647,92	19852,67	45%	Inaceptable
Ciudad Nueva	12901,50	7774,00	60%	Regular
San Vicente	6387,50	3432,33	54%	Malo
TOTAL	62936,92	31059,00	49%	Inaceptable
AÑO 2020				
RED	Q	Qr	ns	Calificación
Píllaro Centro	46221,00	20222,29	0,44	Inaceptable
Ciudad Nueva	13632,00	8222,14	0,60	Regular
San Vicente	6755,14	3642,57	0,54	Malo
TOTAL	66608,14	32087	0,48	Inaceptable
AÑO 2021				
RED	Q	Qr	ns	Calificación
Píllaro Centro	66734,17	19498,92	29%	Inaceptable
Ciudad Nueva	19679,58	8164,67	41%	Inaceptable
San Vicente	9763,75	3735,33	38%	Inaceptable
TOTAL	96177,5	31398,91667	33%	Inaceptable
AÑO 2022				
RED	Q	Qr	ns	Calificación
Píllaro Centro	66734,17	20225,92	0,30	Inaceptable
Ciudad Nueva	19679,58	8399,50	0,43	Inaceptable
San Vicente	9951,00	3712,00	0,37	Inaceptable
TOTAL	96364,75	32337,41667	0,34	Inaceptable
AÑO 2023				
RED	Q	Qr	ns	Calificación
Píllaro Centro	71749,27	22130,00	31%	Inaceptable
Ciudad Nueva	21163,45	8344,73	39%	Inaceptable
San Vicente	10380,00	4528,45	44%	Inaceptable
TOTAL	103292,7273	35003,18182	34%	Inaceptable

El rendimiento global de las redes de distribución de agua potable es “Inaceptable”, según los parámetros de la metodología de Cabrera et al. (1999). Se observa un decrecimiento del rendimiento a lo largo de los años. Su desempeño es “bajo”, según los parámetros del ARCA (2022), al pertenecer a la categoría “D”.

3.4. Afectación Económica Anual por Pérdida de Agua

Después de llevar a cabo el balance hídrico, es importante evaluar la afectación derivada del desperdicio de recursos hídricos, energéticos y económicos. Se detallan las pérdidas económicas anuales debido a fugas y conexiones clandestinas en la tabla 25.

Tabla 25:
Pérdida económica anual.

Año	Caudal Qif + Qicai (m3/año)	Costo por m3	Pérdida económica
2019	268350,83		\$ 147 592,96
2020	173755,64		\$ 95 565,60
2021	643214,48	\$ 0,55	\$ 353 767,96
2022	634087,13		\$ 348 747,92
2023	614112,31		\$ 337 761,77

El caudal fugado posee la capacidad de abastecer a nuevos usuarios. La Tabla 26 proporciona una estimación del número de habitantes beneficiados por el caudal fugado en el año 2023.

Tabla 26:
Aproximación de usuarios nuevos beneficiados

Año	Caudal Qif + Qicai (l/día)	Dotación (l/hab/día)	Habitantes	Viviendas / usuarios nuevos
2023	1682499,47	157,13	10707	3378

3.5. Historial de fugas

Se detallan los mantenimientos realizados durante el período de estudio en la Tabla 27 y en el Anexo 12. Los mantenimientos y las solicitudes registradas previamente se presentan en la Tabla 28. La ubicación geográfica de los mantenimientos se muestra en el mapa de la Figura 23.

Tabla 27:
Mantenimientos correctivos realizados

FECHA	RED	COORDENADAS UTM		TIPO DE FUGA	TIEMPO	PROCESO	OBSERVACIÓN
		E	N				
22-08-2023	-	774059,09	9870370,666	Rotura de válvula de 110 mm	7:30 am - 12:30 pm	Excavación manual	Fuga en los tanques de Rocafuerte. El cambio de la válvula se hizo tiempo después.
22-08-2023	Píllaro Centro	773176,639	9870260,346	Rotura de 2 mangueras de acometidas (1/2 pulg)	7:50 am – 12:50 pm	Excavación a máquina y manual Cambio de las mangueras rotas Relleno de la excavación.	Es una zona con fugas frecuentes
22-08-2023	-	774059,09	9870370,666	Limpieza de la capa vegetal de los tanques.	7:30 am – 1:00 pm	Poda de la capa vegetal	En los tanques de Rocafuerte
23-08-2023	Ciudad Nueva	772679,901	9870342,887	Instalación de medidor	8:19 am – 8:34 am	Instalación de medidor	
23-08-2023	Ciudad Nueva	772065,754	9869706,869	Rotura de collarín de distribución	9:12 am – 12:06 pm	Excavación a máquina y manual Instalación del collarín de distribución Relleno de la excavación.	
25-08-2023	-	782764,886	9880809,084	Limpieza de la captación de Pucará	8:3 am7 - 12:44 pm	Extracción de grava y arena del canal de la captación	Limpieza semanal
25-08-2023	Píllaro Centro	773594,308	9869928,404	Rotura de una válvula	8:55 am – 11:00 am	Excavación manual Cambio de válvula	Rotura realizada durante el asfaltado de la vía.

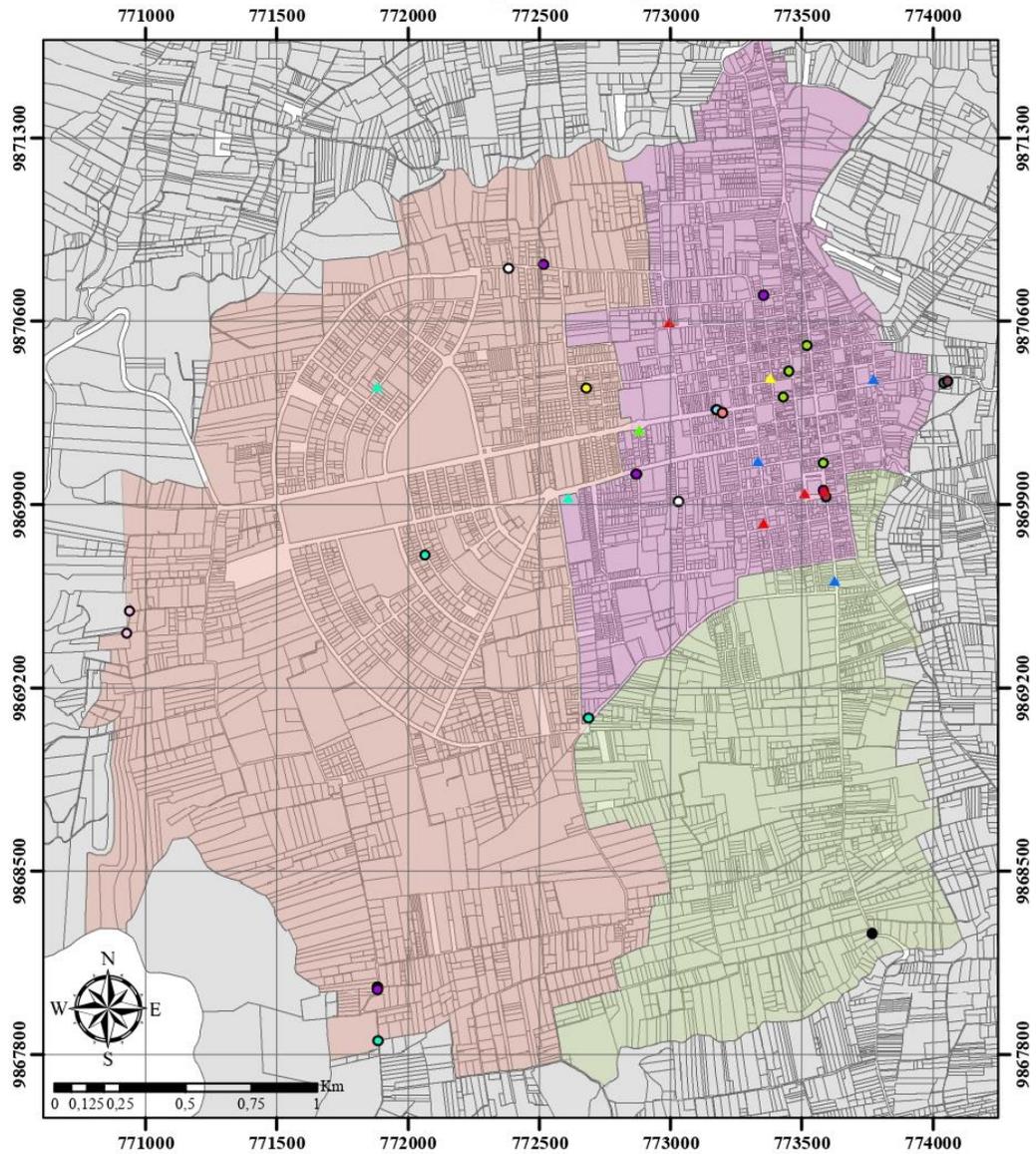
28-08-2023	-	779229,22	9876663,697	Rotura de tubería de asbesto cemento.	10:19 am – 11:00 am	Excavación manual Medición del diámetro de la tubería	Tubería que conduce agua desde el tanque de la estación de bombeo de Huayrapata hacia la planta de tratamiento. Solo se midió el diámetro para comprar la gibault, se instaló tiempo después.
29-08-2023	Píllaro Centro	772689,508	9869082,449	Rotura de la manguera de la acometida	10:19 am – 11:50 am	Excavación manual Instalación del collarín de distribución Relleno de la excavación.	
29-08-2023	Ciudad Nueva	771884,72	9868056,111	Rotura de tubería	12:37 pm – 1:31 pm	Excavación manual Cambio de tubería Relleno de la excavación	
30-08-2023	Ciudad Nueva	771887,077	9867851,813	Rotura del collarín	7:45 am – 8:45 am	Excavación manual Cambio del collarín de distribución excavación	Tenía bajas presiones
31-08-2023	Ciudad Nueva	770940,579 770928,222	9869492,47 9869407,484	Instalación de una acometida	12:04 pm – 2:47 pm	Excavación a máquina y manual. Colocación de tubería Colocación del collarín de distribución Instalación de la manguera de la acometida	

