



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

Título del Proyecto

**“INCIDENCIA DE FUGAS EN LA RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE DEL CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA”**

Trabajo de Titulación para optar al título de Ingeniero Civil

Autores:

**Sampedro Velastegui Axel Omar
Vigo Ruiz Perci**

Tutor:

Ing. María Gabriela Zúñiga Rodríguez MSc.

Riobamba, Ecuador, 2023

DERECHOS DE AUTORÍA

Nosotros, **Sampedro Velastegui Axel Omar** con cédula de ciudadanía **0604545566** y **Vigo Ruiz Perci** con cédula de ciudadanía **1851892669**, autores del trabajo de investigación titulado: **“Incidencia de fugas en la red de abastecimiento de agua potable del cantón Baños de Agua Santa”**, certificamos que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de nuestra 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, 09 de enero de 2024



.....
Axel Omar Sampedro Velastegui

C.I: 0604545566



.....
Perci Vigo Ruiz

C.I: 1851892669

DICTAMEN FAVORABLE DEL TUTOR Y MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Tutor y Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación “**Incidencia de fugas en la red de abastecimiento de agua potable del cantón Baños de Agua Santa**”, presentado por **Axel Omar Sampedro Velastegui**, con cédula de identidad número **0604545566** y **Perci Vigo Ruiz**, con cédula de identidad número **1851892669**; certificamos que recomendamos la **APROBACIÓN** de este con fines de titulación. Previamente se ha asesorado durante el desarrollo, revisado y evaluado el trabajo de investigación escrito y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 19 de enero de 2024.

Mgs. Andrea Natali Zárate Villacrés
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO



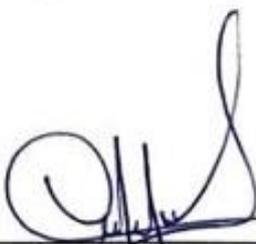
Firma

Mgs. Alfonso Patricio Arellano Barriga
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Firma

Mgs. Nelson Estuardo Patiño Vaca
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Firma

Mgs. María Gabriela Zúñiga Rodríguez
TUTORA



Firma

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación “**Incidencia de fugas en la red de abastecimiento de agua potable del cantón Baños de Agua Santa**”, presentado por **Axel Omar Sampedro Velastegui**, con cédula de identidad número **0604545566** y **Perci Vigo Ruiz**, con cédula de identidad número **1851892669**; certificamos que recomendamos la **APROBACIÓN** de este con fines de titulación. Previamente se ha asesorado durante el desarrollo, revisado y evaluado el trabajo de investigación escrito y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 19 de enero de 2024.

Mgs. Andrea Natali Zárate Villacrés

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO



Firma

Mgs. Alfonso Patricio Arellano Barriga

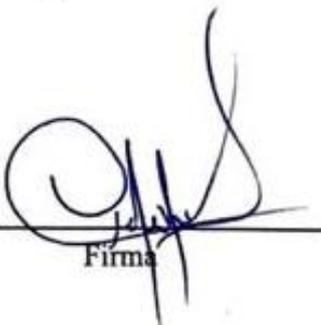
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Firma

Mgs. Nelson Estuardo Patiño Vaca

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Firma



CERTIFICACIÓN

Que, **Sampedro Velastegui Axel Omar** con CC: **0604545566** y **Vigo Ruiz Perci** con CC: **1851892669**, estudiantes de la Carrera de Ingeniería Civil, Facultad de **Ingeniería**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado "Incidencia de fugas en la red de abastecimiento de agua potable del cantón Baños de Agua Santa", el cual cumple con el 5%, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio URKUND, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 09 enero de 2024

Ing. María Gabriela Zúñiga Rodríguez MsC
TUTOR(A)

DEDICATORIA

Le dedico el resultado de este trabajo principalmente a Dios, por darme la fuerza necesaria para culminar esta meta.

A mis padres, Alberto y Elizabeth, por acompañarme en cada paso que doy, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, ya que gracias a ellos he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy.

A mi hermano Sebastian, mi mayor motivo para superarme y mejorar cada día, por todo su apoyo incondicional, espero le sirva de ejemplo de que todo se puede lograr.

A mi novia Alejandra A. por todo su amor brindado, por estar siempre conmigo y no dejarme solo en toda esta etapa universitaria, por su apoyo y aliento para continuar cuando parecía que me iba a rendir.

Finalmente, a todos los miembros de mi familia con quienes he compartido muchas alegrías, especialmente a mis abuelitos Jaime, Fabiola, Luz y Luis quien desde el cielo me estará cuidando y me dará fuerzas para seguir adelante.

Axel Omar Sampedro Velastegui

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación va dedicado a Dios y a mis padres, quienes con su amor incondicional y sacrificios han sido el pilar fundamental en cada paso de mi camino académico. Su fe y su apoyo constante han sido mi inspiración para perseguir mis sueños y alcanzar este importante logro.

A mis hermanas y hermano, por su constante ánimo y palabras de aliento. Cada conversación y risa compartida han sido un recordatorio de por qué es esencial seguir adelante y superar los desafíos. A todos mis familiares y amigos/as que supieron proporcionarme su apoyo de diferentes maneras hasta conseguir cumplir mis metas.

En especial a la memoria de mi padrino Eduardo Vigo y mi abuela Hermila Guevara, quienes, aunque ya no están físicamente a mi lado, siguen siendo una fuente eterna de inspiración y fortaleza en cada paso que doy. Sus valores, sabiduría y amor incondicional han sido el faro que me ha guiado durante este arduo camino académico.

Por último, pero no menos importante, a mí mismo, por mi compromiso, dedicación y perseverancia durante todo el proceso de la carrera, he logrado alcanzar esta meta.

Perci Vigo Ruiz

AGRADECIMIENTO

Agradezco inmensamente a Dios por darme la vida, la salud y la sabiduría para culminar una etapa más en mi vida.

A mis padres, Alberto y Elizabeth, por todo su esfuerzo y sacrificio para que nunca me falte nada, por animarme a alcanzar mis metas y ser el pilar fundamental para seguir adelante.

A mi hermano Sebastian, por su apoyo incondicional en las noches de desvelo y por motivarme a pesar de ser el más pequeñito de la casa.

A Alejandra por su apoyo, por sus palabras de ánimo y porque ha estado junto a mi incondicionalmente en las buenas y en las malas, gracias por ser mi mano derecha en todo momento.

A mi compañero de tesis, por ser parte fundamental en este trabajo de investigación, por su apoyo en cada paso que dábamos, sus palabras de aliento en situaciones difíciles, mil gracias, amigo Perci.

A mis abuelitos, primos, tíos, porque sin sus consejos y amor no podría haber llegado hasta este punto.

De manera muy especial a la Ing. María Gabriela Zúñiga quien como docente, tutora y amiga supo guiarnos de la mejor manera en este proceso, gracias por compartir sus conocimientos desde mucho antes siendo nuestra docente hasta el final de esta etapa como nuestra tutora.

A la Universidad Nacional de Chimborazo quien fue mi segundo hogar y a los docentes de la carrera de Ingeniería Civil por formarme no solo con buenos conocimientos si no también con buenos valores para ser mejor persona.

Axel Omar Sampedro Velastegui

AGRADECIMIENTO

Agradezco infinitamente a Dios y a mis padres Pedro Vigo y Olinda Ruiz a quienes por su amor, sacrificio y entrega les expreso mi gratitud, por haberme dado la educación y enseñarme el valor del sacrificio. A mi hermano y mis hermanas que han estado a mi lado en cada paso de este viaje académico.

A mi compañero de tesis, expresar mi más sincero agradecimiento por tu invaluable contribución y apoyo durante todo este proceso de elaboración de nuestra tesis. más que un compañero, un amigo, un colaborador y un ejemplo de dedicación.

A la Universidad Nacional de Chimborazo, en especial a la Carrera de Ingeniería Civil que contribuyeron a mi formación como profesional. A la Ing. María Gabriela Zúñiga por su generoso apoyo y por brindarme los medios necesarios para llevar a cabo esta investigación, miembros del Tribunal, por su disponibilidad y consejos por los cuales se logró culminar con éxito el presente trabajo de titulación.

Finalmente, a la Jefatura de Agua Potable del Cantón Baños de Agua Santa – Ecuador, por el apoyo incondicional y la facilitación en la recolección de datos necesarios para el desarrollo del trabajo de investigación.

Perci Vigo Ruiz

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	15
ABSTRACT	16
CAPITULO I. INTRODUCCIÓN.....	17
1.1 Descripción de la zona de estudio	17
1.2 Red de abastecimiento de agua potable del cantón Baños de Agua Santa 18	
1.2.1 Captaciones, conducciones, plantas de tratamiento, tanques de reserva 19	
1.3 Antecedentes.....	22
1.4 Planteamiento del problema	22
1.5 Justificación	23
1.6 Objetivos.....	24
1.6.1 General.....	24
1.6.2 Específicos.....	24
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO.....	25
2.1 Fundamentación teórica.....	25
2.1.1 Agua Potable.....	25
2.1.2 Red de abastecimiento de agua potable.....	25
2.1.3 Pérdidas de agua	25
2.1.4 Fugas y su clasificación.....	25
2.1.5 Causas que originan las fugas.....	26
2.1.6 Balance hídrico	26
2.2 Estado del arte	27
CAPITULO III. METODOLOGÍA	29
3.1 Descripción de la metodología	29
3.2 Tipo y diseño de investigación	30

3.3	Recopilación y registro de la información.....	30
3.4	Población en estudio.....	30
3.5	Procesamiento y análisis de datos	32
3.6	Balance hídrico	32
3.6.1	Procesamiento y registro de caudales inyectados (Q)	33
3.6.2	Procesamiento y registro de caudales registrados (Qr)	34
3.6.3	Registro de caudales incontrolados consumidos (Qic).....	35
3.7	Rendimientos volumétricos porcentuales	35
3.8	Índice de agua no contabilizada.....	36
3.9	Proceso de identificación de zonas con mayor incidencia de fugas en la red de distribución	37
3.10	Recopilación de información in situ para el control y reparación de fugas	37
CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		38
4.1	Resultados.....	38
4.1.1	Balance hídrico técnico	38
4.1.2	Índice de agua no contabilizada (IANC)	50
4.1.3	Rendimientos hídricos porcentuales	51
4.1.4	Afectación económica	52
4.1.5	Zonas con mayor incidencia de fugas en la red de abastecimiento de agua potable	53
4.1.6	Monitoreo y reparación de fugas	56
4.1.7	Implementación de soluciones para la adecuada gestión de fugas en el cantón Baños de Agua Santa	56
4.2	Discusión	58
CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		60
5.1	Conclusiones.....	60
5.2	Recomendaciones	61

BIBLIOGRAFÍA	62
ANEXOS	64

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Captaciones.....	20
Tabla 2. Conducciones.....	20
Tabla 3. Tratamientos y tanques de reserva.....	21
Tabla 4. Redes de distribución.....	21
Tabla 5. Número de usuarios por categorías a diciembre del 2019.....	31
Tabla 6. Caudales inyectados a las redes de distribución.....	33
Tabla 7. Consumo mensual de los años en estudio	34
Tabla 8. Caudal incontrolado consumido del 2019 – 2022	35
Tabla 9. Calificación de gestión en función del rango del rendimiento global porcentual del sistema	36
Tabla 10. Resultados del balance hídrico técnico mensual del año 2019.....	39
Tabla 11. Resultados del balance hídrico técnico mensual del año 2020.....	41
Tabla 12. Resultados del balance hídrico técnico mensual del año 2021.....	43
Tabla 13. Resultados del balance hídrico técnico mensual del año 2022.....	45
Tabla 14. Rendimientos volumétricos porcentuales anuales.....	51
Tabla 15. Incidencia económica anual y diaria del agua fugada	52
Tabla 16. Estimación de habitantes que podrían ser beneficiados con el volumen fugado	53

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación Geográfica del cantón Baños de Agua Santa.....	18
Figura 2. Subsistema de abastecimiento de agua potable.....	19
Figura 3. Balance hídrico de un sistema de distribución de agua potable.....	27
Figura 4. Esquema metodológico	29
Figura 5. Caudal inyectado por red de distribución	33
Figura 6. Caudal promedio registrado anual	34
Figura 7. Ficha de visita de campo.....	37
Figura 8. Caudal incontrolado y fugado mensual del año 2019.....	40
Figura 9. Caudal incontrolado y fugado mensual del año 2020.....	42
Figura 10. Caudal incontrolado y fugado mensual del año 2021	44
Figura 11. Caudal incontrolado y fugado mensual del año 2022.....	46
Figura 12. Caudales totales registrados del año 2019 al 2022	47
Figura 13. Porcentaje mensual de caudal fugado de los años en estudio	48
Figura 14. Porcentaje y volumen anual de caudal fugado.....	49
Figura 15. Balance hídrico técnico.....	49
Figura 16. Porcentaje de agua no contabilizada	50
Figura 17. Rendimiento global anual	51
Figura 18. Pérdidas económicas por año.....	52
Figura 19. Reporte de fugas en el Cantón Baños de Agua Santa 2019 – 2022.....	54
Figura 20. Reporte de fugas por redes de abastecimiento del cantón	55
Figura 21. Reporte de fugas por años de estudio.....	55
Figura 22. Acciones para el control de pérdidas de agua.....	57

RESUMEN

Un problema grave a nivel nacional son las fugas de agua potable que se presentan en las redes de abastecimiento del país generando así pérdidas económicas en las entidades encargadas del recurso hídrico. En el cantón Baños de Agua Santa existe con alta frecuencia fugas en las redes de abastecimiento, por esta razón la presente investigación tiene como objetivo principal analizar la incidencia de fugas en la red de abastecimiento de agua potable del cantón, además conocer cuáles son las causas principales y proponer soluciones, también se busca identificar las zonas con mayor incidencia de fugas. Para esto se utilizó un enfoque cuantitativo al momento de obtener los volúmenes de agua inyectados y facturados, un enfoque cualitativo al momento de realizar las visitas de campo para analizar los diferentes problemas, conocer los procesos de reparación y mantenimiento. Como resultados se obtuvo un volumen promedio anual de agua desperdiciada de 1.744.141,42 m³, el cual representa un 48,56% de caudal fugado, obteniendo así una pérdida económica anual de \$175.881,45, también se obtuvo un promedio de IANC de 53,56% lo que nos indica que el desempeño de la red es “Bajo” y un rendimiento global de 46,44% por lo que se calificó a la gestión del sistema de abastecimiento como “Inaceptable”. Además, se reconoció la zona con mayor incidencia de fugas perteneciente al subsistema Central es decir la parte más consolidada de la ciudad. Las principales causas son por roturas de tuberías principales, deslizamientos de materiales, daños en las válvulas y micromedidores.

Palabras claves: agua potable, incidencia de fugas, balance hídrico, rendimientos porcentuales.

ABSTRACT

A severe problem at the national level is the leaks of drinking water that occur in the country's supply networks, resulting in economic losses for the entities responsible for the water resources. In Baños de Agua Santa canton, there are frequent leaks in the water supply networks. Therefore, the main objective of this research is to analyze the incidence of leaks in the potable water supply network of the canton, identify the leading causes, propose solutions, and identify areas with the highest incidence of leaks. A quantitative approach was used to obtain the injected and billed water volumes, and a qualitative approach was used for field visits to analyze different problems and understand repair and maintenance processes. The results showed an average annual volume of wasted water of 1.744.141,42 m³, representing a 48,56% leakage rate, resulting in an annual economic loss of \$175.881,45. The IANC average was 53,56%, indicating a "Low" network performance, and the overall performance was 46,44%, qualifying the supply system management as "Unacceptable." Additionally, the area with the highest incidence of leaks was recognized to belong to the central subsystem, the city's most consolidated part. The leading causes include main pipe breaks, material slides, valve damage, and issues with micro-meters.

Keywords: drinking water, incidence of leaks, water balance, percentage performance.



Reviewed by:
Mgs. Maria Fernanda Ponce
ENGLISH PROFESSOR
C.C. 0603818188

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

Las redes de abastecimiento de agua potable están formadas por un conjunto de instalaciones de tuberías y de diferentes accesorios. Estas constan de tuberías principales o llamadas tuberías matrices, que por lo general son de mayor diámetro, y se encargan de transportar el agua desde las captaciones hasta los tanques reservorios. También están conformadas por tuberías secundarias, que se encargan de transportar el agua desde los tanques reservorios hasta las acometidas domiciliarias en condiciones que satisfagan las necesidades de los usuarios tanto en calidad como en continuidad del recurso hídrico (Llangarí, 2019).

Debido a las pendientes elevadas en la conducción del agua desde las captaciones hacia los tanques reservorios, existen muchas posibles causas de fugas en Baños de Agua Santa. Por lo tanto, la Jefatura de Agua Potable de la ciudad es responsable del monitoreo y la reparación de fugas, así como de la operación, administración y mantenimiento de todo el sistema de agua potable.

El personal municipal identifica la presencia de fugas durante sus salidas laborales o por notificaciones ciudadanas a la Jefatura de Agua Potable. Dependiendo de la magnitud de la fuga, se designa un equipo personal capacitado para la verificación y reparación de la fuga. En caso de fugas de gran magnitud, se puede ocasionar el corte o suspensión del servicio de agua potable. Para esto, se procede al cierre de las válvulas de la red de abastecimiento para su adecuada reparación. Luego de reparadas las fugas, se procede a abrir las válvulas para seguir abasteciendo con agua a los sectores aledaños.