Tabla 28:
Mantenimientos registrados

QUEJAS/MANTENIMIENTOS REALIZADOS	RED	COORDENADAS UTM	
		X	Y
Rotura de tubería	Píllaro Centro	772870,17	9870015,67
Rotura de tubería	Píllaro Centro	772870,467	9870014,78
Taponamiento de collarín	Ciudad Nueva	772384,8	9870801,66
Rotura de tubería	Píllaro Centro	773356,977	9870699,49
Rotura de tubería	Ciudad Nueva	772516,453	9870815,64
Queja de baja presión de agua	Píllaro Centro	773354,496	9869829,86
Queja de baja presión de agua	Píllaro Centro	772996,982	9870596,9
Filtración de agua	San Vicente	773623,97	9869610,41
Rotura de tubería	Píllaro Centro	773585,707	9869953,96
Cortes de agua	Píllaro Centro	772610,693	9869927,67
Corte de agua por falta de pago	Píllaro Centro	772881,891	9870183,8
Cortes de agua	Ciudad Nueva	771884,386	9870349,18
Corte de agua por conexión clandestina	Píllaro Centro	773380,146	9870382,77
Rotura de tubería	Ciudad Nueva	771885,309	9868047,36
Filtración de agua	Píllaro Centro	773776,114	9870379,42
Collarín taponado	Píllaro Centro	773032,669	9869910,88
Baja presión de agua	Píllaro Centro	773511,253	9869944,98
Baja presión de agua	Píllaro Centro	773585,931	9869954,22

El cantón Santiago de Píllaro experimenta una frecuente incidencia de fugas en las redes de agua potable, por lo que se realiza mantenimientos diariamente. Aunque la mayoría de la población está acostumbrada a esta problemática, hay individuos que se ven afectados por la constante presencia de fugas. Durante el período de recolección de información se identificaron fugas tanto en la estación de bombeo de Huayrapata como en el tanque de válvulas de los tanques de Rocafuerte, lo que requirió la emisión de alertas a la población para interrumpir temporalmente el servicio.

Se registró la mayor cantidad de mantenimientos correctivos en la red Píllaro Centro, seguida por la red Ciudad Nueva y la red San Vicente durante el período de julio a agosto del 2023. Sin embargo, los operadores indicaron que la red de San Vicente tiende a experimentar mantenimientos correctivos con frecuencia.



- Leyenda**
- | | | |
|--|----------------------------|--------------------------------------|
| ▲ Baja presión | ▲ Cortes de agua | ● Instalación de medidor |
| ○ Collarín taponado | ▲ Filtración de agua | ● Limpieza de la capa vegetal |
| ▲ Corte de agua por conexión clandestina | ● Rotura de tubería | ● Rotura de collarín de distribución |
| ▲ Corte de agua por falta de pago | ● Desfogue de agua | ● Rotura de manguera de acometida |
| | ● Fuga del medidor | ● Rotura de tubería |
| | ● Fuga interna | ● Rotura de válvula |
| | ○ Instalación de acometida | |

Figura 23: Mapa de ubicación de quejas y mantenimientos

3.6. Mapa de las zonas afectadas

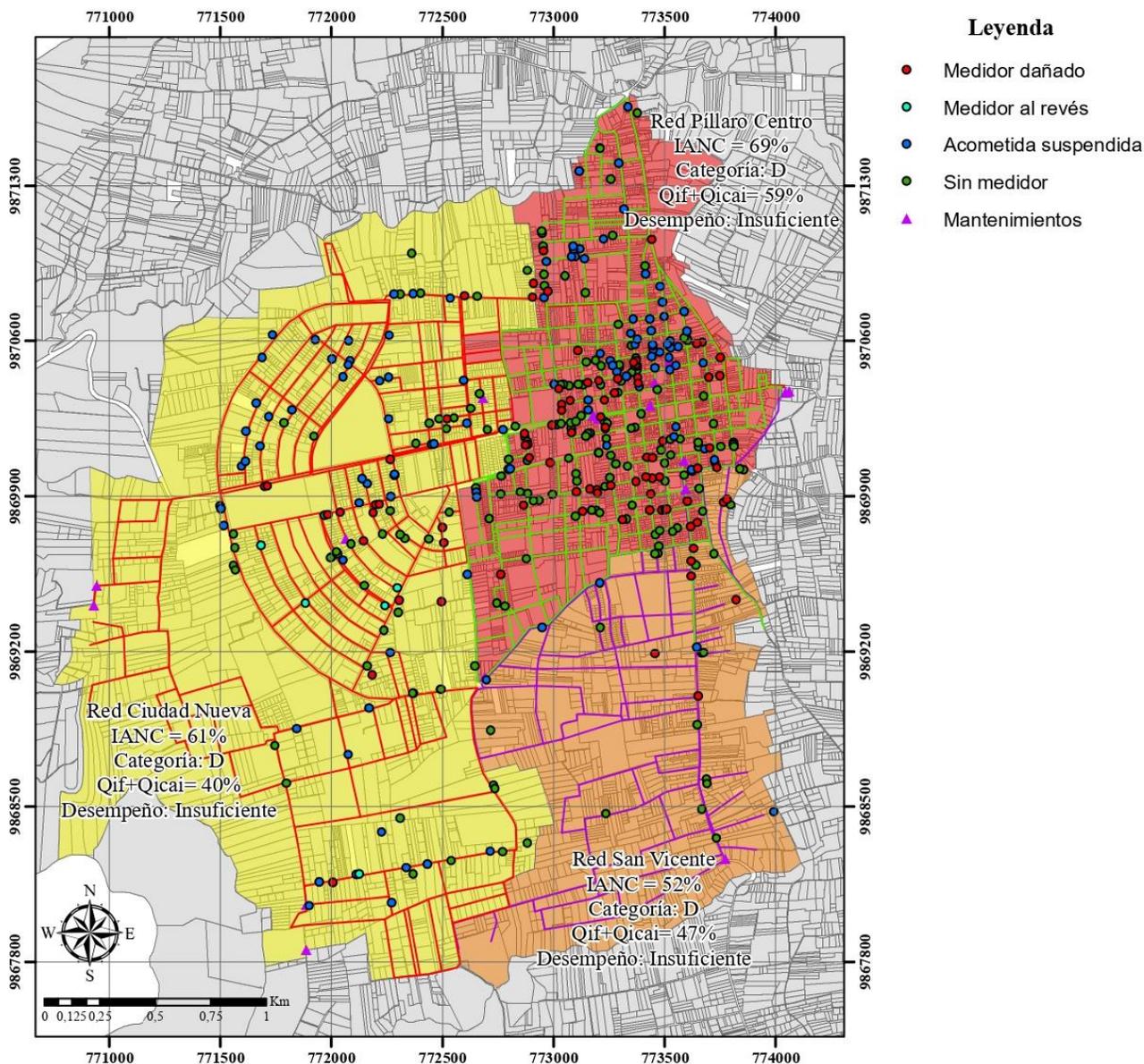


Figura 24: Mapa de afectación

3.7. Discusión

Según el ARCA, el Índice de Agua No Contabilizada (IANC) para el año 2022 es del 47,23% a nivel nacional y del 45,25% a nivel provincial, obtenido al promediar el IANC de Ambato, Baños de Agua Santa, Mocha, San Pedro de Pelileo, Santiago de Píllaro y Tisaleo. A nivel cantonal, Santiago de Píllaro, alcanza un preocupante 78,06%. En esta investigación se obtuvo un IANC del 66,44% para el año 2022 del 66,11% para el 2023, al aplicar las fórmulas del ARCA (2022).

Además, de acuerdo con los reportes del ARCA, el IANC se ha incrementado del 27,11% en 2019 al 62,72% en 2020. Mientras tanto, los resultados de esta investigación muestran un incremento entre los años 2020 y 2021 pasando del 51,8% al 67,4%.

La diferencia en los resultados obtenidos se atribuye al hecho de que en esta investigación no incluye el balance hídrico de la red de Marcos Espinel, San Andrés, Urbina, Yatchil y Cruzpamba, tampoco las pérdidas de caudal desde la salida de la planta de tratamiento hasta los tanques de almacenamiento, ni el agua evacuada a través de las tuberías de rebose. Además, debido a la ausencia de macro-medidores, se asume que el caudal del agua inyectada en el sistema es constante. No obstante, la cantidad de agua inyectada varía según el consumo horario, diario, semanal, mensual y anual, además de depender de las condiciones climáticas (Macas Vilema & Rodas Mayorga, 2023).

El porcentaje de agua perdida por fugas reales y por conexiones clandestinas corresponden al 54,05% del caudal inyectado, en 2023, sin embargo, no se limitó el porcentaje pérdidas reales ya que no fue posible determinar el caudal mínimo horario con el caudalímetro ultrasónico a la salida de los tanques.

Según las investigaciones realizadas con la metodología de Cabrera et al. (1999) se han obtenido rendimientos globales que varían entre “Regular” e “Inaceptable” en algunas ciudades del país. Esto evidencia una problemática nacional que requiere atención inmediata. El rendimiento del cantón Santiago de Píllaro se clasifica como “Ineficiente”, al igual que en los cantones Chambo, Colta, Baños de Agua Santa, Logroño y Portoviejo.

Los valores del IANC y porcentaje de agua perdida por fugas y conexiones ilegales de Santiago de Píllaro son comparables a los obtenidos en el cantón Colta, ubicado en la provincia de Chimborazo, donde se obtuvo tasas del 65,08% y 50,73% respectivamente. Además, ambas ciudades cuentan con características similares, como la ausencia de macro-medidores y falta de registros de mantenimientos, según lo indicado por Saigua Yambay y Vimos Ortiz (2023).

3.8.Propuesta para reducir fugas.

El IANC es excesivamente alto en el cantón Santiago de Píllaro, por lo que para reducir el volumen de agua no contabilizada y fugada se propone realizar las siguientes acciones:

Gestión

El departamento de Obras Públicas es el responsable de atender quejas y mantener la infraestructura del sistema de agua potable, lo que incluye la instalación de acometidas y medidores, la gestión de cortes de servicio y de garantizar un suministro continuo. Recientemente, se ha considerado la posibilidad de construir otra planta de tratamiento para aumentar el volumen de agua tratada y evitar así cortes de agua en ciertas zonas.

Por otro lado, el departamento de Agua Potable se encarga de registrar el consumo de los medidores, facturar, cobrar por nuevas acometidas y gestionar las citaciones.

Por lo tanto, se sugiere que los trabajadores y los lectores de la zona correspondiente realicen inspecciones e instalaciones de forma conjunta, ya que muchas acometidas no se localizan, lo que impide registrar el consumo. Además, se recomienda que los lectores envíen un informe mensual al departamento de Obras Públicas sobre los usuarios con acometidas sin medidor, dañados o con alguna novedad que dificulte la lectura.

La actualización del catastro en formato GIS proporcionado al municipio es de suma importancia, dado que mensualmente se integran nuevos usuarios o se dan de baja, y el estado de los medidores puede variar. Además, algunas acometidas no pudieron ser localizadas. Cabe destacar que, en las áreas de El Artesón, Santa Teresita y una zona de San Vicente no se llevó a cabo el levantamiento de información.

Se propone realizar un análisis mensual del agua no contabilizada y comparar los resultados con meses anteriores para evaluar la efectividad de las acciones implementadas.

Agua inyectada

Para una cuantificación precisa del agua que ingresa al sistema mensualmente, es indispensable la instalación de macro-medidores o caudalímetros en puntos estratégicos, como la salida de los tanques, la salida de la planta de tratamiento y la captación. Además, se requiere capacitar al personal encargado de operar estos equipos de medición para garantizar un mantenimiento adecuado y una calibración precisa.

Es fundamental monitorear el consumo de agua potable durante la temporada de lluvias para evitar captar y tratar un exceso de agua. Esto permitirá evitar el desperdicio de agua tratada que no es consumida y que se descarga a través de las tuberías de rebose hacia el alcantarillado.

Control de acometidas

Todas las personas con conexión a la red pública deben estar registradas en el catastro de agua potable. En caso de no utilizar el servicio, se debe suspender la acometida. Estas acometidas deben contar con medidores y estar protegidas para evitar robos o manipulaciones indebidas. Una propuesta sugerida por los trabajadores es verter hormigón en las acometidas suspendidas para evitar su uso no autorizado.

Es importante concientizar a la población y aplicar multas más severas por no instalar los medidores o por manipularlos sin autorización. Además, se sugiere instalar medidores en todas las acometidas que carezcan de ellos o que tengan medidores dañados y verificar que estén fuera de las viviendas, ya que en ocasiones los propietarios no están disponibles durante las lecturas.

Dado que la vida útil de los medidores es de aproximadamente 7 años, se recomienda verificar periódicamente su correcto funcionamiento, especialmente aquellos instalados antes de 2016, o considerar su reemplazo.

Se debe garantizar que los grifos instalados en las acometidas estén colocados después de los medidores. En ocasiones, al abrir la llave, el medidor no registra el consumo, lo que puede llevar a un uso irresponsable del agua potable (Anexo 6).

Control de fugas

Mantener un registro detallado de los mantenimientos realizados, ya sea en formato escrito o en formato GIS, y analizar los tramos de red con mayor incidencia de fugas para identificar las posibles causas y tomar medidas que prevengan fugas futuras.

Invertir en tecnología avanzada para la detección de fugas ocultas, como geófonos, correladores acústicos y sensores de presión, con el objetivo de mejorar la eficiencia en la detección y reparación de fugas.

Realizar mantenimientos preventivos en los tanques de almacenamiento, dado su prolongado ciclo de vida, con el fin de prevenir filtraciones y asegurar su funcionamiento óptimo.

Priorizar el reemplazo de válvulas dañadas para minimizar la necesidad de cerrar válvulas ubicadas en zonas más alejadas, lo que reducirá el tiempo de vaciado de tuberías y la cantidad de agua fugada. Además, en la red de San Vicente, se debe incorporar válvulas reductoras de presión ya que en ocasiones se abre la válvula de desagüe para reducir el caudal y presión durante la construcción o reparación de la red.

Realizar un balance hídrico integral que contemple las pérdidas desde la captación hasta los tanques de almacenamiento, con el fin de determinar el caudal perdido en cada etapa y abordar las causas subyacentes de las pérdidas.

Priorizar el reemplazo de tuberías de asbesto cemento que aún estén en uso, dado que han superado su vida útil y pueden representar riesgos para la salud pública, además de aumentar el riesgo de fugas debido al deterioro del material y su posible incapacidad para soportar la presión actual. Asimismo, llevar un registro de la fecha de instalación de las tuberías de PVC más recientes para planificar su reemplazo cuando corresponda.

Solicitar los planos de las redes de cableado subterráneo y compartir los planos de las redes de agua potable con el fin de evitar interferencias entre ambos servicios durante trabajos de mantenimiento u otras actividades.

CAPITULO V

4. CONCLUSIONES

En el cantón Santiago de Pillaro se ha registrado un índice de agua no contabilizada (IANC) promedio del 61,94% del caudal que ingresa al sistema en los últimos cinco años. El IANC alcanzó su punto máximo en el año 2021, con un 67,35% y su mínimo en el año 2019 con el 50,65%. Estos valores califican al cantón en la categoría “D”, lo que representa un desempeño “Bajo” según el ARCA, (2022). Además, su rendimiento lo clasifica como “Inaceptable”, según la metodología de Cabrera et al. (1999).