Las fugas de agua potable en la red de distribución pueden ser ocasionadas por una rotura de gran magnitud o por una rotura pequeña, llegando a generar grandes volúmenes de agua desperdiciada. Según Santos et al. (2019), el porcentaje total de agua potable que se pierde en las tuberías de la conducción del recurso hídrico hasta llegar a las acometidas domiciliarias están alrededor de un 30% a nivel mundial.

La presente investigación busca analizar la incidencia de fugas en la red de abastecimiento de agua potable del cantón Baños de Agua Santa. El objetivo es reconocer las zonas con mayor incidencia de fugas e identificar las causas y problemas que las ocasionan para así establecer alternativas de mejora en la red de abastecimiento de agua potable del cantón.

1.1 Descripción de la zona de estudio

El presente proyecto de investigación se realiza en la red de abastecimiento de agua potable del cantón Baños de Agua Santa. El cantón en estudio pertenece a la provincia de Tungurahua y geográficamente se encuentra ubicado al este 786.722,82 [m] y al norte 9.845.325,63 [m].

Los límites del cantón son al norte, la provincia de Napo; al sur, provincia de Chimborazo y la provincia Morona Santiago; al este la provincia de Pastaza y al oeste el cantón Patate.

El cantón Baños de Agua Santa se encuentra a 1.820 msnm y cuenta con una superficie total de 107.013,87 Ha. Según datos oficiales del INEC en el censo de población y vivienda del año 2010 dicho cantón presenta 20.018 habitantes en la zona urbana (GADM Baños de Agua Santa, 2019). La población proyectada al 2023 del cantón Baños de Agua Santa es de 26.388 habitantes de acuerdo al Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2019-2023 del GAD Cantonal. (GADM Baños de Agua Santa, 2019)

El total de cartas de pago que se han emitido hasta diciembre del año 2022 son de 7.058 abonados, en la carta total de emisión por cobrar al mismo año se refleja que se debería haber cobrado un volumen de 144.742 m³ y en la carta de recaudación se dice que se cobró un volumen total de 103.674 m³, por lo cual se puede evidenciar una gran cantidad de agua incontrolada.

El Sistema de Agua Potable del Cantón Baños tiene una cobertura actual para el área urbana y la periferia, abasteciendo un 88% a la población por medio de la red pública, mientras que el 12% se abastece de vertientes propias.

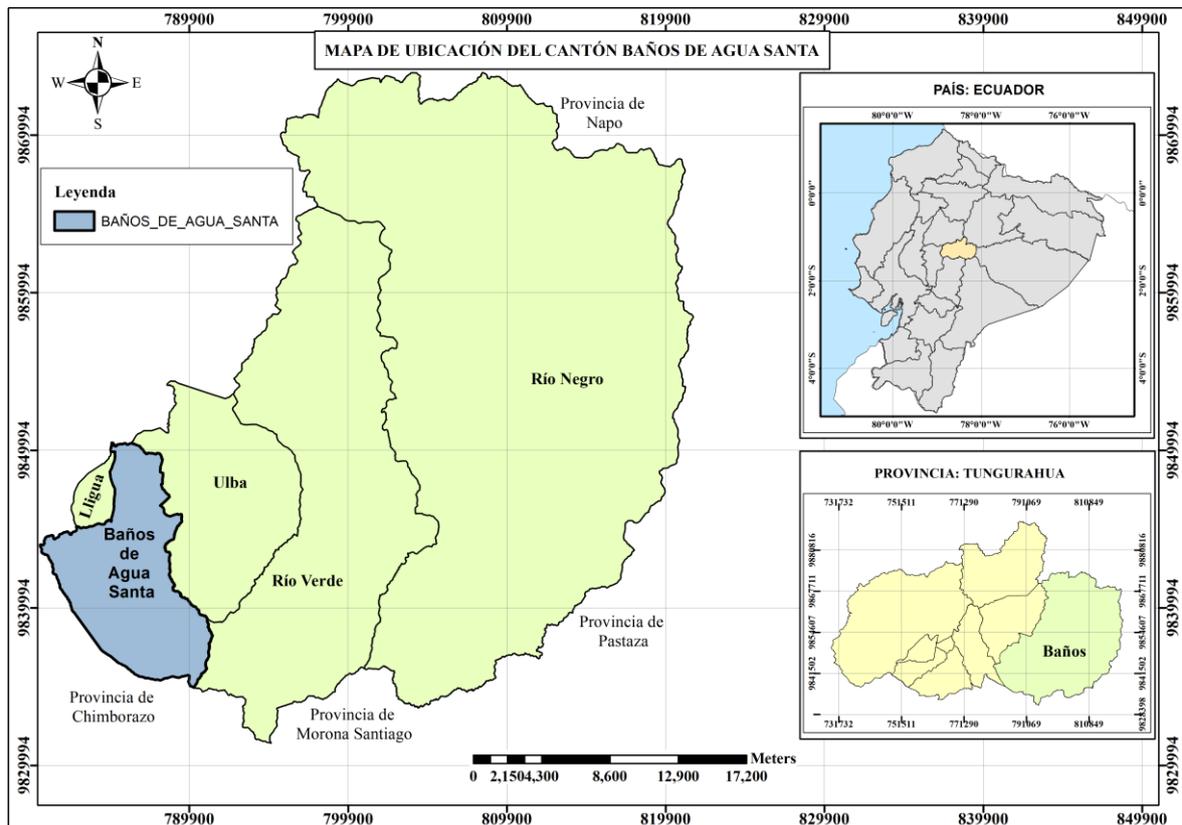


Figura 1. Ubicación Geográfica del cantón Baños de Agua Santa

1.2 Red de abastecimiento de agua potable del cantón Baños de Agua Santa

Para el cantón Baños de Agua Santa la administración, operación, manejo y mantenimiento del abastecimiento y servicio de agua potable está a cargo de la Jefatura de Agua Potable, es una unidad dependiente del Departamento de Saneamiento Ambiental; y que a su vez forma parte de la estructura organizacional del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del cantón Baños de Agua Santa.

El sistema que abastece de agua potable al cantón Baños de Agua Santa está constituido por 5 subsistemas independientes que se desempeñan totalmente a gravedad, los cuales son: El Subsistema central que abastece a la parte central más consolidada del cantón, el Subsistema El Salado – Pititig que abastece al sector occidental del cantón, cubriendo los barrios Pititig, Aguacatal y El Salado, el Subsistema Las Orquídeas que cubre el sector oriental del cantón, abasteciendo a los barrios Santa Ana y San Vicente.

Los otros dos subsistemas comparados a los anteriores son relativamente pequeños: el Subsistema de La Clementina que abastece únicamente al barrio La Clementina y el Subsistema de Ulba que abastece únicamente a la parroquia de Ulba.

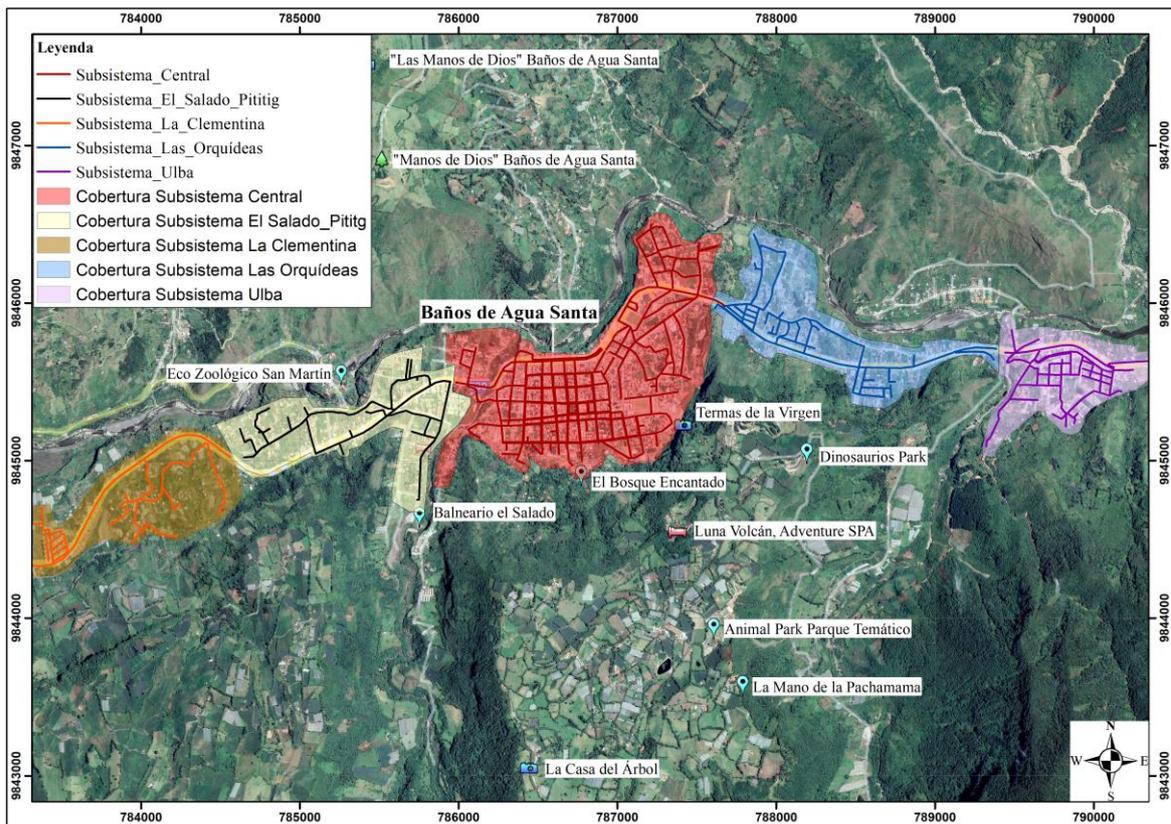


Figura 2. Subsistema de abastecimiento de agua potable

1.2.1 Captaciones, conducciones, plantas de tratamiento, tanques de reserva

Todos los subsistemas que presenta el cantón en estudio cuentan independientemente con sus captaciones, conducciones, plantas de tratamiento, tanques de reserva y redes de distribución, los cuales se van a detallar a continuación por medio de tablas.

Tabla 1.
Captaciones

N.º	Subsistema	Captaciones	Cota [msnm]	Caudal [l/s]
1	Subsistema Central	Nahuazo 1	2164	32
		Nahuazo bajo 2	2195	30
		Chiglia	2093	16
2	Subsistema El Salado – Pititig	Los Gatos 1	2068	11
		Los Gatos 2	1868	
3	Subsistema Las Orquídeas	Chorrera de la Virgen	2141	8
4	Subsistema La Clementina	Nahuazo alto 2	2208	9
5	Subsistema de Ulba	Puntzán	2155	10

Fuente: (GADM Baños de Agua Santa, 2019)

En la Tabla 1, se puede observar las distintas captaciones que presentan los subsistemas del cantón, además se presenta a que altitud se encuentran sobre el nivel del mar y el caudal promedio suministrado de cada captación según los estudios realizados por el GADM Baños de Agua Santa.

Tabla 2.
Conducciones

N.º	Captaciones	Longitud [m]	Material	Diámetro [mm]
1	Nahuazo 1	600	Asbesto-Cemento	150
	Nahuazo 2	650	PVC	160
		1400	HF, AC y PVC	150
	Chiglia	1250	AC y HF	100 y 150
2	Los Gatos 1	200	PE	100
		1700	PVC	110
	Los Gatos 2	600	PE	100
3	Chorrera de la Virgen	760	PVC	50 a 110
4	Nahuazo alto 2	5870	PVC	50 a 110
5	Puntzán	2100	PVC	90

Fuente: (GADM Baños de Agua Santa, 2019)

La Tabla 2 describe las características que poseen las conducciones de cada captación presentada en la Tabla 1, tomando en cuenta que la captación Nahuazo 2 y Los Gatos 1 se divide en dos tramos.

Tabla 3.*Tratamientos y tanques de reserva*

N.º	Subsistema	Tratamiento	Tanques Reserva		
			Cantidad	Geometría	Capacidad [m ³]
1	Subsistema Central	Procesos de aeración y desinfección	3	Rectangulares	200
			1	Circular	500
2	Subsistema El Salado – Pititig	Proceso de desinfección	1	Circular	100
			1	Rectangular	20
3	Subsistema Las Orquídeas	Cloro gas con equipamiento de presión directa.	2	Circulares	50
4	Subsistema La Clementina	Procesos de aeración y desinfección	1	Circular	100
5	Subsistema de Ulba	Cloro gas con equipamiento de presión directa.	2	Circulares	100

Fuente: (GADM Baños de Agua Santa, 2019)

La Tabla 3 presenta el tratamiento que se utiliza y los tanques de reserva que poseen los cinco subsistemas del cantón Baños de Agua Santa.

Tabla 4.*Redes de distribución*

N.º	Subsistema	Longitud [m]	Material	Diámetros de tubería [mm]
1	Subsistema Central	10490	PVC	50 – 200
		1310	PVC	32 – 63
		1500	Polietileno	25-50
2	Subsistema El Salado – Pititig	7040	PVC	32 – 110
3	Subsistema Las Orquídeas	2000	PVC	50 – 160
4	Subsistema La Clementina – Juive – La Pampa	2710	PE de alta densidad	25 – 100
5	Subsistema de Ulba	4800	PVC	32 – 90

Fuente: (GADM Baños de Agua Santa, 2019)

En la Tabla 4 se puede identificar las características que posee la red de distribución de cada subsistema como la longitud, el material y los diámetros de las tuberías utilizados.

1.3 Antecedentes

El cantón Baños de Agua Santa se abastece de agua proveniente de vertientes ubicadas en las faldas del volcán Tungurahua, estos sistemas funcionan totalmente por gravedad.

En el boletín estadístico emitido por la Agencia de Regulación y Control del Agua (ARCA) se menciona que hasta el año 2021 se tiene un promedio de cobertura del servicio de agua potable a nivel nacional de un 78,8% y un promedio de agua no contabilizada del 48,4%, comparando con los datos del año 2020 se puede decir que el agua no contabilizada ascendió un 1,71% por año a nivel nacional, además el ARCA (2020) presenta que la provincia de Tungurahua tiene un promedio de 47,69% de agua no contabilizada y el cantón en estudio presenta un 16,98% de agua no contabilizada, por lo que es importante mejorar los sistemas de distribución de agua potable, de forma que se optimice el uso de los recursos hídricos (ARCA, 2021).

En el cantón Baños de Agua Santa se conoce que la red de abastecimiento de agua potable se construyó en el año 2002 y cubre un 88% del área urbana y periférica para la población de estudio, pero existe una gran cantidad de agua perdida ocasionada por fugas, roturas, daños en acometidas y sobrepresiones en las redes de distribución, debido a que se encuentra en una zona de alto riesgo, por lo que se pone en riesgo el abastecimiento del agua potable, ocasionando inconformidad y molestias en los habitantes del cantón, además de que se genera una gran cantidad de pérdidas económicas para el GADM de Baños de Agua Santa (GADM Baños de Agua Santa, 2019).

1.4 Planteamiento del problema

El abastecimiento de agua potable es el principal problema que se ha generado hoy en día en el cantón Baños de Agua Santa ya que no se tiene una correcta gestión en los subsistemas que abastecen del recurso hídrico, provocando malestar en la población y una gran pérdida económica para las entidades encargadas, debido a que no se está facturando la misma cantidad de caudal inyectado a la red.

En dicho cantón existe poca información de estudios realizados del sistema de abastecimiento de agua potable. El GAD Municipal del Cantón Baños de Agua Santa cuenta con registros de los reportes de las fugas de gran magnitud de los años 2019, 2020, 2021 y 2022. Por parte de la municipalidad, existe poca preocupación e inversión en dar un mantenimiento frecuente a la red y es por esto que no se sabe con precisión la cantidad real del volumen de agua potable incontrolado.

Las redes de abastecimiento de agua potable del cantón están conformadas por tuberías de Asbesto Cemento, Polietileno y PVC. El Asbesto Cemento es un material que ha sido utilizado desde tiempos muy antiguos, el cual genera gran cantidad de pérdidas físicas debido a las continuas fallas de desgaste en los empaques de la red que se componen de este material.

La última intervención que se realizó a la red de abastecimiento del cantón fue en el año 2002. Tomando en cuenta la “Norma para estudio y diseño de sistemas de agua potable

y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes”, que forma parte del Código Ecuatoriano de la Construcción, del cual se ha tomado como recomendación adoptar un periodo de diseño de 25 años (SENAGUA, 1992). Por esta razón nos damos cuenta de que la vida útil de las tuberías ya se está venciendo, esto influye directamente en las fugas de agua que se producen.

Por estas razones, surge la inquietud de: ¿cuál es la incidencia de fugas en la red de abastecimiento de agua potable en el cantón Baños de Agua Santa? Luego de realizar el análisis respectivo, se podrá estimar el volumen total incontrolado y se identificarán con certeza las causas y problemas que ocasionan dichas fugas, para así dar algunas posibles soluciones de control o disminución a la problemática presentada.

1.5 Justificación

Las fugas de agua potable en el cantón Baños de Agua Santa son atendidas solamente cuando existe denuncias por los ciudadanos o mediante los reportes del personal técnico. Las reparaciones de fugas generalmente reciben mantenimientos correctivos. A pesar de que la red de distribución tiene en su mayor parte alrededor de 21 años de servicio, por lo cual está cercana al límite de su vida útil, en general las tuberías se encuentran todavía en buen estado. Sin embargo, en la actualidad se sigue teniendo fugas de gran magnitud, sobre todo en las tuberías principales.