El elevado IANC se atribuye a varios factores, incluyendo el consumo de instituciones sin registro, errores de registro, elevado porcentaje de consumos de 0 m³, conexiones clandestinas, predios con acometidas legales no registradas en el catastro, consumo de agua de acometidas suspendidas, fugas reales y algunos grifos que están instalados antes de los medidores.

El porcentaje promedio de agua perdida debido a fugas reales y conexiones clandestinas alcanzó el 49,14%, siendo su máximo en 2021 con un 55,73%, y su mínimo en 2019 con el 35,53%.

Las redes con mayor cantidad de agua no contabilizada y de agua fugada son Pillaro Centro y San Vicente, mientras que Ciudad Nueva obtuvo la menor cantidad. La red Pillaro Centro experimentó la mayor cantidad de mantenimientos correctivos debido a fugas en el sistema durante el período de levantamiento de información, seguido por la red Ciudad Nueva.

Las pérdidas económicas anuales superan los \$100 000,00; solo en el año 2023 alcanzó los \$ 337 761,77, además que con el agua potable perdida se podría abastecer 3378 nuevas viviendas.

CAPITULO VI

5. RECOMENDACIONES

Se sugiere implementar las medidas propuestas en este informe con el objetivo de reducir el Índice de Agua No Contabilizada (IANC) y, por ende, minimizar las pérdidas económicas y de recursos asociadas.

Es prioritario enfocar las acciones sugeridas en la propuesta en la red Píllaro Centro. Esta zona no solo presenta la mayor incidencia de fugas y el mayor porcentaje de agua no contabilizada, sino que también es la zona más densamente poblada del cantón, con un consumo de agua superior al de otras redes. Por lo tanto, es fundamental evitar cortes en el suministro de agua potable y daños a las infraestructuras viales debido a mantenimientos por fugas.

Es esencial llevar a cabo mantenimientos en todo el sistema de agua potable para prevenir y corregir posibles fisuras o fugas.

Se recomienda finalizar la construcción del plan maestro elaborado en el año 2015 como parte de un enfoque integral para mejorar la gestión del agua en el cantón.

6. BIBLIOGRAFIA

- Achache Carrillo , N. V., & Gómez Monar, S. A. (20 de Diciembre de 2022). *Incidencia de fugas en la red de abastecimiento de agua potable del cantón Riobamba*. Obtenido de Repositorio digital UNACH: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/10205>
- Aguero Pittman, R. (Septiembre de 1997). *Agua potable para poblaciones rurales*. Recuperado el 29 de Noviembre de 2023, de ircwash: <https://www.ircwash.org/sites/default/files/221-16989.pdf>
- Aguilar, P. &. (1995). *Operación y Mantenimiento de Sistema Rurales de Agua Potable con captación superficial: Guía para operadoras y operadores de los sistemas*.
- Alcuacer Revelo , L. G., & Guaminga Caba , F. J. (31 de Julio de 2023). *Incidencia de fugas en las redes de abastecimiento de agua potable en la ciudad de Ibarra*. Recuperado el 06 de Diciembre de 2023, de Repositorio Digital UNACH: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/11366>
- Álvarez Puma, A. G., & Muenala Morales, D. (Diciembre de 2013). *Infraestructura de los sistemas de agua potable y su relación con la cantidad y calidad del agua en zonas rurales del cantón Cayambe*. Obtenido de dspace: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6224/1/UPS-YT00296.pdf>
- Álvarez Puma, A. G., & Muenala Morales, D. R. (Diciembre de 2013). *Infraestructura de los sistemas de agua potable y su relación con la cantidad y calidad del agua en zonas rurales del cantón Cayambe*. Recuperado el 29 de Noviembre de 2023, de dspace: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6224/1/UPS-YT00296.pdf>
- aquaintel. (07 de Julio de 2021). *Informe Express #2 Ecuador pierde USD 320 millones al año por fugas y robo de agua potable*. Obtenido de aquaintel: https://www.aquaintel.com.ec/public/reports/20210707_Informe_Express2_Agua_No_Contabilizada_genera_perdidas_por_USD_320_M_en_Ecuador.pdf
- ARCA. (2019). *Desempeño de los proveedores*. Obtenido de http://34.149.202.141/visualizador/web/?r=indicadores%2Fcantones%2Fgenpdf&cod_canton=1808&year=2019&tipo=1
- ARCA. (2020). *Desempeño de los proveedores*. Obtenido de http://34.149.202.141/visualizador/web/?r=indicadores%2Fcantones%2Fgenpdf&cod_canton=1808&year=2020&tipo=1
- ARCA. (2021). *Desempeño de los proveedores*. Obtenido de http://34.149.202.141/visualizador/web/?r=indicadores%2Fcantones%2Fgenpdf&cod_canton=1808&year=2021&tipo=1

- ARCA. (2022). *Boletín Estadístico del Año 2022: Benchmarking de Prestadores Públicos de los servicios de Agua Potable y Saneamiento en el Ecuador*. Obtenido de regulacionagua: https://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2023/12/Boletin-Estadistico-APS_dic23-fnl.pdf
- ARCA-AME-INEC-BDE. (Diciembre de 2022). *Gestión de Agua Potable y Saneamiento 2021*. Obtenido de ecuadorencifras: [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Municipios_2021/Agua_potable_alcantarrillado_2021/PRESSENTACION%20APA%202021_V7%20\(Rev.%20Dicos\).pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Municipios_2021/Agua_potable_alcantarrillado_2021/PRESSENTACION%20APA%202021_V7%20(Rev.%20Dicos).pdf)
- Cabrera, E., Almandoz, J., Arregui, F., & García-Serra, J. (1999). Auditoría de redes de distribución de agua. *Ingeniería del agua*, 6. <https://doi.org/10.4995/ia.1999.2794>
- Calero Hidalgo, E. (2007). *Estudios y diseños de mejoramiento del sistema de agua potable de la parroquia urbana Ciudad Nueva del cantón Santiago de Pillaro*. Pillaro.
- CARE Internacional-Avina. (2012). *Módulo 5. Operación y Mantenimiento de Sistemas de Agua Potable*. Recuperado el 29 de Noviembre de 2023, de sswm: https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/CARE-AVINA%202012.%20Operaci%C3%B3n%20y%20mantenimiento%20de%20sistemas%20de%20agua.pdf
- Carvajal Brito, V. M., & Vargas Cedeño, J. C. (27 de Junio de 2023). *Incidencia de fugas en la red de abastecimiento de agua potable de los cantones Chimbo y San Miguel*. Recuperado el 06 de Diciembre de 2023, de Repositorio Digital UNACH: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/11190>
- Cedeño Farfán, C. E., Molina Arce, X. S., & Perero Intriago, M. S. (Junio de 2021). Plan estratégico para la reducción de pérdidas de agua potable en Portoviejo. *SCIELO*. Recuperado el 26 de diciembre de 2023, de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-78902021000500054
- CEPIS. (1981). *Control de las pérdidas de agua en los sistemas de abastecimiento de agua potable*. Lima, Perú: Dtipa.
- Cordero, M. (30 de Septiembre de 2005). Programa de Control de Agua No Contabilizada, la experiencia de Cuenca. *CD Memoria del XI Congreso Nacional de Ingeniería de Higiene y Medio Ambiente*.
- Cortés, H. (4 de Septiembre de 2023). Operación de la estación de bombeo de Huayrapata. (B. Sánchez, Entrevistador)
- Flores Merchán, E. F., & Rea Moscoso, M. V. (25 de Julio de 2023). *Incidencia de fugas en la red de abastecimiento de agua potable de los cantones Penipe y Saraguro*. Recuperado

el 06 de Diciembre de 2023, de Repositorio Digital UNACH:
<http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/11327>

Fuentes Mariles, O. A., Palma Nava, A., & Rodríguez Vázquez, K. (Abril/Junio de 2011). Estimación y localización de fugas en una red de tuberías de agua potable usando algoritmos genéticos. *SCIELO*, 12(2). Recuperado el 26 de 11 de 2023, de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-77432011000200012#:~:text=Una%20fuga%20es%20una%20salida,presenten%20fugas%20de%20este%201%3%ADquido.

GADM Santiago de Pillaro. (2014). *PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL CANTÓN SANTIAGO DE PILLARO*. https://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/1860000720001_PDyOT%20Pillaro%202014-2015_16-03-2015_22-55-27.pdf.

GADM Santiago de Pillaro. (2020). *ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL CANTON SANTIAGO DE PILLARO*. Obtenido de pillaro.gob.ec: <https://www.pillaro.gob.ec/wp-content/uploads/2022/05/pdot.pdf>

Galárraga Sánchez, R. (15 de Febrero de 2000). *Informe Nacional sobre la Gestión del Agua en el Ecuador*. Obtenido de SNIA: <https://snia.mop.gob.cl/repositorioldga/bitstream/handle/20.500.13000/3494/REH2899.pdf?sequence=1>

Haro, Á. (25 de Septiembre de 2023). Sistema de agua potable de santiago de Pillaro. (B. Sánchez, Entrevistador)

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación*. México : McGraw-Hill.

ICG. (11 de Junio de 2006). *Normas legales 321151*. Obtenido de cdn-web.construccion.org: https://cdn-web.construccion.org/normas/rne2012/rne2006/files/titulo3/03_IS/RNE2006_IS_010.pdf

INEC. (2023). *Censo Ecuador*. Obtenido de app.powerbi.com: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiNWUzMjQwOWMtZjFhOS00NjcZLTk0YTItNjcwZmRmY2YxMjkyIiwidCI6ImYxNThhMmU4LWNhZWMtNDQwNi1iMGFiLWY1ZTI1OWJkYTExMiJ9>

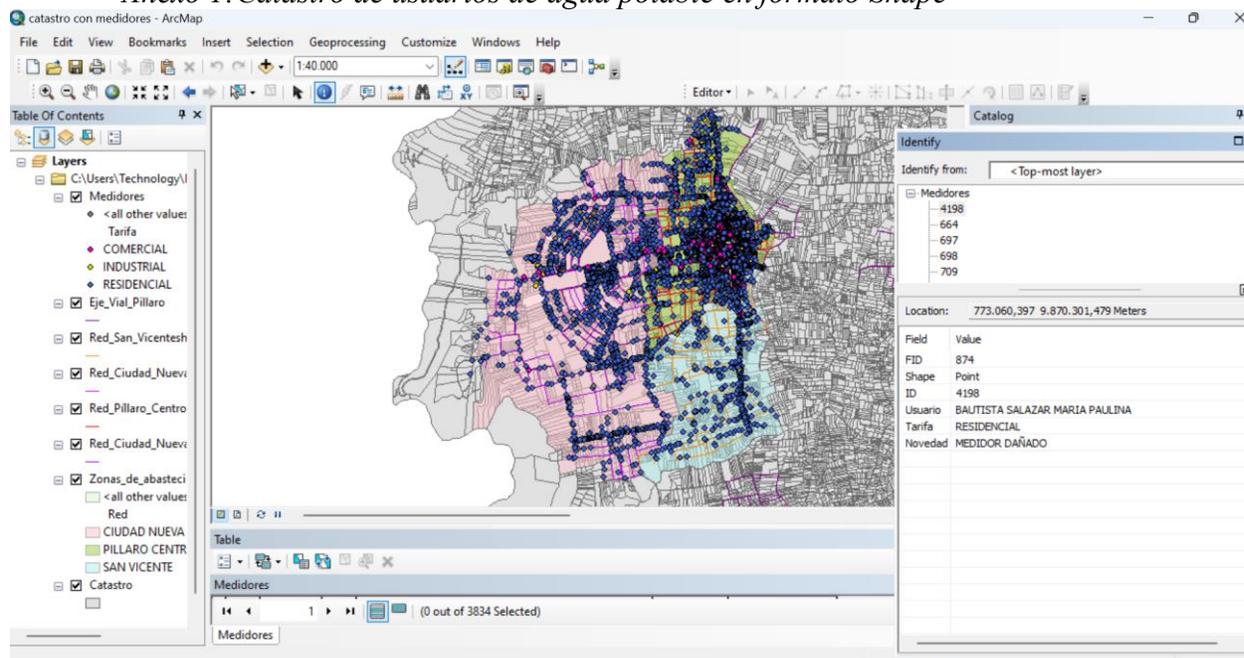
Jaramillo Salazar, J. V., & Oleas Tapia, F. A. (08 de Diciembre de 2022). *Incidencia de fugas en la red de abastecimiento de agua potable de los cantones Chambo y Guano*. Recuperado el 06 de Diciembre de 2023, de Repositorio Digital UNACH: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/10118>

- Jiménez Flamaín, J. F. (2014). *Estudio de impacto ambiental: Plan maestro de agua potable y alcantarillado de la ciudad de Pillaro*. Santiago de Pillaro. Obtenido de https://maetungurahua.files.wordpress.com/2014/04/eia_pma_2014_final.pdf
- Macas Vilema, J. V., & Rodas Mayorga, C. E. (2023). *Estudio del comportamiento de consumo horario residencial de agua potable en los cantones Baños y Pelileo*. Obtenido de dspace: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/10490>
- Márquez, C. (16 de Octubre de 2023). *705 millones de m³ de agua potable desaparecen en las tuberías por las fugas*. Obtenido de YOUTUPIA: <https://youtopiaecuador.com/cuidado-del-ambiente/desperdicio-agua-potable-tuberias-fugas/>
- Moreno Caicedo, J. I. (2014). *Plan maestro de agua potable y alcantarillado*. Santiago de Pillaro, Tungurahua, Ecuador.
- MSAS. (8 de Septiembre de 1988). *NORMAS SANITARIAS S/GACETA OFICIAL N ° 4.04 4 EXTRAORDINARIO DE LA GACETA OFICIAL DE LA REPÚBLICA DE VENEZUELA*. Obtenido de Wordpress: <https://joelcaraballo.files.wordpress.com/2013/03/normas-para-proyecto-construccic3b3n-rep-ref-y-mtto-de-edificaciones-gaceta-oficial-nc2ba-4-044-extraordinario-del-8-de-septiembre-de-1988-dig.pdf>
- Navarrete Nagua, J. N. (16 de 03 de 2018). *Propuesta metodológica para la adaptación de métodos internacionales de estimación de pérdidas reales de agua en sistemas urbanos de abastecimiento de agua potable de Ecuador*. Obtenido de <http://201.159.223.180/bitstream/3317/10151/1/T-UCSG-PRE-ING-IC-245.pdf>
- NEC. (06 de Abril de 2011). *CAPÍTULO 16 NORMA HIDROSANITARIA NHE AGUA*. Obtenido de inmobiliariadja: <https://inmobiliariadja.files.wordpress.com/2016/09/nec2011-cap-16-norma-hidrosanitaria-nhe-agua-021412.pdf>
- Organización Panamericana de la Salud. (2005). *Guías para el Diseño de Estaciones de Bombeo de agua potable*.
- Orna Gamboa, K. P., & Zumba Pila, C. P. (22 de Mayo de 2023). *Incidencia de fugas en redes de abastecimiento de agua potable en el cantón Tisaleo de la provincia de Tungurahua*. Recuperado el 06 de Diciembre de 2023, de Repositorio Digital UNACH: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/10941>
- Primicias. (06 de 07 de 2021). *Ecuador pierde USD 320 millones al año por fugas y robo de agua potable*. Obtenido de Primicias: <https://www.primicias.ec/noticias/economia/perdidas-agua-fugas-ecuador-municipios/>
- quitoinforma. (16 de Marzo de 2022). *Conexiones clandestinas de agua potable son un delito*. Obtenido de quitoinforma: afectan a la sociedad y compromete la continuidad del servicio de usuarios que poseen acometidas legales

- Saigua Yambay, H. K., & Vimos Ortiz, J. D. (15 de Marzo de 2023). *Incidencia de fugas en la red de abastecimiento de agua potable de los cantones de Alausí y Colta*. Obtenido de Repositorio Digital UNACH: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/10507>
- Sampedro Velastegui, A. O., & Vigo Ruiz, P. (23 de Enero de 2024). *INCIDENCIA DE FUGAS EN LA RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA*. Obtenido de dspace: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/12266>
- Tapia Garay, D. A. (11 de Abril de 2023). *Incidencia de fugas en la red de abastecimiento de agua potable del cantón Logroño, provincia Morona Santiago*. Recuperado el 06 de Noviembre de 2023, de Repositorio UNACH: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/10713>
- Thornton. (2008). *Digital Engineering Library*. McGraw-Hill. Obtenido de IWA Publishing.
- Yanchaguano, V. (19 de Septiembre de 2023). Sistema de agua potable. (B. Sánchez, Entrevistador)