En la última intervención que se realizó a la red de distribución del año 2002, donde el agua no contabilizada representa el 66%, de este porcentaje se estima que aproximadamente el 30% corresponden a pérdidas comerciales (10% a micromedición y el 20% a tomas clandestinas), el 70% a pérdidas físicas, debido a las continuas fallas y pésimo estado en los empaques de la red, razón por la cual el nivel de pérdidas en la red fue alto (GADM Baños de Agua Santa, 2019). Las fugas de agua no se pueden eliminar por completo, pero si se les puede reducir mediante mantenimientos preventivos e implementando acciones permanentes, para así obtener un porcentaje menor de agua no contabilizada.

De ahí la importancia de este estudio, por lo que, con el cumplimiento de los objetivos planteados, beneficiará a los usuarios del servicio de agua potable y a las entidades encargadas del servicio para que así puedan establecer estrategias inmediatas de mejora y calidad del servicio.

1.6 Objetivos

1.6.1 General

Analizar la incidencia de fugas en la red de abastecimiento de agua potable del cantón Baños de Agua Santa.

1.6.2 Específicos

- Reconocer las zonas con mayor incidencia de fugas en la red de abastecimiento de agua potable en el cantón Baños de Agua Santa.
- Estimar cual es el volumen de agua total desperdiciada del abastecimiento de agua potable por medio de un balance hídrico técnico y verificar cuando se pierde económicamente.
- Determinar mediante visitas en campo los procesos de operación y mantenimiento que se realizan a las fugas en la red de abastecimiento del cantón.
- Identificar las causas y problemas que ocasionan las fugas de agua potable en la red de abastecimiento del cantón para así establecer alternativas de mejora en la red de abastecimiento.

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Fundamentación teórica

2.1.1 Agua Potable

El agua es un elemento imprescindible para la supervivencia humana, la directora de la Unesco la define como oro azul por su gran valor y su importancia sanitaria, social y cultural (Alberto & Zapata, 2022). El acceso del agua es un derecho fundamental y de necesidad primaria, en este sentido cobra gran relevancia el proceso al que tiene que someterse para ser transformada en un elemento idóneo para su consumo, para ello debe cumplir con las normas de calidad, características fisicoquímicas y bacteriológicas, mediante el proceso de potabilización (Peña Murillo et al., 2022). La potabilización consiste en eliminar los compuestos tóxicos y metales pesados que contiene el agua seguidos de la precipitación de impurezas con floculantes, filtración y desinfección con cloro u ozono (Romero Rojas, 2017).

2.1.2 Red de abastecimiento de agua potable

Es un sistema compuesto por tuberías, válvulas y otros elementos necesarios para transportar el agua desde las instalaciones de captación hasta las viviendas o redes particulares cumpliendo parámetros de calidad, cantidad y continuidad (Peña Murillo et al., 2022). Según Granda (2019) el abastecimiento de agua potable se compone principalmente por obras de captación, líneas de conducción o impulsión, planta de tratamiento, reservorio, línea de aducción y red de distribución.

2.1.3 Pérdidas de agua

Según Cedeño et al. (2021) la define como aquel volumen producido de agua, que no llega a los clientes de la empresa, o que llegando a ellos no puede ser medida ni contabilizada. Según Christodoulou et al. (2017) existen los siguientes tipos de pérdidas:

Pérdidas reales: Representan el volumen de agua que se pierde a lo largo de todo el recorrido del sistema de agua potable, estas pérdidas se presentan por conexiones mal realizadas, daños que no afloran a la superficie o por malos criterios constructivos de la red.

Pérdidas aparentes: Se entiende a la cantidad de agua robada por consumidores no permitidos, o agua no contabilizada derivada de una medición deficiente y el volumen de agua que no es cobrada debido al mal manejo en el sistema de facturación del usuario.

2.1.4 Fugas y su clasificación

La fuga de agua es un escape no controlado en cualquier punto del sistema de distribución, también se puede entender como la diferencia que existe entre la cantidad de agua que sale de la planta de tratamiento y la cantidad de agua que llega a los sistemas de control en los domicilios, generalmente las fugas se deben a presión alta, corrosión externa, corrosión interna, efecto del tráfico de vehículos y peatones, mala calidad de los materiales, accesorios, y mano de obra, edad de las tuberías y movimientos del suelo o sismos (Ochoa & Ortiz, 2001).

Según Ochoa & Ortiz (2001) las fugas se clasifican en dos tipos:

Fugas visibles: Se entiende a todas aquellas fugas fáciles de observar en la superficie, también puede presentarse como infiltración y notarse en forma de manchas de humedad.

Fugas no visibles: Estas fugas son difíciles de identificar a simple vista, esta puede infiltrarse en el suelo y drenar hacia tuberías del alcantarillado o canales.

2.1.5 Causas que originan las fugas

Según Rodríguez et al. (2019) las principales causas que ocasionan el origen de las fugas en la red de distribución son:

Circulación de vehículos pesados: aquellas tuberías no diseñadas adecuadamente por la profundidad o la compactación del suelo sobre ella hace que estén expuestas a roturas recurrentes.

Movimiento de suelo: es una de las causas con mayor frecuencia, afecta sobre todo a suelos arcillosos los cuales son inestables, los temblores dependiendo de su magnitud afectan las tuberías produciendo fugas.

Material de mala calidad de conductos de agua: esta causa implica mala ejecución de mano de obra, principalmente por bajo conocimiento del operario y el uso de herramientas inadecuadas

Conexiones expuestas a la superficie: algunas obras subterráneas alrededor de la red crean presiones externas en la red, lo cual puede provocar cizallamiento y posterior a la rotura de las tuberías

Falta de mantenimiento en las redes: mientras la tubería es más antigua, su vida útil disminuye quedando inservible, adicionalmente el tipo de material y condiciones del terreno influyen en el acortamiento de su utilidad.

Alta presión de caudal: entre más presión exista en la tubería el caudal asociado a la fuga es mayor, esto ocurre cuando existe orificios o rajaduras.

2.1.6 Balance hídrico

El balance hídrico permite determinar una guía de la cantidad de agua que se pierde debido a las fugas en la red de distribución de agua potable (Farley & Trow, 2003).

Según Cabrera et al. (1999) una parte del caudal inyectado al sistema de distribución de agua potable no logra ser consumida por los diferentes usuarios, esta parte de caudal inyectado se pierde en el transcurso del proceso de distribución por el estado de mantenimiento de la red y de las acometidas de agua potable.

Es por ello que Cabrera et al. (1999) propone un método para el cálculo del balance hídrico y así determinar el porcentaje de agua fugada.

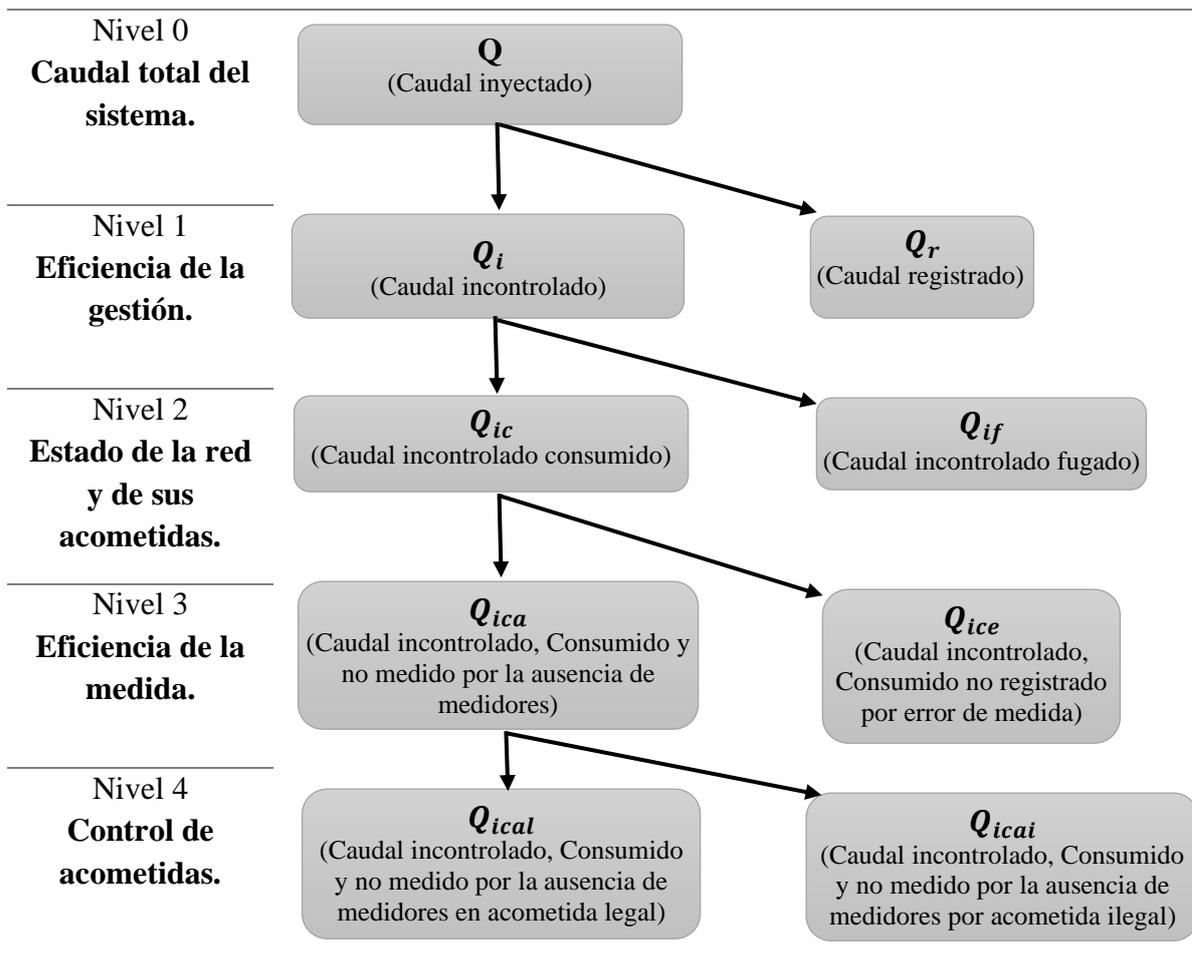


Figura 3. Balance hídrico de un sistema de distribución de agua potable

Fuente: (Cabrera et al., 1999)

2.2 Estado del arte

La incidencia de fugas es un problema muy frecuente en el sistema de distribución de agua potable afectando la calidad de vida de los consumidores, además ocasiona un impacto negativo en la economía y en la esfera técnico, social y ambiental (Cedeño et al., 2021).

A continuación, se detallan estudios realizados a nivel nacional e internacional que describen la incidencia de fugas en las redes de abastecimiento de agua potable.

A nivel internacional, Alvarado & Cauna (2019) en su tesis titulada “Análisis del índice de pérdidas para mejorar el sistema de abastecimiento de agua potable del sector VI de la ciudad de Tacna-Tacna, Perú” cuyo fin fue determinar el índice de pérdidas mediante el modelo de balance hídrico. Los resultados encontrados arrojan un 26,27% de índice de pérdidas. Se sugiere que todas las viviendas cuenten con un micromedidor, además, actualizar el catastro de las conexiones domiciliarias de manera mensual, mejorar la gestión comercial mediante capacitaciones continuas, contar con equipos especializados en la detección de fugas y programas de detección de conexiones clandestinas.

A nivel nacional, en un informe realizado por la Agencia de Regulación y Control del Agua ARCA (2021) reporta una pérdida de agua no contabilizada del 48,35%, en cuanto a esto, Cedeño et al. (2021) en su revista titulada “Plan estratégico para la reducción de pérdidas de agua potable en Portoviejo” mencionó que en el año 2019 la ciudad de Portoviejo mostró una pérdida de agua de 71,24%. Por consiguiente, Orna & Zumba (2023) en su trabajo de investigación titulado “Incidencia de fugas en las redes de abastecimiento de agua potable en el cantón Tisaleo de la provincia de Tungurahua” determinaron un resultado de fugas del 30,88% siendo las causas principales el uso de materiales defectuosos, roturas, conexiones clandestinas, falta de mantenimiento de las instalaciones y fugas internas. Ante este problema los autores plantean estrategias para minimizar las consecuencias como realizar una sectorización identificando las zonas de mayor afectación, implementar software para tener un monitoreo continuo y como medida de prevención tener en cuenta la vida útil de las tuberías para su próxima sustitución o mantenimiento.

Mientras tanto, Chacón (2022) en su tema de investigación “Análisis y proposición de una posible solución para la reducción de pérdidas en la red pública de agua potable de la municipalidad de Santo Domingo” cuyo objetivo fue determinar las pérdidas de agua en la red pública en las zonas de Santo Domingo. El estudio obtuvo un 55,52% de índice de agua no contabilizada, además se encontró una gestión deficiente superando el 25% estipulado por el Banco Mundial, en las zonas estudiadas se pudo encontrar que las fugas fueron provocadas por las altas presiones, efecto de la carga vehicular, falta de calibración de los micromedidores, dado esto, se plantea contar con personal capacitado y con experiencia para el uso adecuado de los equipos de medición como micromedidores, macromedidores, válvulas, además de organizar la información recolectada para dar un seguimiento o actualizar el mapeo catastral.

También García (2020), sugiere una propuesta de diseño mediante una metodología para el control de pérdidas de agua potable para la zona alta del cantón Azogues, se plantea tener un control en la micro medición e implementar un software inteligente, realizar campañas de control de medidores y concientizar a la población para un buen uso del agua.

De la misma manera, Achache & Gómez (2022) en su estudio de investigación titulada “Incidencia de fugas en la red de abastecimiento de agua potable del cantón de Riobamba” añadieron que otras de las causas es la falta de compromiso por parte de las empresas contratadas o presiones elevadas en la red de distribución por lo cual proponen realizar una monitorización sobre la micro medición de modo que sirva como método de identificación y prevención.

CAPITULO III. METODOLOGÍA

3.1 Descripción de la metodología

Para el desarrollo de la presente investigación, se llevará a cabo una revisión bibliográfica con el fin de obtener un mayor conocimiento acerca del tema a tratar y establecer un punto de partida de la investigación. Posteriormente, se realizará un acercamiento a las entidades encargadas del agua potable del cantón para recopilar toda la información necesaria para elaborar un balance hídrico. Con todo lo mencionado anteriormente, se continuará con el procesamiento de datos mediante hojas de cálculo y SIG (Sistemas de Información Geográfica). Además, con la ayuda de los planos del cantón, se procederá a identificar las zonas con mayor presencia de fugas en la red de abastecimiento.

No hay que dejar de lado lo importante que será realizar visitas técnicas a los lugares con más incidencia de fugas para proponer mejoras o soluciones a los problemas y establecer conclusiones y recomendaciones.

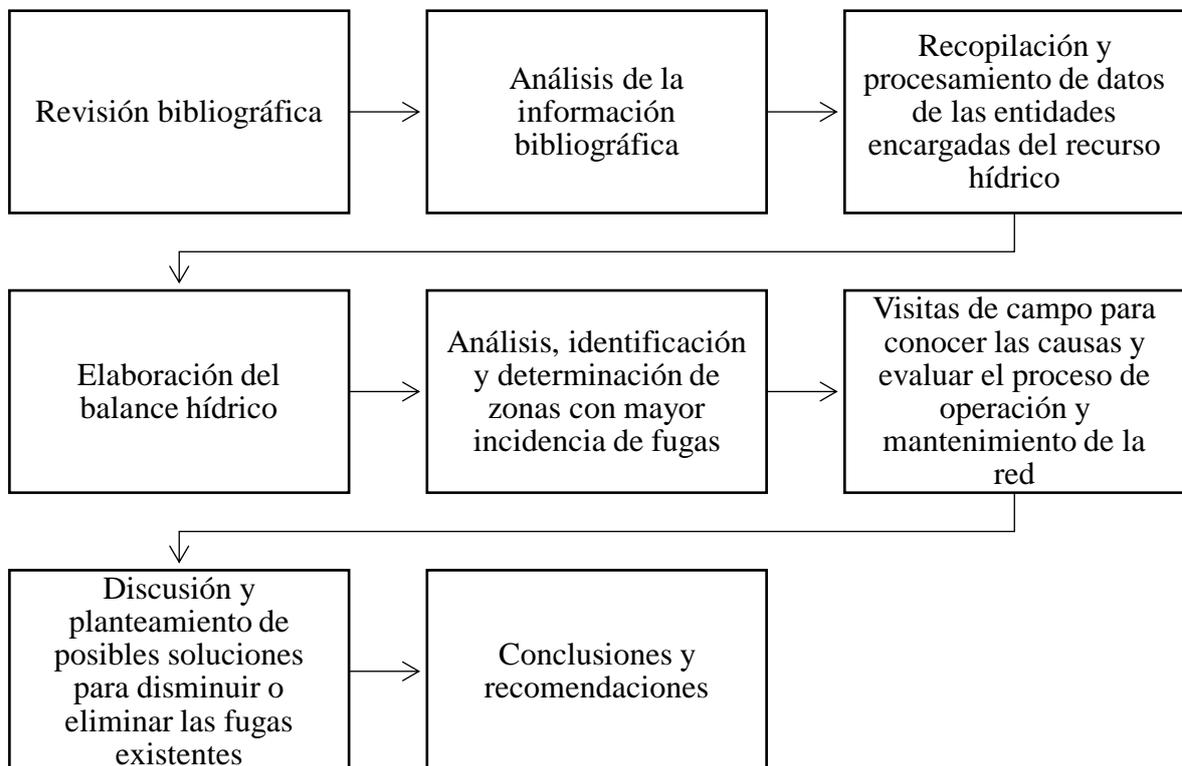


Figura 4. Esquema metodológico

3.2 Tipo y diseño de investigación

El método aplicado para obtener los volúmenes de agua suministrados a la red, volúmenes de consumo mensual, volúmenes de pérdidas de agua y planillas de facturación tiene un enfoque mixto. Se utiliza un enfoque cuantitativo para obtener datos numéricos y conteos, mientras que se utiliza un enfoque cualitativo para analizar los diferentes problemas presentados y dar soluciones a los mismos con el fin de disminuir las fugas o pérdidas de agua potable en las redes de abastecimiento del cantón.