7. ANEXOS

Anexo 1: Catastro de usuarios de agua potable en formato Shape



Anexo 2: Consumos mensuales no registrados de usuarios

CODIGO	TARIFA	ene-19	feb-19	mar-19	abr-19	may-19	jun-19	jul-19	ago-19	sep-19	oct-19	nov-19	dic-19	ene-20	feb-20	mar-20	abr-20	may-20	jun-20	jul-20	ago-20	sep-20	oct-20	nov-20	dic-20	ene-21	feb-21
6990	COMERCIAL	12	10	8	15	13	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4340	COMERCIAL				0	0	6	3	5	5	4	6	6	15	16	13	13	8	24	50	18	13					
9855	COMERCIAL								0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
312	COMERCIAL	1	2	2	2	5	2	2	3	3	3	3	13	0	2	5	5	30	30	29	24						
10228	COMERCIAL																										
402	COMERCIAL	55	35	55	40	50	35	40	40	50	60	50	40	50	40	43	43	-160	46								
478	COMERCIAL	20	45	20	25	40			0	0	25	30	30	30	13	24	24	19	22	18	19	35					
9894	COMERCIAL													14	13	9	9	28	38	72	52	51					
10204	COMERCIAL																										
8619	COMERCIAL	6	6	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
10008	COMERCIAL																										
344	COMERCIAL																										
8272	COMERCIAL																										
5989	COMERCIAL		0	89	18	18	0	79	85	87	40	98	40	67	67	58	58	49	29	15	67	41					
6302	COMERCIAL		15	0	20	51	27				23	24	30	25	22	26	26	26	27	21	15	15					
10296	COMERCIAL																										
828	COMERCIAL	0	0	1	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
9842	COMERCIAL																										
725	COMERCIAL																										
340	COMERCIAL	19	11	19	12	19	19	14	9	20	20	30	25	15	18	19	19	-63	2	3	3						
991	INDUSTRIAL																										
9718	INDUSTRIAL																										
7965	RESIDENCIAL																										
4238	RESIDENCIAL	3	10	14	0	10	13	10	10	10	10	10	10	13	12	12	12	10	14	11	10	0					
10110	RESIDENCIAL																										
10007	RESIDENCIAL																										
10303	RESIDENCIAL																										
10287	RESIDENCIAL																										
7554	RESIDENCIAL	7	7	10	10	10	10	10	13																		
8884	RESIDENCIAL																										
10202	RESIDENCIAL																										

Anexo 3: Consumos negativos

Medidor Saturado	codig	tarifa	año	mes	lec_ant	lec_act	consumo	codig	tarifa	año	mes	lec_ant	lec_act	consumo
		1029	COMERCIAL	2019	1	9946	9946	0	954	RESIDENCIAL	2019	1	9690	9723
	1029	COMERCIAL	2019	2	9946	9946	0	954	RESIDENCIAL	2019	2	9723	9753	30
	1029	COMERCIAL	2019	3	9946	9946	0	954	RESIDENCIAL	2019	3	9753	9774	21
	1029	COMERCIAL	2019	4	9946	9946	0	954	RESIDENCIAL	2019	4	9774	9792	18
	1029	COMERCIAL	2019	5	9946	9946	0	954	RESIDENCIAL	2019	5	9792	9810	18
	1029	COMERCIAL	2019	6	9946	9946	-9941	954	RESIDENCIAL	2019	6	9810	9828	18
	1029	COMERCIAL	2019	7	9946	9946	8	954	RESIDENCIAL	2019	7	9828	9858	30
	1029	COMERCIAL	2019	8	9946	9946	4	954	RESIDENCIAL	2019	8	9858	9896	38
	1029	COMERCIAL	2019	9	9946	9946	15	954	RESIDENCIAL	2019	9	9896	9915	19
	1029	COMERCIAL	2019	10	9946	9946	15	954	RESIDENCIAL	2019	10	9915	9950	35
	1029	COMERCIAL	2019	11	9946	9946	15	954	RESIDENCIAL	2019	11	9950	9980	30
	1029	COMERCIAL	2019	12	9946	9946	13	954	RESIDENCIAL	2019	12	9980	9999	19
	1029	COMERCIAL	2019	1	9946	9946	13	954	RESIDENCIAL	2020	1	9999	41	-9958
	1029	COMERCIAL	2019	2	9946	9946	18	954	RESIDENCIAL	2020	2	41	64	23

Anexo 4: Lecturas duplicadas (abril y mayo del 2021)

codigo	tarifa	año	mes	lec_ant	lec_act	consumc	codigo	tarifa	año	mes	lec_ant	lec_act	consumc
9035	RESIDENCIAL	2021	1	915	924	9	1568	RESIDENCIAL	2021	1	10028	10050	22
9035	RESIDENCIAL	2021	2	924	926	2	1568	RESIDENCIAL	2021	2	10050	10066	16
9035	RESIDENCIAL	2021	3	926	930	4	1568	RESIDENCIAL	2021	3	10066	10084	18
9035	RESIDENCIAL	2021	4	1040	1050	10	1568	RESIDENCIAL	2021	4	10316	10331	15
9035	RESIDENCIAL	2021	4	930	940	10	1568	RESIDENCIAL	2021	4	10084	10102	18
9035	RESIDENCIAL	2021	5	1050	1060	10	1568	RESIDENCIAL	2021	5	10331	10357	26
9035	RESIDENCIAL	2021	5	940	958	18	1568	RESIDENCIAL	2021	5	10114	10134	20
9035	RESIDENCIAL	2021	6	958	964	6	1568	RESIDENCIAL	2021	6	10134	10150	16
9035	RESIDENCIAL	2021	7	964	977	13	1568	RESIDENCIAL	2021	7	10150	10169	19
9035	RESIDENCIAL	2021	8	977	983	6	1568	RESIDENCIAL	2021	8	10169	10185	16
9035	RESIDENCIAL	2021	9	983	989	6	1568	RESIDENCIAL	2021	9	10185	10207	22

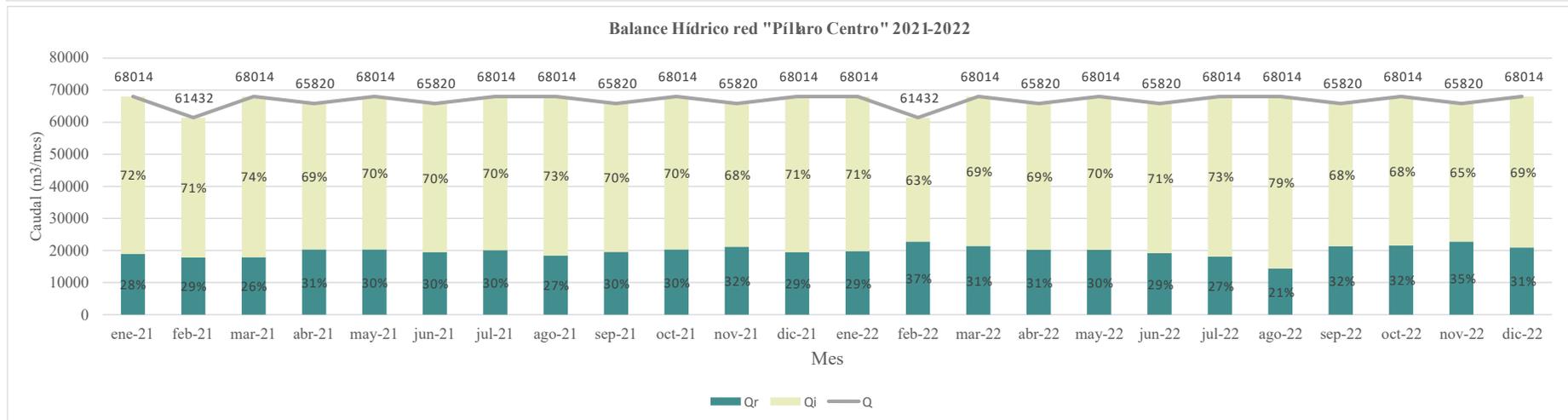
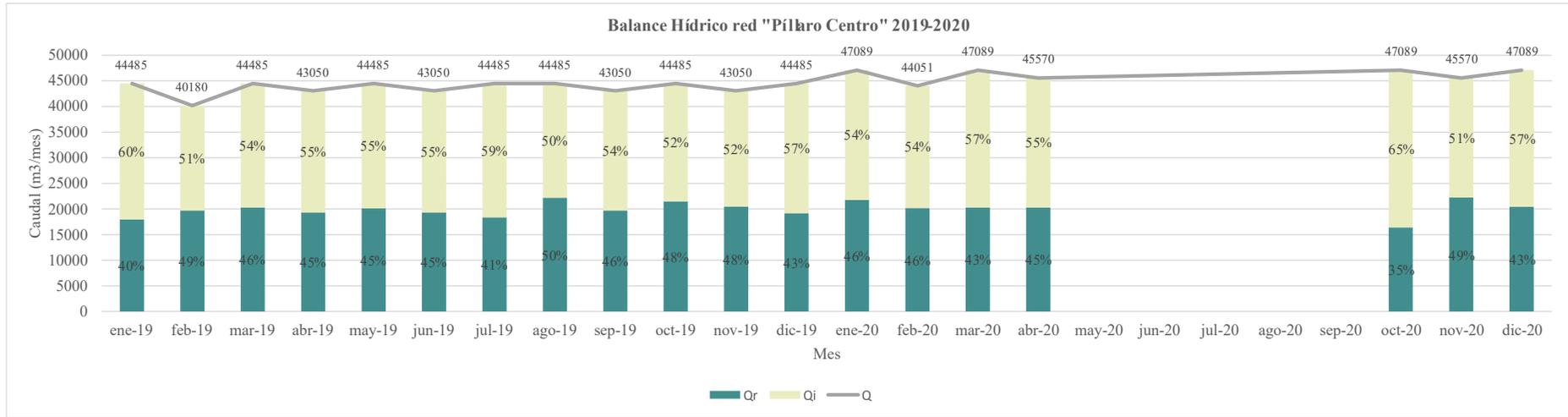
Anexo 5: Medición del caudal

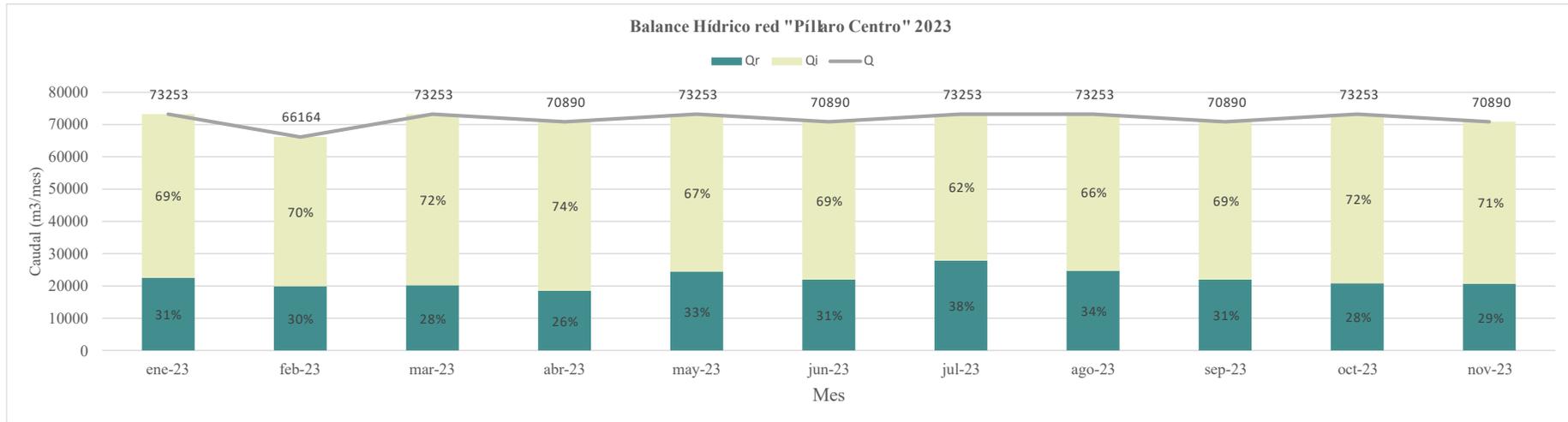


Anexo 6: Grifos instalados en las acometidas

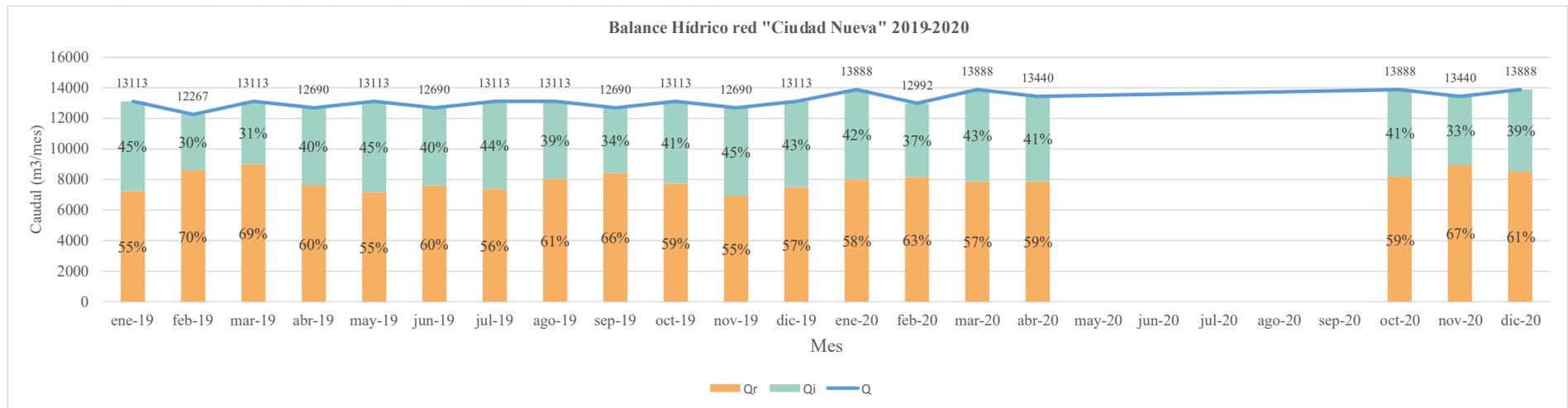


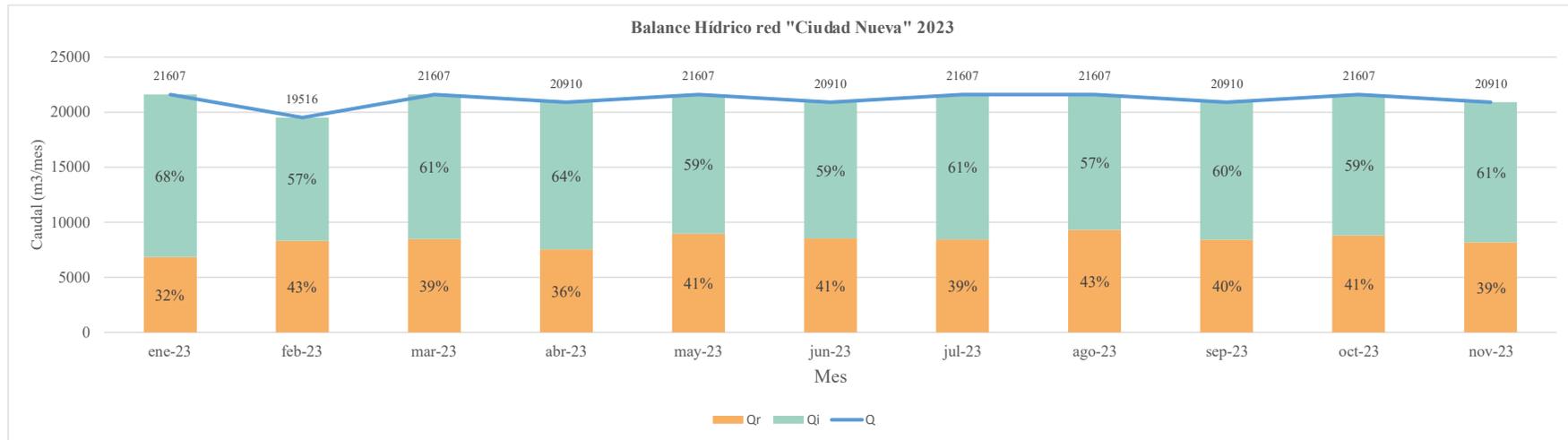
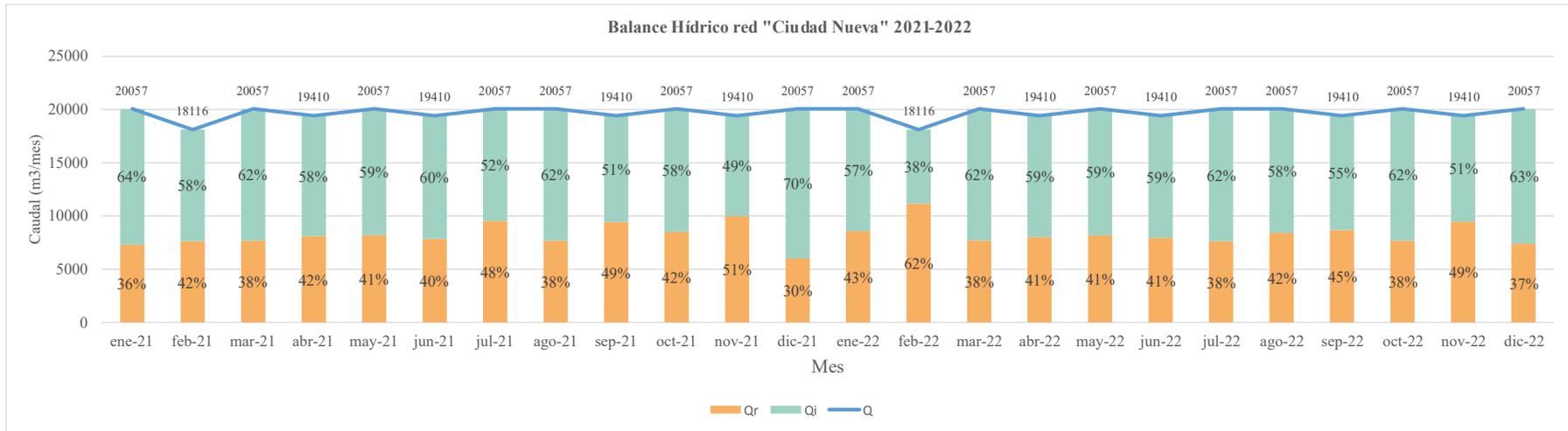
Anexo 7: Balance hídrico de la red Pillaro Centro de los años 2019-2023