Se emplea un alcance de tipo explicativo y descriptivo, el cual nos permitirá analizar y explicar las zonas con mayor incidencia de fugas en el cantón, además este enfoque nos permite determinar las causas, consecuencias y posibles soluciones al problema presentado.

3.3 Recopilación y registro de la información

Es importante contar con la ayuda de la entidad encargada del recurso hídrico del cantón. Para obtener la información necesaria, se envió un oficio a la máxima autoridad del cantón solicitando la entrega de la siguiente información:

- Planos de la red de sistema de agua potable
- Modelo matemático de la red
- Volumen de agua total inyectada al sistema
- Volúmenes de consumo mensuales medidos y facturados de registros históricos generales y por redes de distribución
- Valores correspondientes a recaudación de facturación históricos de la red
- Catastro de usuarios de agua actualizados
- Expedientes técnicos de operación y mantenimiento de las redes de distribución
- Estadística de agua no facturada.

3.4 Población en estudio

La población en estudio consta del número de abonados entregados por la Jefatura de Agua Potable del cantón Baños de Agua Santa tanto de la emisión y la recaudación, donde se puede evidenciar en la Tabla 5 el total de usuarios y por categorías a diciembre de los años 2019, 2020, 2021 y 2022.

Tabla 5.

Número de usuarios por categorías a diciembre del 2019

Categoría	Año 2019		Año 2020		Año 2021		Año 2022	
	N° de usuarios	Porcentaje que representa						
Residencial	4.700,00	72,15%	4.816,00	72,54%	4.936,00	72,86%	5.036,00	71,35%
Comercial	1.504,00	23,09%	1.511,00	22,76%	1.542,00	22,76%	1.558,00	22,07%
Industrial	242,00	3,72%	243,00	3,66%	242,00	3,57%	242,00	3,43%
Oficial - Pública	37,00	0,57%	36,00	0,54%	36,00	0,53%	36,00	0,51%
Solo Alcantarillado	1,00	0,02%	1,00	0,02%	1,00	0,01%	1,00	0,01%
No tiene	30,00	0,46%	32,00	0,48%	18,00	0,27%	185,00	2,62%
TOTAL	6.514,00	100,00%	6.639,00	100,00%	6.775,00	100,00%	7.058,00	100,00%

Fuente: (GADM Baños de Agua Santa, 2023)

3.5 Procesamiento y análisis de datos

Después de obtener la información necesaria para el desarrollo de la investigación, se procede a ordenar y procesar los diferentes datos según el cálculo que corresponda. A continuación, se refleja el procesamiento de los datos necesarios para la elaboración del balance hídrico, rendimientos porcentuales y el índice de agua no contabilizada.

3.6 Balance hídrico

Para el cálculo del balance hídrico se aplicará el método establecido por Cabrera et al. (1999), el cual está compuesto por diez caudales que circulan por toda la red de distribución de agua, y estos a su vez están agrupados en cinco niveles y cuatro criterios tal y como se muestra en la Figura 3.

En base a la figura mencionada anteriormente la notación de los caudales usados para el balance hídrico según Cabrera et al. (1999) son los siguientes:

Caudal inyectado (Q): Obtenido por medidores o contadores establecidos en el ingreso del agua a cada una de las redes de distribución.

Caudal registrado (Q_r): Este caudal viene a ser medido por los contadores que existen en las entradas de las viviendas de los usuarios del sistema.

Caudal incontrolado (Q_i): Es la cantidad de agua no registrada por pérdidas reales y aparentes.

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

Caudal incontrolado consumido (Q_{ic}): Es el volumen de agua que se consume por parte de los usuarios y que no es recaudado. Este caudal por lo general es el consumo que realizan las instituciones públicas.

Caudal incontrolado fugado (Q_{if}): Volumen de agua fugada en el sistema de distribución de agua potable.

$$Q_{if} = Q - (Q_r + Q_{ic}) \quad (2)$$

Caudal suministrado (Q_s): Es el caudal proporcionado a los usuarios de cada red de distribución. Se determina como la suma entre el caudal incontrolado consumido y el caudal registrado, o también como la diferencia entre el caudal inyectado y el caudal incontrolado fugado.

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

A continuación, se muestra el procesamiento de estos datos esenciales para el cálculo del balance hídrico.

3.6.1 Procesamiento y registro de caudales inyectados (Q)

La Jefatura de Agua Potable del GADM de Baños de Agua Santa ha realizado en el año 2019 la medición del caudal de agua inyectada en todas sus redes con la ayuda de un caudalímetro ultrasónico, donde se pudo obtener los caudales independientemente de cada red.

Es importante mencionar que se utiliza un caudal constante para la realización del balance hídrico en todos los años de estudio, debido a que no se realiza una medición constante del caudal inyectado por medio de macromedidores o caudalímetros. La única vez que se realizó esta medición fue en el año 2019 por el personal del departamento encargado de agua potable como se puede observar en la Tabla 6.

Tabla 6.

Caudales inyectados a las redes de distribución

Red de distribución	Q inyectado (l/s)	Q inyectado (m3/mes)
Central	78,00	204.984,00
El Salado - Pititig	11,00	28.908,00
Las Orquídeas	8,00	21.024,00
La Clementina	9,00	23.652,00
Ulba	10,00	26.280,00
Total	116,00	304.848,00

Fuente: (GADM Baños de Agua Santa, 2019)

La Tabla 6 evidencia que el caudal inyectado a la Red Central tiene un mayor caudal comparado con las otras redes debido a que esta red abastece al sector más consolidado y desarrollado del cantón.

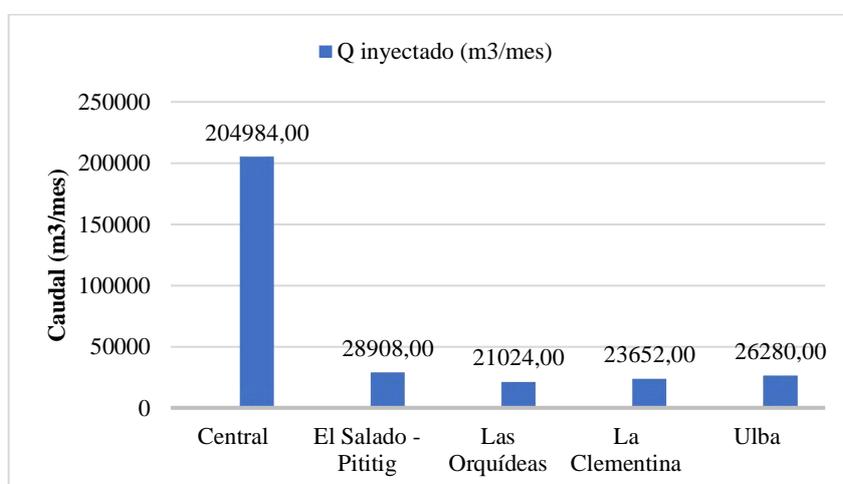


Figura 5. Caudal inyectado por red de distribución

3.6.2 Procesamiento y registro de caudales registrados (Qr)

Los registros de caudales facturados se obtuvieron por parte de la Jefatura de Agua Potable, como se puede evidenciar en la Tabla 7 de cada año en estudio, estos caudales son reportados mensualmente mediante una lectura de los medidores por el personal técnico.

Tabla 7.

Consumo mensual de los años en estudio

Mes / Año	Caudal registrado [m ³ /mes]			
	2019	2020	2021	2022
Enero	146.939,00	168.536,00	150.045,00	154.460,00
Febrero	134.200,00	132.264,00	127.792,00	138.970,00
Marzo	162.067,00	142.449,00	120.163,00	145.838,00
Abril	134.568,00	147.072,00	136.484,00	146.005,00
Mayo	161.110,00	106.399,00	115.975,00	140.861,00
Junio	133.617,00	125.620,00	122.459,00	146.997,00
Julio	158.266,00	118.286,00	140.117,00	130.809,00
Agosto	146.105,00	127.913,00	141.035,00	136.345,00
Septiembre	160.004,00	106.842,00	141.683,00	155.219,00
Octubre	128.654,00	140.570,00	144.336,00	149.892,00
Noviembre	146.266,00	145.113,00	145.658,00	142.705,00
Diciembre	142.073,00	111.081,00	127.662,00	144.742,00
PROMEDIO	146.155,75	131.012,08	134.450,75	144.403,58

Fuente: (GADM Baños de Agua Santa, 2019)

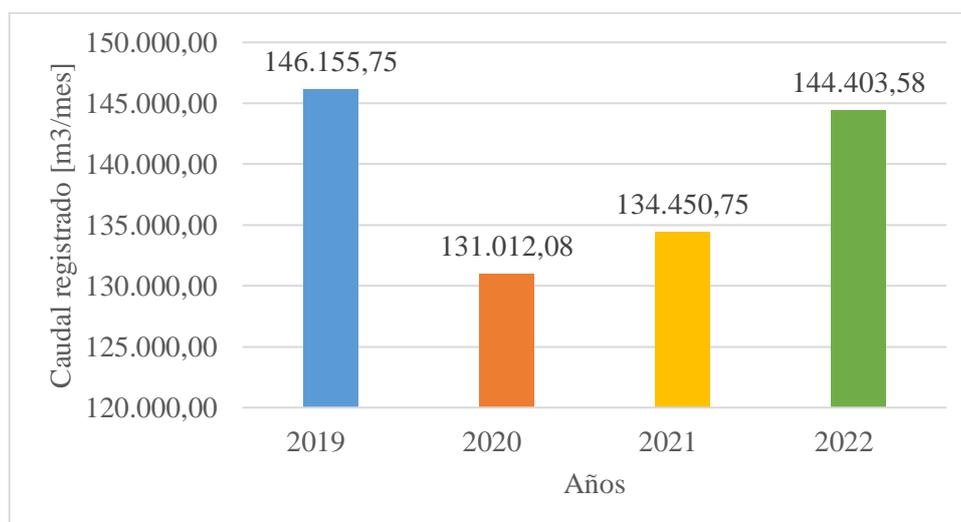


Figura 6. Caudal promedio registrado anual

3.6.3 Registro de caudales incontrolados consumidos (Qic)

Según el estudio realizado por Cabrera et al. (1999), existen dos causas que generan el error de medida en los contadores. La primera se debe a que las fugas reflejadas en las instalaciones de los usuarios se producen por el envejecimiento de los medidores, goteos en grifos, entre otros. La segunda se evidencia por imprecisiones de medidas en los contadores. Estos errores no pueden ser despreciados, ya que podrían llegar a alcanzar valores significativos. Por tal motivo, el autor acepta un subcontaje del 4% al 5% del volumen inyectado para sistemas de abastecimiento bien gestionados. En esta investigación, no se desprecia este valor y se asume un subcontaje del 5% para la elaboración del balance hídrico, como se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8.

Caudal incontrolado consumido del 2019 – 2022

Caudal incontrolado consumido [m3/mes]				
Mes	2019	2020	2021	2022
Enero	15.242,40	15.242,40	15.242,40	15.242,40
Febrero	13.767,33	14.259,02	13.767,33	13.767,33
Marzo	15.242,40	15.242,40	15.242,40	15.242,40
Abril	14.750,71	14.750,71	14.750,71	14.750,71
Mayo	15.242,40	15.242,40	15.242,40	15.242,40
Junio	14.750,71	14.750,71	14.750,71	14.750,71
Julio	15.242,40	15.242,40	15.242,40	15.242,40
Agosto	15.242,40	15.242,40	15.242,40	15.242,40
Septiembre	14.750,71	14.750,71	14.750,71	14.750,71
Octubre	15.242,40	15.242,40	15.242,40	15.242,40
Noviembre	14.750,71	14.750,71	14.750,71	14.750,71
Diciembre	15.242,40	15.242,40	15.242,40	15.242,40
TOTAL	179.466,97	179.958,66	179.466,97	179.466,97

Es de suma importancia recalcar que se tiene caudales iguales en los meses de los diferentes años de estudio, debido a que se usa un caudal inyectado constante para todos los años. Se tomó una relación del caudal inyectado en base a la cantidad de días de cada mes. La única razón por la que cambia en febrero del año 2020 es porque es un año bisiesto.

3.7 Rendimientos volumétricos porcentuales

Según Cabrera et al. (1999) el rendimiento volumétrico porcentual es un indicador de eficiencia hídrica que considera una red de distribución de agua potable, estos son clasificados como rendimiento global del sistema, rendimiento de la red y como rendimientos de medición, dichos rendimientos porcentuales dependen de la mayoría de los caudales mencionados en el balance hídrico.

A continuación, se describen cada uno de estos rendimientos.

Rendimiento global del sistema (η_s): Este rendimiento comprende la relación que existe entre el caudal registrado y el caudal total inyectado al sistema de distribución.

$$\eta_s = \frac{Q_r}{Q} \quad (4)$$

Rendimiento de la red (η_r): Se determina a través de la relación entre el caudal suministrado a los usuarios y el caudal total inyectado al sistema de distribución.

$$\eta_r = \frac{Q_s}{Q} \quad (5)$$

Rendimiento de medición (η_g): Se determina como el cociente entre el caudal registrado y el caudal suministrado al sistema.

$$\eta_g = \frac{Q_r}{Q_s} \quad (6)$$

En función del valor del rendimiento global porcentual se puede calificar la gestión de un abastecimiento de agua potable mediante la siguiente tabla:

Tabla 9.

Calificación de gestión en función del rango del rendimiento global porcentual del sistema

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
$0,5 < \eta_s$	Inaceptable

Fuente: (Cabrera et al., 1999)

3.8 Índice de agua no contabilizada

El índice de agua no contabilizada es un indicador que refleja el porcentaje de agua que se pierde mediante la distribución del caudal inyectado hasta la llegada a las acometidas domiciliarias (ARCA, 2020).

Según el ARCA (2020) el índice de agua no contabilizada (%IANC) depende del volumen de agua suministrado al sistema (V_s) y del volumen registrado (V_r), y este porcentaje se puede obtener mediante la siguiente ecuación.

$$\%IANC = \frac{V_s - V_r}{V_s} * 100 \quad (7)$$

3.9 Proceso de identificación de zonas con mayor incidencia de fugas en la red de distribución

La página oficial del GAD Baños de Agua Santa realiza publicaciones de los acontecimientos suscitados continuamente en el cantón. Para esta investigación, se utilizaron los reportes de fugas de agua potable de los últimos cuatro años (2019-2022), a fin de identificar los sectores críticos.

Esta información recolectada dispone de un formato en el que se encuentran datos acerca de la fecha, la ubicación, la causa y el tiempo de reparación del suceso ocurrido, tal y como se puede apreciar en el Anexo 2, Anexo 3, Anexo 4 y Anexo 5.

3.10 Recopilación de información in situ para el control y reparación de fugas

Las tareas de control y reparación de fugas de agua potable son atendidas por el personal municipal del Cantón Baños de Agua Santa, y son informadas a la ciudadanía mediante las entidades de Saneamiento Ambiental y la Jefatura de Agua Potable del GAD Baños de Agua Santa a través de la página oficial GAD Baños de Agua Santa 2019 – 2023.

Se procede a identificar mediante visitas in situ los procesos de operación y mantenimiento de las fugas en las redes de abastecimiento, para ello se elabora la siguiente ficha técnica.

FICHA DE VISITA DE CAMPO PARA LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE FUGAS					
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
1. Información general					
Fecha	Ubicación	Red	Causa de la fuga	Personal a cargo	Tiempo de reparación

Figura 7. Ficha de visita de campo

CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

En este capítulo se presentan y detallan los resultados obtenidos luego de realizar el balance hídrico técnico general de los cuatro años en estudio de la red de abastecimiento de agua potable a partir de los datos entregados por el GADM de Baños de Agua Santa y los departamentos encargados del recurso hídrico.

4.1.1 Balance hídrico técnico

En la Tabla 10, Tabla 11, Tabla 12 y Tabla 13 se puede evidenciar el análisis realizado mediante el balance hídrico de los años en estudio a partir de los datos registrados como caudales inyectados, registrados, incontrolados consumidos, para así obtener caudales incontrolados y caudales fugados de la red de abastecimiento del cantón Baños de Agua Santa.