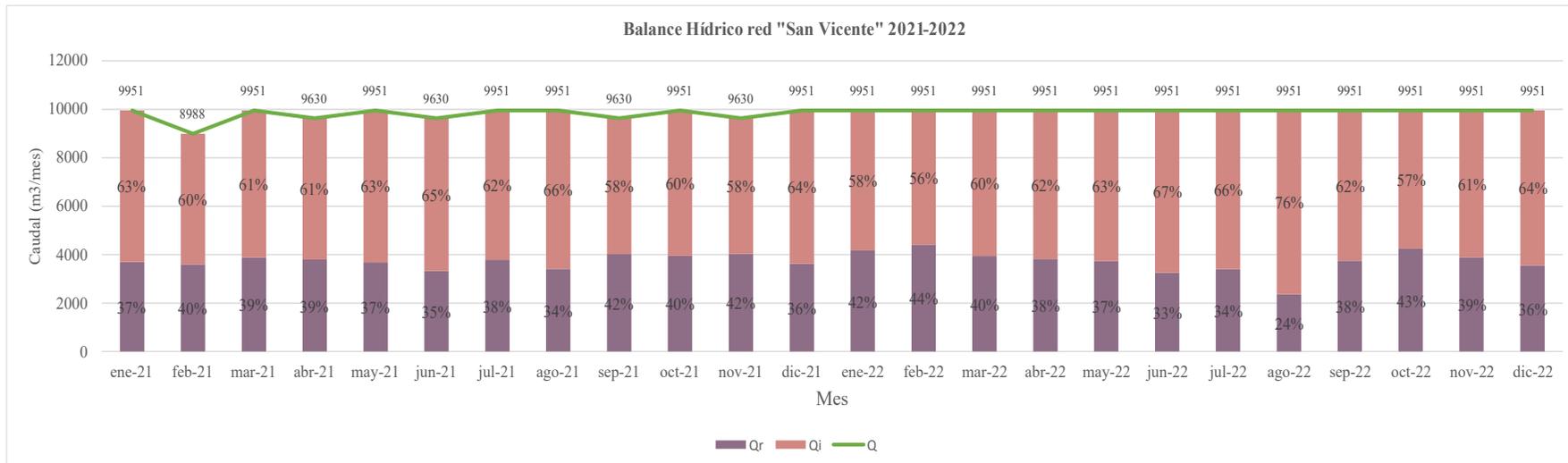
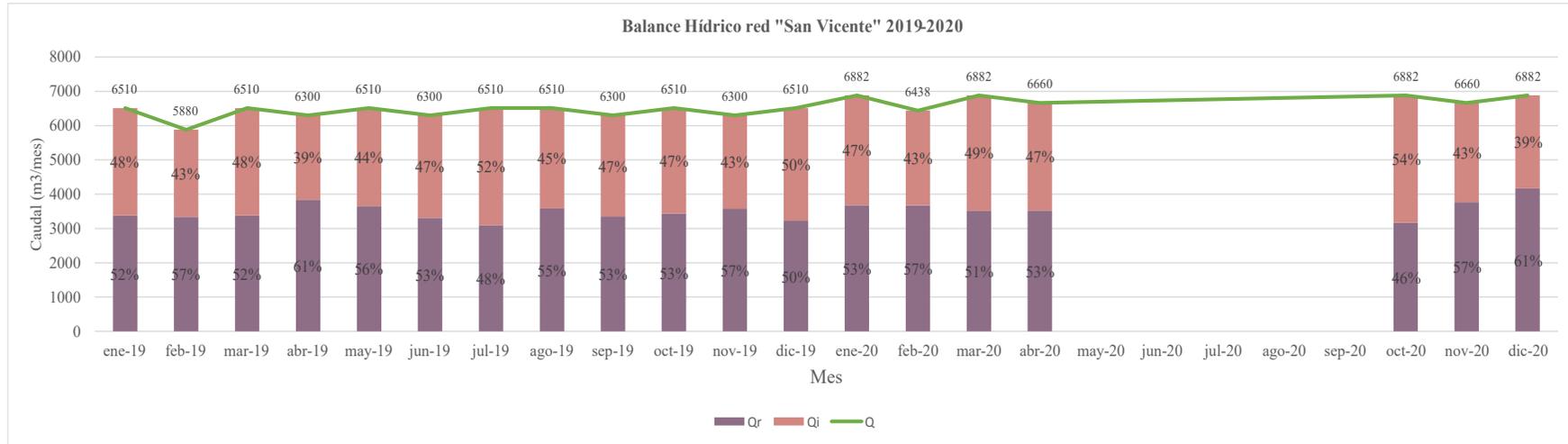


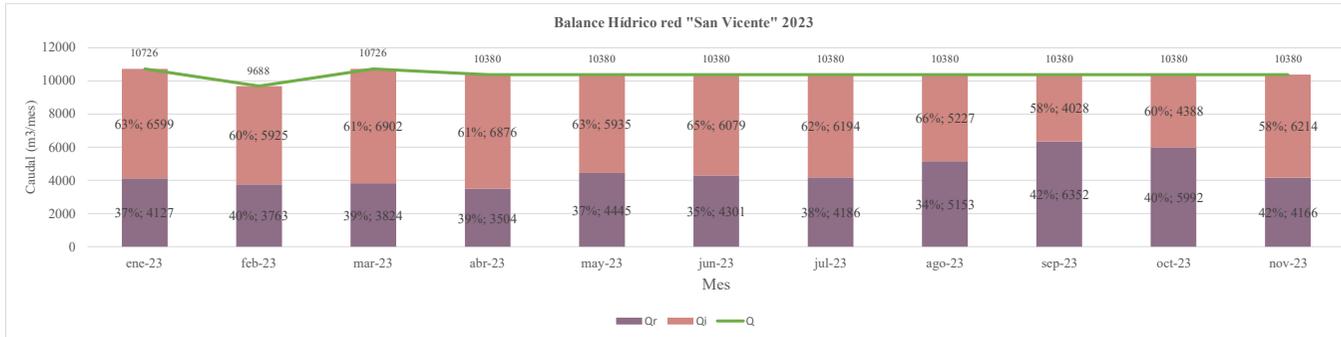
Anexo 8: Balance hídrico de la red Ciudad Nueva de los años 2019-2023





Anexo 9: Balance hídrico de la red San Vicente de los años 2019-2023





Anexo 10: Mantenimientos

Rotura de válvula



Rotura de manguera de acometidas



*Limpieza
de la capa
vegetal*



*Instalación
de medidor*



*Rotura del
collarín de
distribución*



*Limpieza
de la
captación
de Pucará*



*Rotura de
tubería de
asbesto
cemento*



*Rotura de
la
manguera
de la
acometida*



Rotura de tubería



Rotura del collarín de distribución



Instalación de acometida