Tabla 10.*Resultados del balance hídrico técnico mensual del año 2019*

MES	Caudal inyectado	caudal registrado	Caudal incontrolado consumido	Caudal incontrolado	Caudal fugado	Porcentaje caudal fugado
	[Q]	[Qr]	[Qic]	[Qi]	[Qf]	[Qf]
	[m3/mes]	[m3/mes]	[m3/mes]	[m3/mes]	[m3/mes]	%
Enero	304.848,00	146.939,00	15.242,40	157.909,00	142.666,60	46,80%
Febrero	275.346,58	134.200,00	13.767,33	141.146,58	127.379,25	46,26%
Marzo	304.848,00	162.067,00	15.242,40	142.781,00	127.538,60	41,84%
Abril	295.014,19	134.568,00	14.750,71	160.446,19	145.695,48	49,39%
Mayo	304.848,00	161.110,00	15.242,40	143.738,00	128.495,60	42,15%
Junio	295.014,19	133.617,00	14.750,71	161.397,19	146.646,48	49,71%
Julio	304.848,00	158.266,00	15.242,40	146.582,00	131.339,60	43,08%
Agosto	304.848,00	146.105,00	15.242,40	158.743,00	143.500,60	47,07%
Septiembre	295.014,19	160.004,00	14.750,71	135.010,19	120.259,48	40,76%
Octubre	304.848,00	128.654,00	15.242,40	176.194,00	160.951,60	52,80%
Noviembre	295.014,19	146.266,00	14.750,71	148.748,19	133.997,48	45,42%
Diciembre	304.848,00	142.073,00	15.242,40	162.775,00	147.532,60	48,40%
Total/ Año	3.589.339,35	1.753.869,00	179.466,97	1.835.470,35	1.656.003,39	46,14%

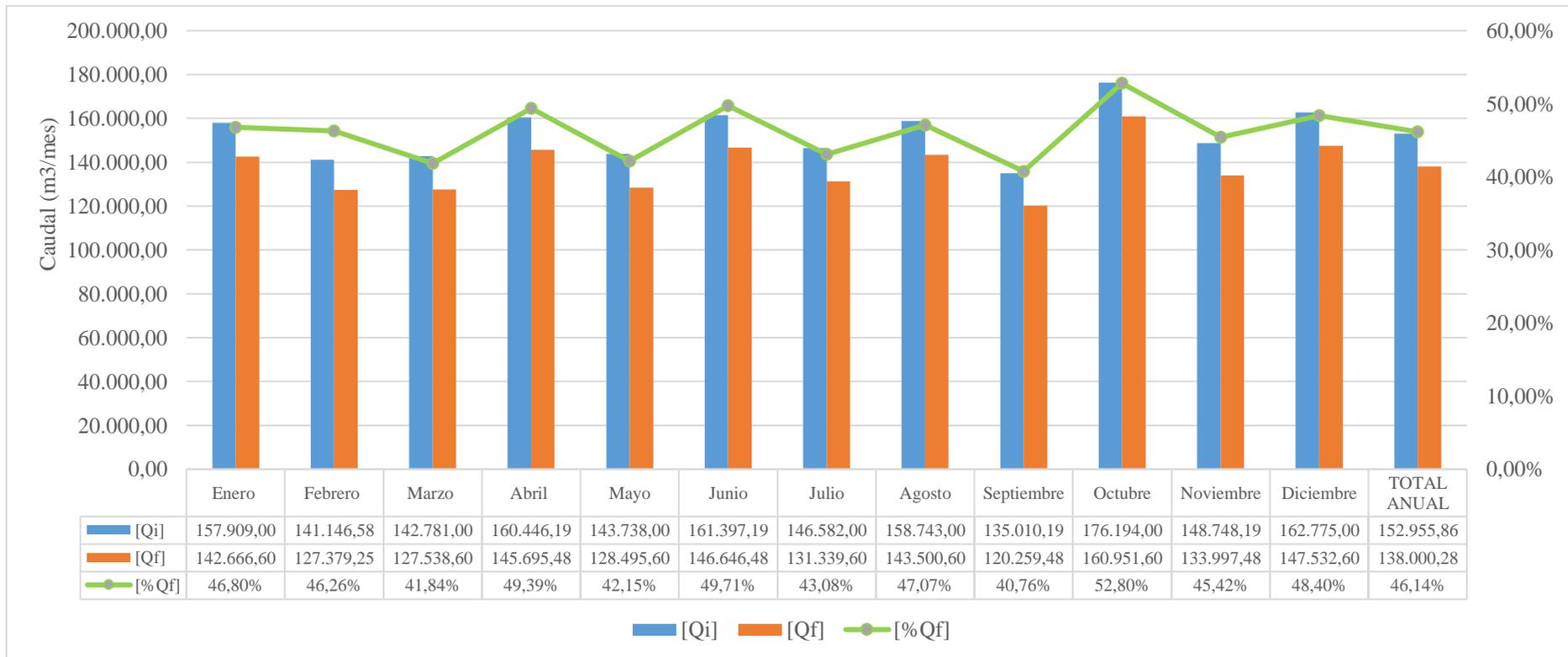


Figura 8. Caudal incontrolado y fugado mensual del año 2019

Tabla 11.*Resultados del balance hídrico técnico mensual del año 2020*

MES	Caudal inyectado	caudal registrado	Caudal incontrolado consumido	Caudal incontrolado	Caudal fugado	Porcentaje caudal fugado
	[Q]	[Qr]	[Qic]	[Qi]	[Qf]	[Qf]
	[m3/mes]	[m3/mes]	[m3/mes]	[m3/mes]	[m3/mes]	%
Enero	304.848,00	168.536,00	15.242,40	136.312,00	121.069,60	39,71%
Febrero	285.180,39	132.264,00	14.259,02	152.916,39	138.657,37	48,62%
Marzo	304.848,00	142.449,00	15.242,40	162.399,00	147.156,60	48,27%
Abril	295.014,19	147.072,00	14.750,71	147.942,19	133.191,48	45,15%
Mayo	304.848,00	106.399,00	15.242,40	198.449,00	183.206,60	60,10%
Junio	295.014,19	125.620,00	14.750,71	169.394,19	154.643,48	52,42%
Julio	304.848,00	118.286,00	15.242,40	186.562,00	171.319,60	56,20%
Agosto	304.848,00	127.913,00	15.242,40	176.935,00	161.692,60	53,04%
Septiembre	295.014,19	106.842,00	14.750,71	188.172,19	173.421,48	58,78%
Octubre	304.848,00	140.570,00	15.242,40	164.278,00	149.035,60	48,89%
Noviembre	295.014,19	145.113,00	14.750,71	149.901,19	135.150,48	45,81%
Diciembre	304.848,00	111.081,00	15.242,40	193.767,00	178.524,60	58,56%
Total/ Año	3.599.173,16	1.572.145,00	179.958,66	2.027.028,16	1.847.069,50	51,30%

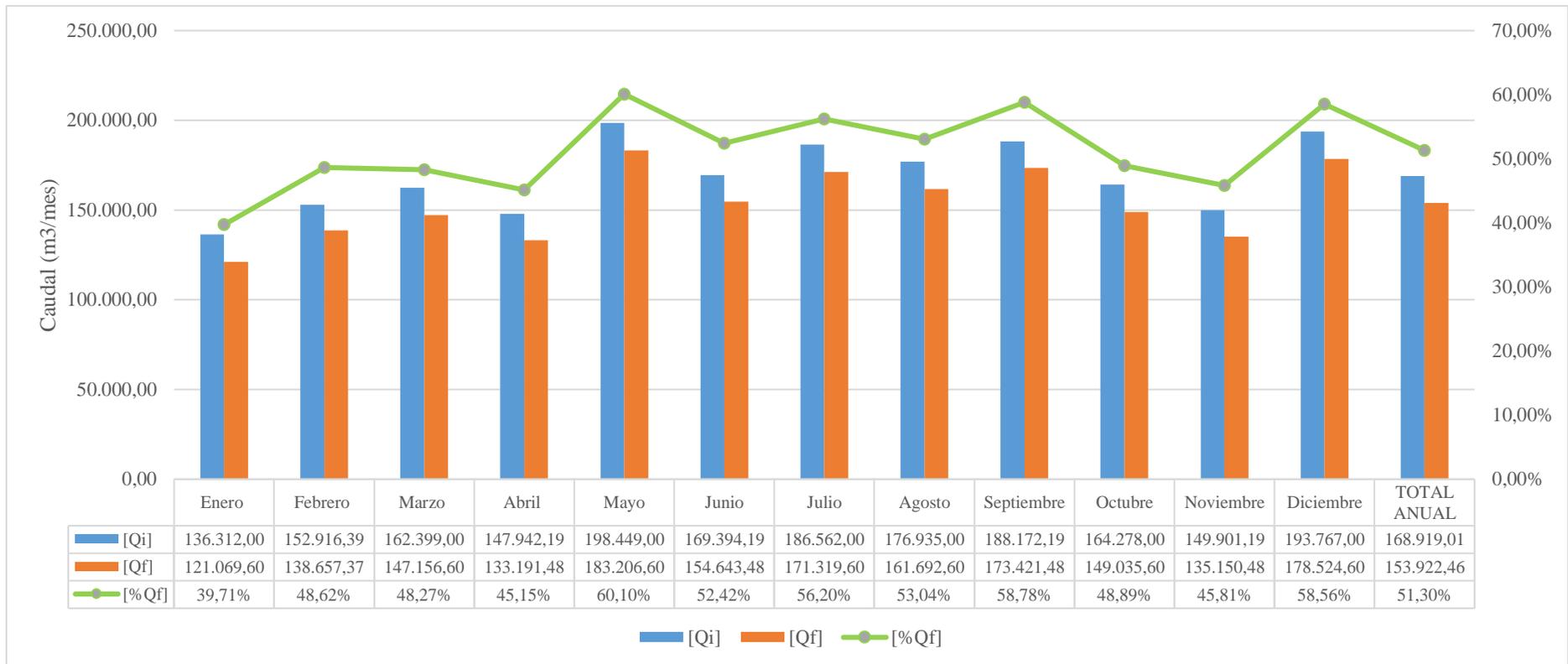


Figura 9. Caudal incontrolado y fugado mensual del año 2020

Tabla 12.*Resultados del balance hídrico técnico mensual del año 2021*

MES	Caudal inyectado	caudal registrado	Caudal incontrolado consumido	Caudal incontrolado	Caudal fugado	Porcentaje caudal fugado
	[Q]	[Qr]	[Qic]	[Qi]	[Qf]	[Qf]
	[m3/mes]	[m3/mes]	[m3/mes]	[m3/mes]	[m3/mes]	%
Enero	304.848,00	150.045,00	15.242,40	154.803,00	139.560,60	45,78%
Febrero	275.346,58	127.792,00	13.767,33	147.554,58	133.787,25	48,59%
Marzo	304.848,00	120.163,00	15.242,40	184.685,00	169.442,60	55,58%
Abril	295.014,19	136.484,00	14.750,71	158.530,19	143.779,48	48,74%
Mayo	304.848,00	115.975,00	15.242,40	188.873,00	173.630,60	56,96%
Junio	295.014,19	122.459,00	14.750,71	172.555,19	157.804,48	53,49%
Julio	304.848,00	140.117,00	15.242,40	164.731,00	149.488,60	49,04%
Agosto	304.848,00	141.035,00	15.242,40	163.813,00	148.570,60	48,74%
Septiembre	295.014,19	141.683,00	14.750,71	153.331,19	138.580,48	46,97%
Octubre	304.848,00	144.336,00	15.242,40	160.512,00	145.269,60	47,65%
Noviembre	295.014,19	145.658,00	14.750,71	149.356,19	134.605,48	45,63%
Diciembre	304.848,00	127.662,00	15.242,40	177.186,00	161.943,60	53,12%
Total/ Año	3.589.339,35	1.613.409,00	179.466,97	1.975.930,35	1.796.463,39	50,02%

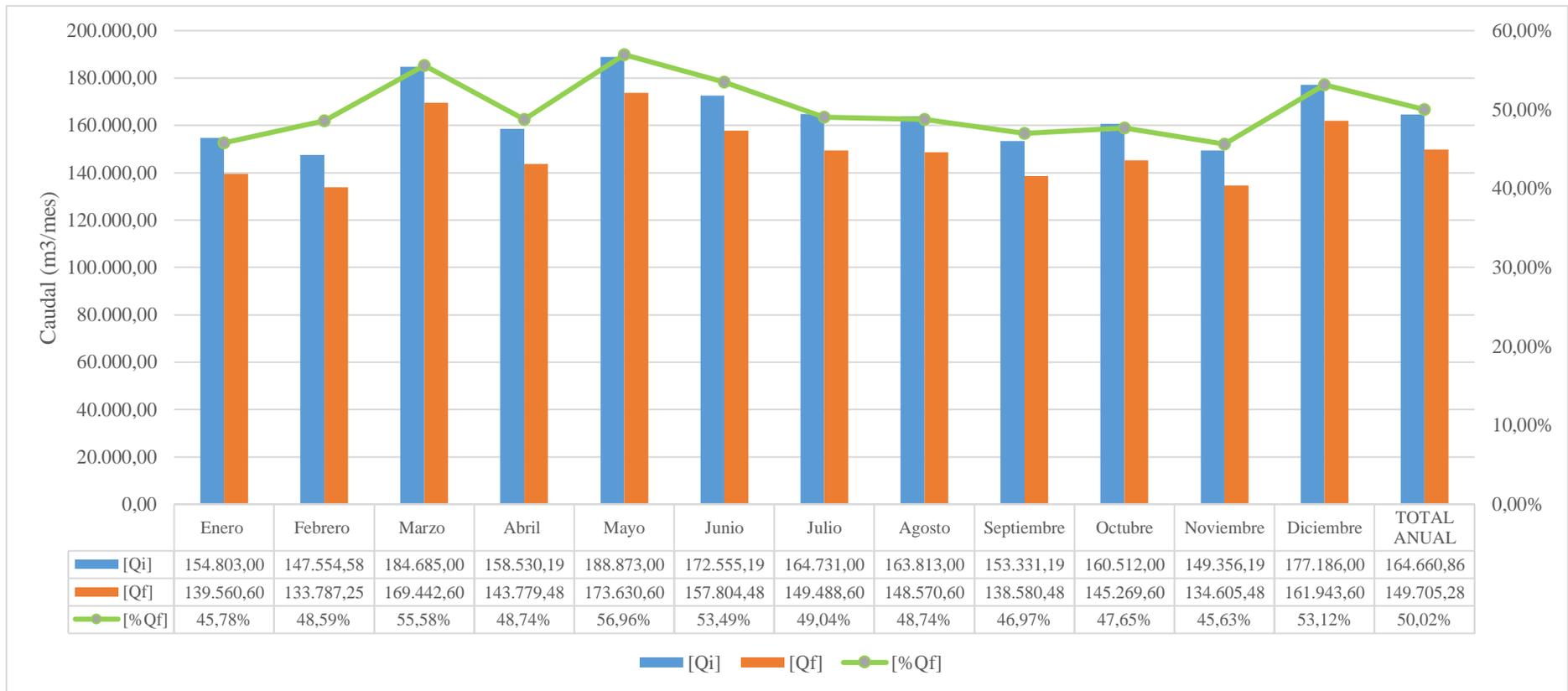


Figura 10. Caudal incontrolado y fugado mensual del año 2021

Tabla 13.*Resultados del balance hídrico técnico mensual del año 2022*

MES	Caudal inyectado	caudal registrado	Caudal incontrolado consumido	Caudal incontrolado	Caudal fugado	Porcentaje caudal fugado
	[Q]	[Qr]	[Qic]	[Qi]	[Qf]	[Qf]
	[m3/mes]	[m3/mes]	[m3/mes]	[m3/mes]	[m3/mes]	%
Enero	30.4848,00	15.4460,00	15.242,40	150.388,00	135.145,60	44,33%
Febrero	27.5346,58	13.8970,00	13.767,33	136.376,58	122.609,25	44,53%
Marzo	30.4848,00	14.5838,00	15.242,40	159.010,00	143.767,60	47,16%
Abril	29.5014,19	14.6005,00	14.750,71	149.009,19	134.258,48	45,51%
Mayo	30.4848,00	14.0861,00	15.242,40	163.987,00	148.744,60	48,79%
Junio	29.5014,19	14.6997,00	14.750,71	148.017,19	133.266,48	45,17%
Julio	30.4848,00	13.0809,00	15.242,40	174.039,00	158.796,60	52,09%
Agosto	30.4848,00	13.6345,00	15.242,40	168.503,00	153.260,60	50,27%
Septiembre	29.5014,19	15.5219,00	14.750,71	139.795,19	125.044,48	42,39%
Octubre	30.4848,00	14.9892,00	15.242,40	154.956,00	139.713,60	45,83%
Noviembre	29.5014,19	14.2705,00	14.750,71	152.309,19	137.558,48	46,63%
Diciembre	30.4848,00	14.4742,00	15.242,40	160.106,00	144.863,60	47,52%
Total/ Año	3.589.339,35	1.732.843,00	179.466,97	1.856.496,35	1.677.029,39	46,69%

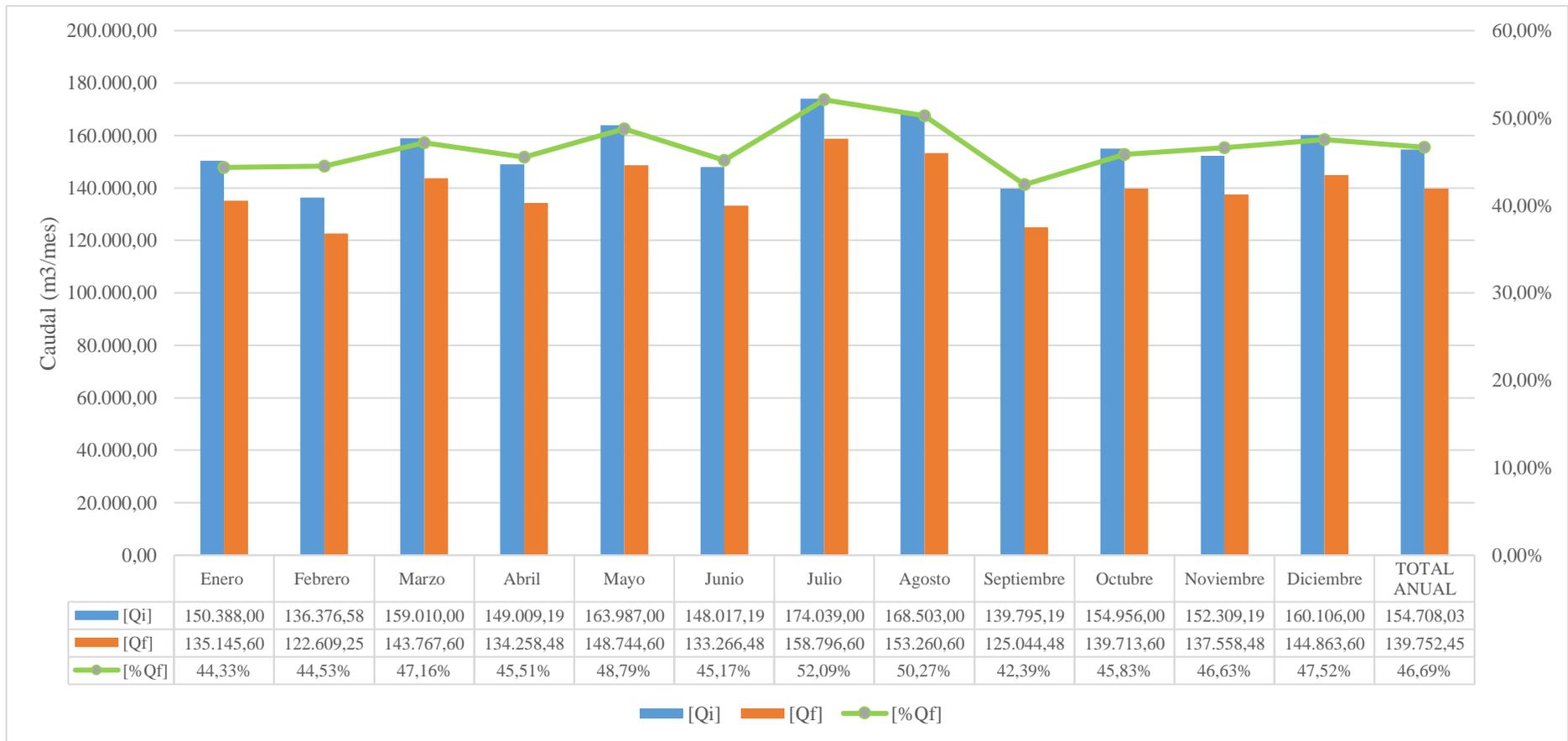


Figura 11. Caudal incontrolado y fugado mensual del año 2022

Luego de realizar el balance hídrico en 2019, se obtuvo un promedio mensual de caudal fugado de 138.000,28 m³/mes, lo que representa un 46,14% de agua fugada. El pico más alto de caudal fugado se registró en octubre con 160.951,60 m³/mes, mientras que el más bajo se registró en marzo con 120.259,48 m³/mes. En 2020, el promedio mensual de caudal fugado fue de 153.922,46 m³/mes, lo que representa un 51,30% de agua fugada. El pico más alto de caudal fugado se registró en mayo con 183.206,60 m³/mes, mientras que el más bajo se registró en enero con 121.069,60 m³/mes. En 2021, el promedio mensual de caudal fugado fue de 149.705,28 m³/mes, lo que representa un 50,02% de agua fugada. El pico más alto de caudal fugado se registró en mayo con 173.630,60 m³/mes, mientras que el más bajo se registró en noviembre con 134.605,48 m³/mes. Finalmente, en 2022, el promedio mensual de caudal fugado fue de 139.752,45 m³/mes, lo que representa un 46,69% de agua fugada. El pico más alto de caudal fugado se registró en julio con 158.796,60 m³/mes, mientras que el más bajo se registró en septiembre con 125.044,48 m³/mes.

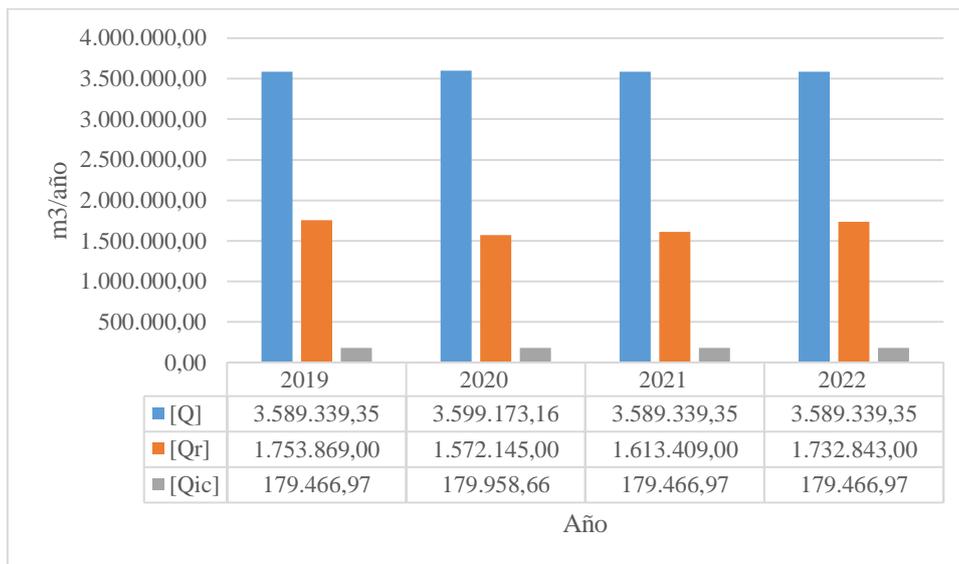


Figura 12. Caudales totales registrados del año 2019 al 2022

Como se puede observar en la Figura 12 se muestra un resumen de los caudales totales registrados de los años en estudio, donde se tiene como valores máximos un caudal total inyectado de 3.599.173,16 m³/año en el 2020, un caudal máximo registrado de 1.753.869,00 m³/año en el 2019 y un caudal incontrolado consumido de 179.958,66 m³/año en el 2020.

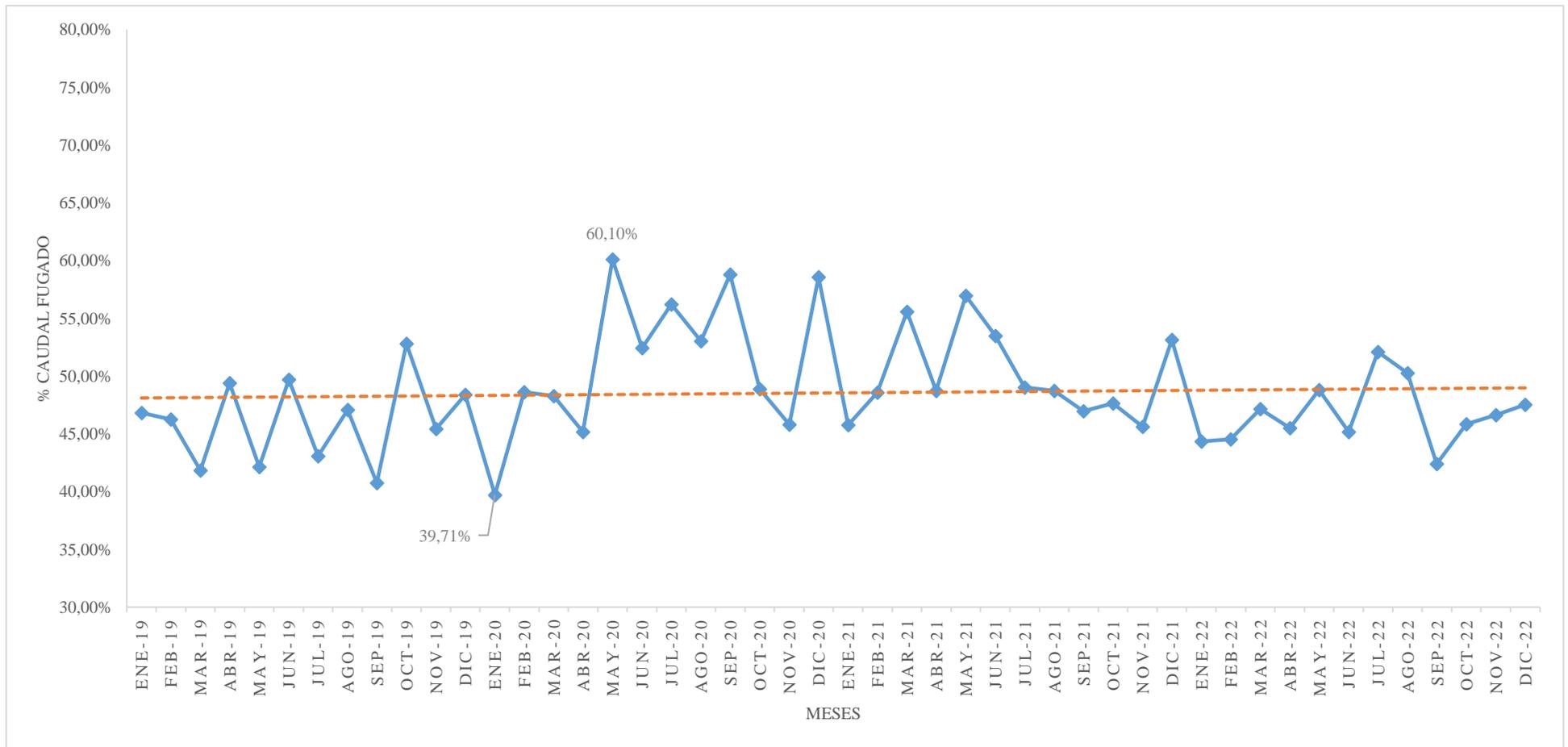


Figura 13. Porcentaje mensual de caudal fugado de los años en estudio

En la Figura 13 se puede evidenciar el porcentaje mensual de caudal fugado de los meses en estudio, es decir desde enero del 2019 a diciembre del 2022, donde podemos observar que en el año 2020 se tiene el porcentaje más alto en cuanto a dicho caudal, el cual corresponde al mes de mayo con un 60,10% además en el mismo año se encuentra el caudal más bajo correspondiente al mes de enero con un 39,71% de caudal fugado, también se puede evidenciar que el promedio de porcentaje de caudal fugado de los meses en estudio es de 48,56%.



Figura 14. Porcentaje y volumen anual de caudal fugado

Para corroborar con lo antes mencionado se presenta en la Figura 14 el total de caudal fugado y el porcentaje promedio de caudal fugado de cada año en estudio donde se puede reflejar que en el año 2020 existe la mayor cantidad de agua fugada con 1.847.069,50 m³/año el cual representa un 51,30% y el año con menos cantidad de agua fugada es el 2019 con 1.656.003,39 m³/año el cual representa un 46,14%, también se puede ver que todos los años se encuentran alrededor del 50% de agua fugada, es decir más o menos la mitad de agua inyectada en la red de abastecimiento del cantón Baños de Agua Santa es desperdiciada.

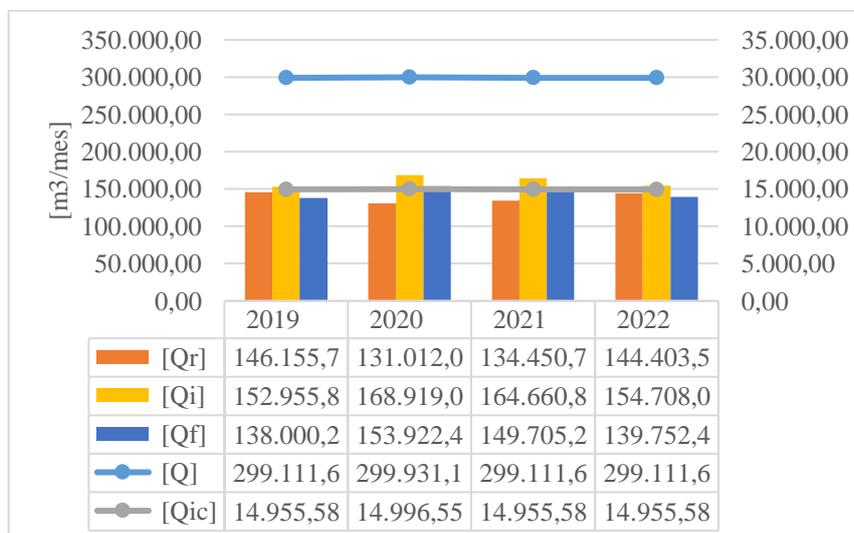


Figura 15. Balance hídrico técnico

Luego de realizar el balance hídrico técnico de cada año se ha obtenido un promedio mensual. En la Figura 15 se puede evidenciar que el caudal inyectado es constante para todos los años, ya que la institución no cuenta con macromedidores en las entradas de cada red de distribución.

Además, se puede observar que la mayor cantidad de volumen registrado se da en el año 2019 con 146.155,75 m³/mes y el mayor valor de volumen de agua incontrolado consumido se da en el año 2020 con 14.996,55 m³/mes. Los datos máximos de caudal incontrolado se tienen en el año 2020 con 168.919,01 m³/mes y, por ende, el caudal fugado máximo se da en el mismo año con 153.922,46 m³/mes. Asimismo, se puede evidenciar que los valores de los caudales comparados entre los años en estudio no tienen gran diferencia, es decir, se mantienen en un mismo rango.

4.1.2 Índice de agua no contabilizada (IANC)

Es de mucha importancia determinar el índice de agua no contabilizada anual del cantón en estudio debido a que por medio de este valor se puede categorizar en función de los rangos de desempeño que establece la Agencia de Regulación y Control del Agua.

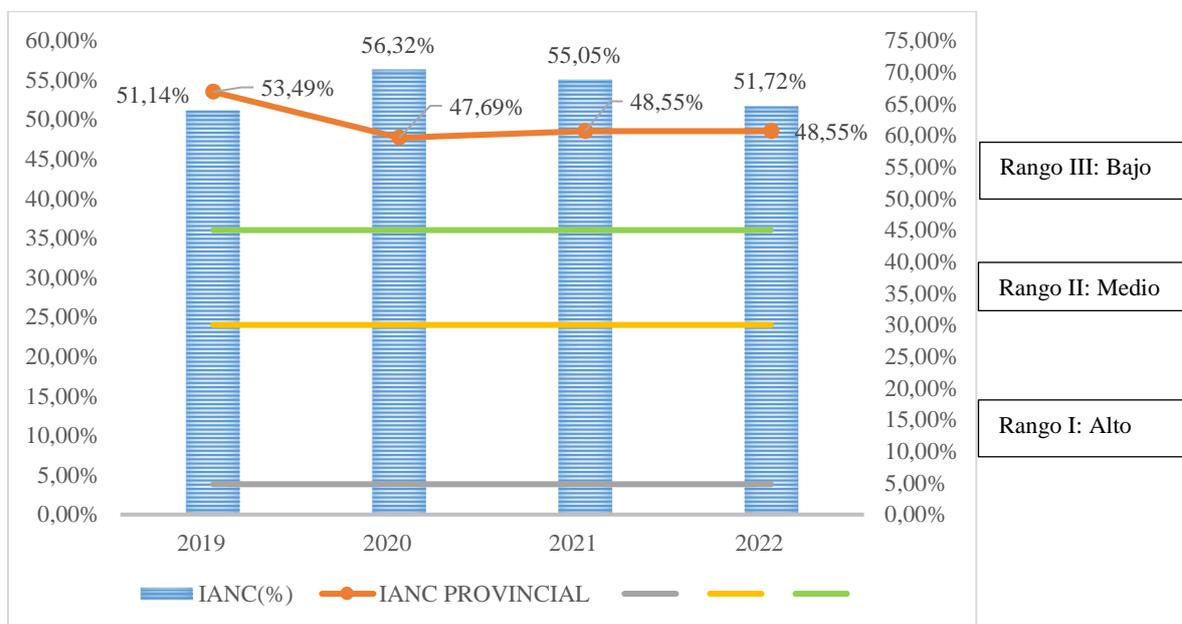


Figura 16. Porcentaje de agua no contabilizada

En la Figura 16 se puede evidenciar el porcentaje de agua no contabilizada de los cuatro años, haciendo un análisis se puede decir que el porcentaje promedio anual del año 2019 se encuentra por debajo del porcentaje provincial, en cambio los demás años superan al porcentaje promedio anual de agua no contabilizada de la provincia de Tungurahua presentada por el ARCA, teniendo como mayor porcentaje de agua no contabilizada en el año 2020 con un 56,32%, además con el análisis de este indicador podemos decir que los datos obtenidos se encuentran en el rango III, lo que nos indica que su desempeño es “Bajo” de acuerdo a la regulación 003 presentada por el ARCA, estos resultados concuerdan con el porcentaje promedio anual de agua no contabilizada presentada por el ARCA de la provincia de Tungurahua.

4.1.3 Rendimientos hídricos porcentuales

Con los datos obtenidos en el balance hídrico técnico y los datos entregados por la entidad encargada podemos determinar los rendimientos volumétricos porcentuales, lo que nos permite caracterizar la eficiencia hídrica de la red de abastecimiento de agua potable del cantón y calificar la gestión del abastecimiento de la entidad encargada.

Tabla 14.

Rendimientos volumétricos porcentuales anuales.

AÑO	Rendimiento global	Rendimiento de la red	Rendimiento de la medición
	[η_s]	[η_r]	[η_g]
2019	48,86%	53,86%	90,72%
2020	43,68%	48,68%	89,73%
2021	44,95%	49,95%	89,99%
2022	48,28%	53,28%	90,62%

En la Tabla 14 se puede evidenciar los rendimientos hídricos porcentuales en la cual el rendimiento de la red en cada año de estudio rodea el 50% siendo el mayor en el año 2019 con un 53,86% y el menor en el año 2020 con un 48,68%.

Además, se observa que el rendimiento global de cada año tanto en la Tabla 14 como en la Figura 17, según Cabrera et al. (1999) se puede calificar a la red de abastecimiento en cada uno de los años como “INACEPTABLE” debido a que luego de realizar el cálculo se obtuvo en cada año un porcentaje menor al 50%, siendo el mayor en el año 2019 con un 48,86% y el menor en el 2020 con un 43,68%.

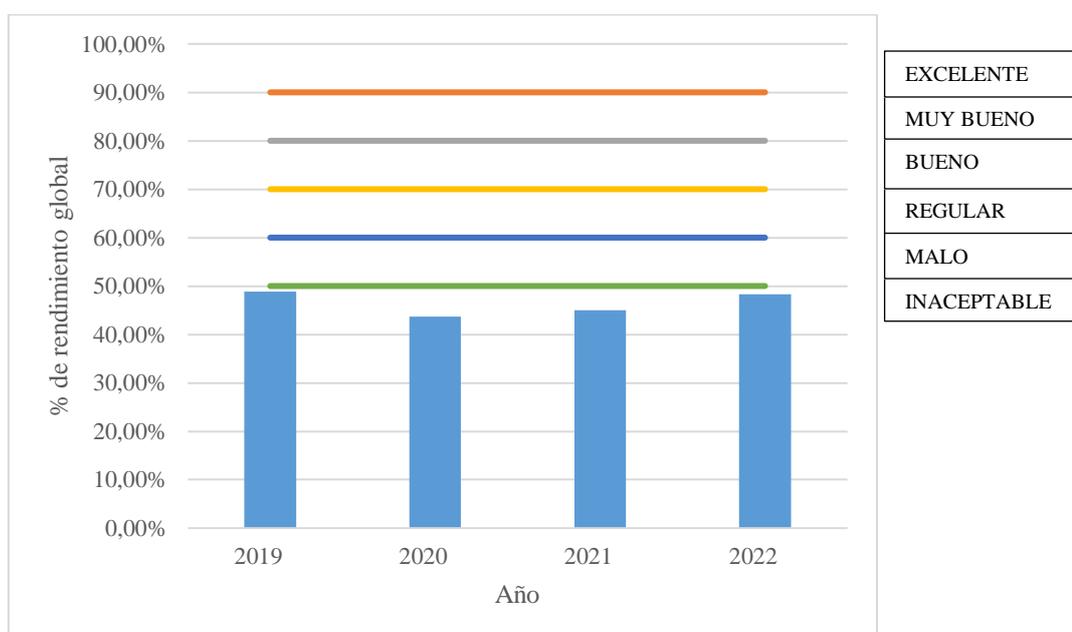


Figura 17. Rendimiento global anual

4.1.4 Afectación económica

Para determinar la afectación económica que produce el agua fugada se utilizará el valor de la tarifa básica residencial del cantón Baños de Agua Santa, este valor oscila entre 1,95 dólares por cada 20 m³, teniendo en cuenta que este valor es muy bajo y no varía mucho para cada año. Con este análisis se logra obtener una estimación del valor económico que se pierde por parte de las entidades encargadas.

Tabla 15.

Incidencia económica anual y diaria del agua fugada

AÑO	Volumen fugado [m ³ /año]	Tarifa básica [USD/m ³]	Pérdida anual [USD]	Pérdida diaria [USD]
2019	1.656.003,39	0,09	155.664,32	426,48
2020	1.847.069,50	0,10	180.089,28	492,05
2021	1.796.463,39	0,10	184.137,50	504,49
2022	1.677.029,39	0,11	183.634,72	503,11

Luego de haber realizado la multiplicación del volumen de agua fugada total en cada año por la tarifa básica como se muestra en la Tabla 15 se obtuvo las pérdidas anuales de los años en estudio como se puede evidenciar en la Figura 18, el año con menor pérdidas económicas es en el 2019 con un total de \$155.664,32 generando una pérdida diaria de \$426,48 y el año con mayores pérdidas económicas es en el 2021 con un total de \$184.137,50 generando una pérdida diaria de \$504,49.

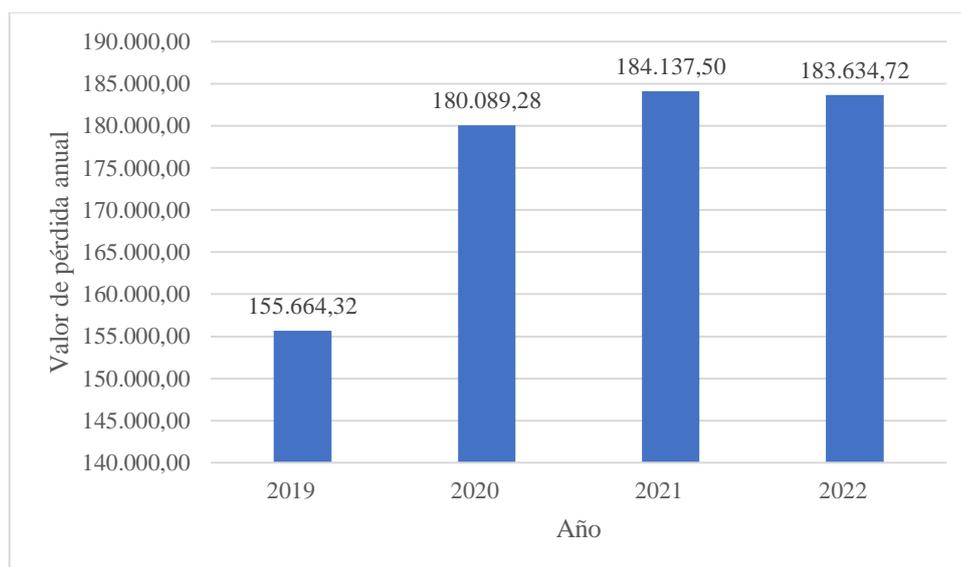


Figura 18. *Pérdidas económicas por año*

Al darnos cuenta de que la afectación económica es muy elevada en el cantón, se procedió a realizar una estimación de cuántas personas pueden ser abastecidas con el agua fugada si esta se pudiera volver a recuperar o si se pudieran evitar las fugas a futuro, para esto se usarán los siguientes datos:

Según el GADM Baños de Agua Santa (2019) la dotación del cantón es de 220 l/hab/día, también consideramos que el sistema no se desarrolla de forma ideal, es decir que la red de abastecimiento de agua potable tendrá un cierto porcentaje de agua no contabilizada, por lo que nos acogemos a lo que presenta el ARCA donde menciona que cualquier sistema de agua potable va a tener alrededor de un 30% de agua no contabilizada, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 16.

Estimación de habitantes que podrían ser beneficiados con el volumen fugado

Volumen fugado	Dotación	Habitantes	Usuarios
[Qf]			
[l/día]	[l/hab/día]	[hab]	[familias]
3.344.928,74	220,00	15.204,22	4.109,25

Como se puede observar en la Tabla 16, con el caudal fugado de 3.344.928,74 l/día ya tomándose en cuenta un porcentaje del 30% de agua no contabilizada se puede abastecer a 15.204 habitantes o a 4.109 familias del cantón Baños de Agua Santa.

4.1.5 Zonas con mayor incidencia de fugas en la red de abastecimiento de agua potable

Para la identificación de las zonas con mayor incidencia de fugas en la red de distribución de agua potable se consideran los registros de los años comprendidos entre 2019 – 2022 tal como se refleja en el apartado de ANEXOS como Anexo 2, Anexo 3, Anexo 4 y Anexo 5, para ello se procede a situar en un mapa las fugas atendidas por el personal municipal del cantón Baños de Agua Santa.

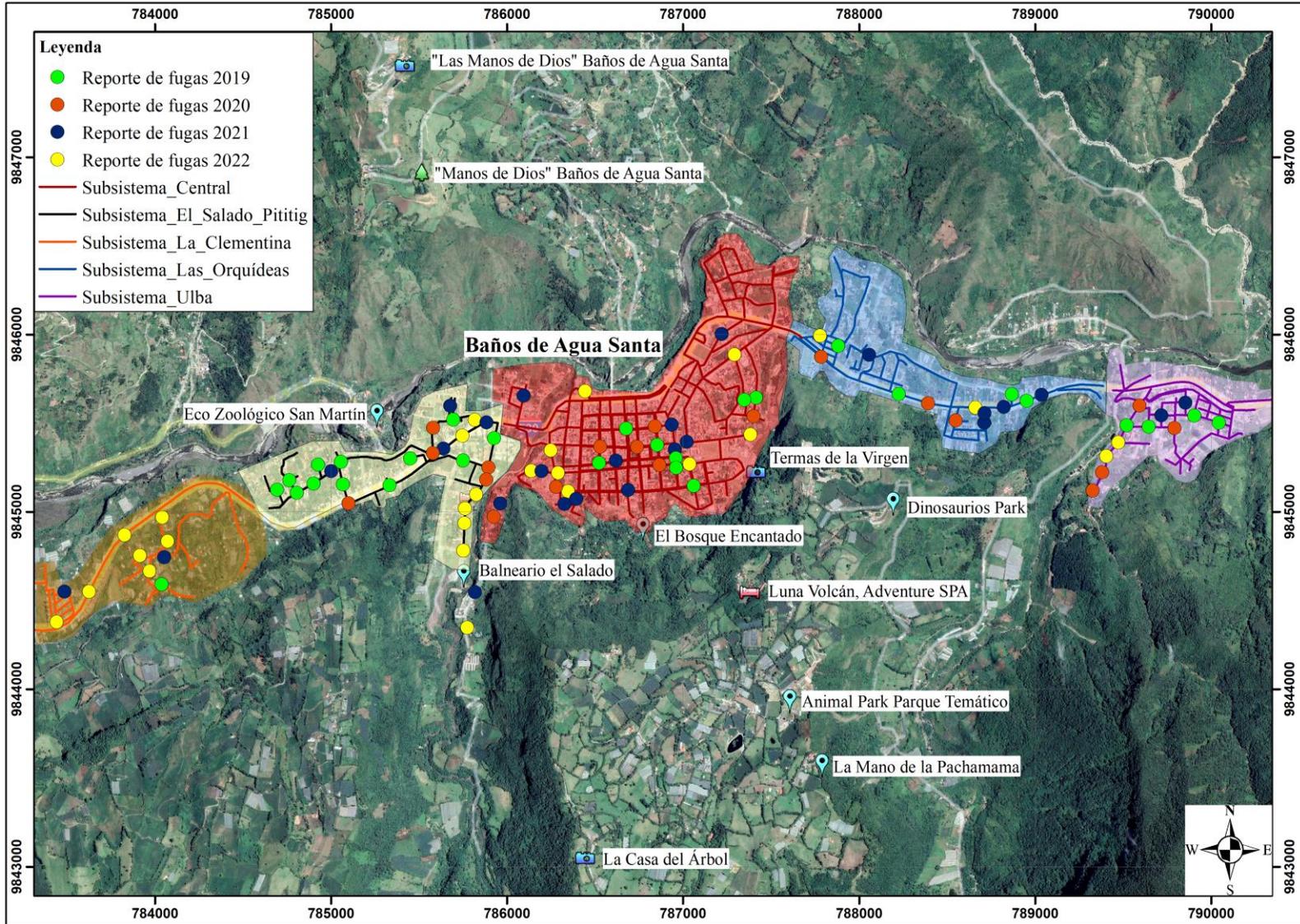


Figura 19. Reporte de fugas en el Cantón Baños de Agua Santa 2019 – 2022

La Figura 19 representa el historial de fugas que se han suscitado en los cuatro años de estudio, este historial muestra el reporte de fugas de gran magnitud y por consiguiente no contemplan las fugas de baja intensidad.

Estas fugas por lo general son producidas por daños en las válvulas, roturas de tuberías principales, roturas en las redes de distribución, deslizamientos de materiales, daños en los micromedidores, daños en las líneas de captación y también por el uso de maquinarias pesadas por trabajos particulares.

Mediante el análisis de la Figura 19 se determinó la cantidad de fugas reportadas en cada subsistema tal y como se muestra en la Figura 20.

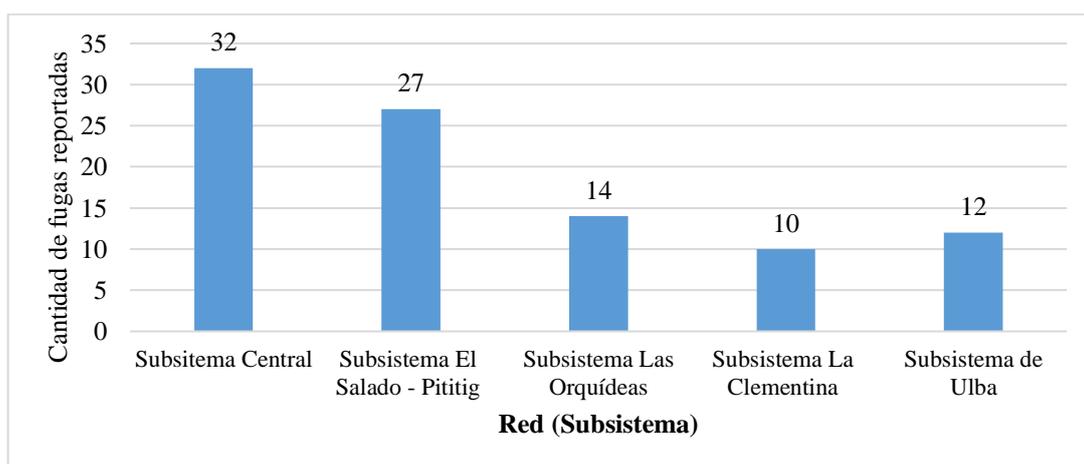


Figura 20. Reporte de fugas por redes de abastecimiento del cantón

Los 4 reportes de fugas que no se encuentran dentro de los cinco subsistemas de abastecimiento de agua potable, se las considera como fugas en las redes de conducción desde la captación hacia los tanques reservorios, que por lo general son tuberías de mayor diámetro.

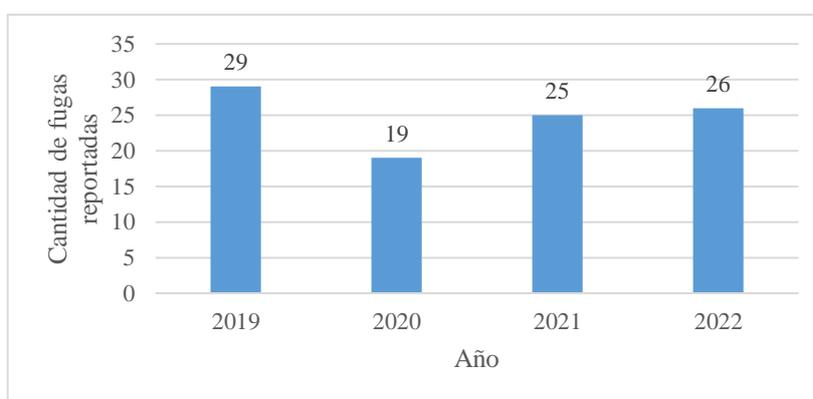


Figura 21. Reporte de fugas por años de estudio

La Figura 21 refleja el reporte de fugas de los cuatro años, donde se puede evidenciar que en el año 2019 presenta la mayor cantidad con 29 fugas registradas y en el año 2020 se presenta la menor cantidad con 19 fugas registradas.

4.1.6 Monitoreo y reparación de fugas

En cuanto al procedimiento de atención de fugas que maneja las autoridades competentes, se basa en una queja o informe por parte de los usuarios en la Jefatura de Agua Potable. Una vez que el pedido ha sido realizado las autoridades envían al personal técnico a realizar una inspección en el lugar para determinar el daño existente. La reparación de los daños por lo general conlleva un tiempo de 2 a 4 horas, según el nivel de complejidad.

La institución solo maneja registros diarios de las actividades que realiza el personal técnico. A continuación, se muestra el procedimiento para el monitoreo y reparación de fugas:

1. Recepción de reportes por parte de los usuarios en la Jefatura de Agua Potable (Presencial o Telefónicamente).
2. Envío del personal técnico para realizar una inspección en el lugar y determinar el daño existente.
3. Reparación de los daños (cierre de válvulas del sistema de agua potable, reparación de la fuga y apertura de las válvulas).

4.1.7 Implementación de soluciones para la adecuada gestión de fugas en el cantón Baños de Agua Santa

Bajo los resultados obtenidos se considera que el cantón posee alrededor de un 50 % de agua desperdiciada, y que las causas principales se deben a roturas en tuberías matrices, por consiguiente, requieren de una atención primordial y sobre todo considerar acciones correctivas. Es por esta razón que se plantea un plan de mejora para reducir las fugas que se producen continuamente.



Actualización continua de los planos de cada subsistema de distribución y limitarlas mediante sectores.



Instalación de macromedidores a cada subsistema, situarlas en las salidas de los tanques reservorios para conocer el volumen inyectado a la red.



Adquirir equipos para la localización de las fugas y usar tecnologías como softwares de monitoreo o sensores remotos.



Diagnosticar continuamente el volumen de agua desperdiciada de cada subsistema mediante balances hídricos.



Controlar la presión mediante válvulas reductoras y sostenedoras de presión, para evitar mayores pérdidas y mayores consumos de agua.



Aplicar mantenimientos preventivos constantes en las conexiones domiciliarias, tuberías, válvulas, y en los instrumentos de localización de fugas.



Implementar registros de operaciones y mantenimientos de las pérdidas de agua, para identificar las zonas más afectadas.

Figura 22. Acciones para el control de pérdidas de agua

Estas acciones permitirán reducir la cantidad de pérdidas de agua, como se muestra en la figura anterior. Es necesario la actualización continua de los planos de las redes de abastecimiento, esto debido a que la población con el transcurso del tiempo se va expandiendo; también se sugiere dividir cada subsistema por sectores o zonas y situar medidores en cada ingreso para medir el consumo y controlar las presiones, esta acción permite tener ventajas al momento de determinar las curvas de caudales de consumos máximos horarios de una manera más precisa.

Las instalaciones de macromedidores en las entradas de cada subsistema de abastecimiento, permitirán determinar la cantidad de los grandes caudales inyectados mensualmente, este dispositivo ayudará a determinar la cantidad de agua fugada mediante el cálculo del balance hídrico de una manera más precisa.

Optar por equipos de localización de fugas, con los cuales se podrán detectar las fugas a tiempo y así facilitarán los trabajos de mantenimiento. En la actualidad existen varios equipos que realizan este tipo de trabajo, por ejemplo, existe el Geófono. Con este equipo se puede detectar fugas en tuberías de PVC y metálicas hasta una profundidad de 6 metros.

Controlar la presión en un sistema de agua potable es de suma importancia, ya que las presiones elevadas conllevan a roturas de las tuberías, empaques, válvulas y uniones; y por consiguiente esto ocasionaría mayores pérdidas de agua, es por ello que se sugiere implementar válvulas reductoras y sostenedoras de presiones para mantener la presión regulada en el sistema.

La aplicación de mantenimientos preventivos ayudará a mejorar la vida útil del sistema de agua potable, se logrará evitar roturas de los accesorios de cada subsistema y reducir costos en reparaciones.

Con la implementación de registros de operación y mantenimiento, permitirá identificar las zonas más afectadas de cada subsistema.

4.2 Discusión

En esta investigación al analizar la incidencia de fugas producidas en la red de abastecimiento de agua potable se tiene un porcentaje de caudal fugado de 48,56%, al compararlo con la última intervención del año 2002 existe una reducción del 17,44% de agua fugada, esto debido a que antes del 2002 la mayor parte de la red de abastecimiento era de asbesto cemento y en la actualidad se encuentra reemplazada con tuberías de PVC. En el año 2020 se presenta la mayor cantidad de agua fugada comparada con los demás años de estudio, debido a que el caudal registrado facturado fue mucho menor, ya que en este año se dio con mayor fuerza la pandemia producida por el COVID-19. Por este motivo el personal técnico no pudo atender a tiempo las fugas en las tuberías del sistema, en los medidores y sus lecturas respectivas del caudal consumido en los domicilios.

Con el objetivo de reconocer las zonas con mayor incidencia de fugas, los resultados reflejan que el subsistema Central, El Salado – Pititig, Las Orquídeas, La Clementina y Ulba reportan 32, 27, 14, 10 y 12 fugas de gran magnitud respectivamente en los años de estudio. Estos resultados son respaldados por GADM Baños de Agua Santa (2023), quien notifica constantemente los reportes de fugas de gran magnitud. Analizando estos resultados se puede establecer que las zonas con mayor incidencia de fugas pertenecen al subsistema Central, este subsistema abarca los barrios las Ilusiones, San José, el Recreo y la parte central más consolidada de la ciudad; El subsistema el Salado – Pititig también representa una cantidad de fugas considerables, este subsistema abarca los sectores el Salado, el Aguacatal y Pititig, los otros subsistemas tienen un reporte considerablemente bajo.

Al estimar el volumen de agua total desperdiciada del cantón en estudio mediante el balance hídrico y verificación de la pérdida económica mediante los datos de tarificación, se logró obtener un caudal inyectado de 3.591.797,81 m³ y un caudal de agua desperdiciada de 1.744.141,42 m³ anualmente, representando este valor un porcentaje de 48,56% de caudal fugado generando una pérdida económica de \$175.881,45 anualmente. Según Orna Gamboa & Zumba Pila (2023) en su investigación realizada en el cantón Tisaleo perteneciente a la provincia Tungurahua se obtiene un volumen fugado de 581100 l/día y con una dotación de 230 lt/hab/día logra obtener 2.527 habitantes los cuales se podrían abastecer de este recurso. En base a los resultados obtenidos y con una dotación de 220 lt/hab/día tomada del estudio de factibilidad y diseño del sistema de agua potable del cantón (GADM Baños de Agua Santa, 2019). Podemos establecer que el sistema de abastecimiento presenta un porcentaje considerable de agua fugada con el cual se podría abastecer a 15.204 habitantes o a 4.109 familias.

En cuanto a la determinación del proceso de operación y mantenimiento que se realizan a las fugas, se logró identificar que el tiempo que emplean el personal municipal para dichos procesos de reparaciones son aproximadamente entre 2 a 4 horas según la dificultad que estas presenten. Según Achache Carrillo & Gómez Monar (2022) en su investigación obtiene que el tiempo empleado en las reparaciones tienen un lapso de 2 a 5 horas según la gravedad y dimensión del problema. En base a lo determinado en las visitas técnicas se ve que el rango de tiempo que dura una reparación siempre depende de la dificultad que presente el problema suscitado.

Al identificar las causas y problemas por el cual se ocasionan las fugas, se obtuvo como resultado que las fugas producidas en dicho cantón son por roturas en las redes de distribución, daños en las válvulas, roturas en tuberías principales, daños en los micromedidores, uso de maquinaria pesada y por deslizamiento de materiales. Según Chacón Morocho (2022) determinó que las pérdidas de agua más relevantes se dan por roturas en las redes de distribución, en tuberías principales, por altas presiones, por válvulas extraviadas y mala calibración de micromedidores. Bajo el análisis de estos resultados confirmamos que por lo general las fugas en las redes de distribución se dan por las causas mencionadas anteriormente y que estas reducen la eficiencia de las redes de abastecimiento y por consiguiente generando pérdidas económicas para las entidades encargadas del recurso hídrico.

CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Para el cantón Baños de Agua Santa, el índice de agua no contabilizada promedio de los cuatro años es del 53,56%, lo que indica que el desempeño del sistema de abastecimiento es “Bajo” y con un rendimiento global del 46,44%, por tal motivo se califica al sistema como “Inaceptable”. Según lo determinado se puede establecer que la gestión del abastecimiento de agua potable realizada por el departamento encargado del servicio es ineficiente y requiere una intervención inmediata.

Las zonas con mayor incidencia de fugas en la red de abastecimiento de agua potable en los años de estudio son las que pertenecen al subsistema Central, con 32 reportes de gran magnitud. El subsistema el Salado-Pititig también presenta una cantidad considerable de fugas con un total de 27 reportes, los otros subsistemas tienen un reporte bajo.

El promedio del volumen de agua total desperdiciada en el cantón es de 1.744.141,42 m³ al año, este valor representa una pérdida económica de \$175.881,45 para el GAD municipal. El 2021 representa el año con mayor pérdida económica de \$184.137,50 y un promedio de pérdida diaria de \$504,49. Debido a que el valor de la tarifa básica del agua en este año aumentó.

Los procesos de operación a la red de abastecimiento de agua potable por lo general son de tipo correctivo, esto debido a que, el control de fugas se atiende únicamente por quejas de los ciudadanos o por ser una fuga visible, lo que hace que la cantidad de agua fugada sea considerable. En cuanto a los procesos de mantenimiento existe poca preocupación por la entidad encargada, por tal razón se debería implementar una planificación de mantenimiento continuo a la red de abastecimiento para así reducir el volumen de agua desperdiciada.

Las principales causas que producen las fugas se deben a roturas en las tuberías principales, altas presiones del agua y por el desgaste de las uniones entre tuberías y válvulas. La mayoría de estas causas reduce la eficiencia de la red de abastecimiento, genera pérdidas económicas y el corte o suspensión del servicio de agua potable, afectando la calidad de vida de los usuarios del servicio. Para mejorar el servicio y el sistema de agua potable se plantea alternativas de mejora como instalar macromedidores a cada subsistema y controlar la presión mediante válvulas reductoras.

5.2 Recomendaciones

Luego de haber determinado el análisis y diagnóstico de las diferentes redes del sistema de agua potable del cantón Baños de Agua Santa, se recomienda lo siguiente:

Contar con macromedidores de agua potable en las salidas de los depósitos de regulación de cada una de las redes de distribución, para una correcta operación y manejo de los diferentes caudales inyectados al sistema.

Controlar la presión del agua en el ingreso de las acometidas domiciliarias, para así evitar fugas o roturas en los micromedidores.

Implementar nuevas herramientas o instrumentos para la medición de fugas de agua, e implementar nuevos materiales de calidad resistentes a las diferentes condiciones que estas pueden estar expuestas en las diferentes redes de distribución.

La entidad encargada de la operación y manejo del sistema agua potable realice un registro de fugas de agua, así como también realizar el registro adecuado de las reparaciones y mantenimientos que realizan a las diferentes redes del sistema.

BIBLIOGRAFÍA

- Achache Carrillo, N. V., & Gómez Monar, S. A. (2022). *Incidencia de fugas en la red de abastecimiento de agua potable del cantón Riobamba*. 33(1), 1–12.
- Alberto, L., & Zapata, M. (2022). *Gestión inteligente del agua : cuidados y beneficios del recurso hídrico*. 127, 113–127.
- Alvarado Sánchez, N. M., & Cauna Aguilar, H. A. (2019). *Análisis del índice de pérdidas para mejorar el sistema de abastecimiento de agua potable del sector VI de la ciudad de Tacna-Tacna*. 1–168.
- ARCA. (2020). *Agua potable y saneamiento en el Ecuador Agencia de Regulación y Control del Agua BOLETÍN ESTADÍSTICO*. 12–15.
- ARCA. (2021). *Agua potable y saneamiento en el Ecuador Agencia de Regulación y Control del Agua BOLETÍN ESTADÍSTICO*.
- Cabrera, E., Almandoz, J., Arregui, F., & García-Serra, J. (1999). Auditoría de redes de distribución de agua. *Ingeniería Del Agua*, 6(4), 387.
<https://doi.org/10.4995/ia.1999.2794>
- Cedeño, F., Molina, S., & Perero, S. (2021). Plan estratégico para la reducción de pérdidas de agua potable en Portoviejo. *Frontiers in Neuroscience*, 14(1), 1–13.
- Chacón Morocho, G. B. (2022). *Análisis y proposición de una posible solución para la reducción de pérdidas en la red pública de agua potable de la municipalidad de Santo Domingo*.
- Christodoulou, S. E., Agathokleous, A., Fragiadakis, M., & Xanthos, S. (2017). Urban water distribution networks: Assessing systems vulnerabilities, failures, and risks. *Urban Water Distribution Networks: Assessing Systems Vulnerabilities, Failures, and Risks*, 1–297. <https://doi.org/10.1016/C2016-0-03854-8>
- Farley, M., & Trow, S. (2003). *Losses in Water Distribution Networks*.
https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=mSPMfSwddlkC&oi=fnd&pg=PR9&dq=AUDIT+OF+WATER+DISTRIBUTION+NETWORKS&ots=lprqvD7VjK&sig=PMwZKsLz2f0x9mrfWcaw5R17_eg#v=onepage&q=AUDIT+OF+WATER+DISTRIBUTION+NETWORKS&f=false
- GADM Baños de Agua Santa. (2019). *PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL*. GAD. MUNICIPAL BAÑOS DE AGUA SANTA.
- GADM Baños de Agua Santa. (2023). *Reporte de valores de agua potable por la Jefatura de Agua Potable*.
- García Flores, J. C. (2020). *Design of a methodology to control drinking water losses for the upper area of the canton Azogues*. 6, 452–470.
- Granda, F. (2019). Evaluación y Mejoramiento del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable del Centro Poblado Muña Alta, Distrito de Yaután, Provincia de Casma, Región Áncash y su Incidencia en su Condición Sanitaria – 2019. In *Chimbote - Perú*.
- INEC. (2010). Fascículo Provincial Tungurahua. *Inec*, 1–8.
- Llangarí, J. (2019). *Modelado Hidráulico De La Red De Abastecimiento De Agua Potable Al Cantón Alausí, Provincia De Chimborazo – Ecuador. Diagnóstico De La Situación*

Actual Y Propuesta De Mejoras. 118.

- Ochoa, L., & Ortiz, B. (2001). *Reducción Integral de Pérdidas de agua potable.*
- Orna Gamboa, K. P., & Zumba Pila, C. P. (2023). *Incidencia de fugas en redes de abastecimiento de agua potable en el cantón Tisaleo de la provincia de Tungurahua.*
- Peña Murillo, S. E., Del Consuelo Ronquillo, S. M., Villa Manosalva, G., & Zambrano Nevárez, E. M. (2022). Sistema de Potabilización de Agua en Zonas Rurales. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías*, 563–575.
<https://www.proquest.com/docview/2695093479/fulltextPDF/F38D2530F2EA4AB3PQ/1?accountid=37610>
- Rodriguez, C., Mamani, I., & Cognetta, A. H. (2019). *SMARTWATER para la detección de fugas de agua.* 1051–1060.
- Romero Rojas, J. A. (2017). Potabilización del agua. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
http://www.minam.gob.pe/proyecolegios/Ecolegios/contenidos/biblioteca/biblioteca/m1_Agua_A3L4_Potabilizacion_del_Agua.pdf
- Santos, I. (2019). *Localización de fugas en redes de distribución de agua mediante k -NN con distancia cosenoidal.* 23–25.
- SENAGUA. (1992). Normas Para Estudio De Sistemas De Abastecimiento De Agua Potable Y Disposición De Aguas Residuales Para Poblaciones Mayores a 1000 Habitantes. *Código Ecuatoriano de La Construcción*, 6, 420.
http://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/04/norma_urbana_para_estudios_y_disenos.pdf

ANEXOS

Anexo 1. Inspección de fugas in situ



Anexo 2.

Reporte de fugas 2019 por GAD Baños de Agua Santa

Fecha	Ubicación	Causa	Tiempo empleado
23/12/2019	Sector Santa Ana	Rotura imprevista de la tubería	09:30 – 11:00
09/12/2019	Sector Santa Ana y Nuevo Baños	Rotura imprevista de la tubería matriz	08:00 – 12:00
18/11/2019	Barrio Inés María	Trabajos de reparación de tubería de la red del sector	09:00 – 12:00
18/11/2019	Barrio San Vicente	Rotura de tubería	09:00 – 12:00
13/11/2019	Barrio Pititig	Trabajos de reparación urgente de tubería matriz	10:30 – 11:30
12/11/2019	Sectores de la Gonzalo Díaz de Pineda hasta Santa Ana	Trabajos de reparación de rotura de reductor en la calle Rocafuerte y Eloy Alfaro	13:00 – 16:00
08/11/2019	Sector La Pampa y Juive Chico	Trabajos de mantenimiento de la red en esta zona	09:00 – 11:00
28/10/2019	Barrios Pititig e Inés María	Arreglo de tubería PVC de 110 mm	08:00 – 12:00
18/09/2019	Ciudad Baños de Agua Santa	Arreglo de fuga de agua y cambio de válvula en el centro de la ciudad	09:00 – 12:00
30/08/2019	Sectores Santa Ana y San Vicente	Rotura de la matriz en el barrio los Pinos	11:00 – 14:00
15/08/2019	Barrio Pititig	Trabajos de mantenimiento en el sector	12:00 – 13:30
08/08/2019	Barrio el Aguacatal	Daños en la red de agua potable	09:00 – 14:00
07/08/2019	Barrio el Aguacatal	Daño en la tubería	09:30 – 12:30
18/07/2019	Barrio el Aguacatal	Derrumbe en el sector Nahuazo	10:00 – 12:00
04/07/2019	Sector Ulba	Cambio de tubería dañada	12:00 – 15:00
05/06/2019	Barrio Pititig	Deslizamiento de material	13:00 – 15:00
14/05/2019	Ulba y La Ciénega	Cambio de Válvula	08:00 – 10:00
08/05/2019	Parroquia Ulba	Arreglo en la tubería de conducción de la planta de San Antonio de Puntzán	08:00 – 11:00
24/04/2019	Parroquia Ulba	Rotura de tubería	11:00 – 12:00
01/04/2019	Centro de la ciudad, Barrio Aguacatal y parroquia Ulba	Cambio de válvula de 160 mm en el aireado	07:00 – 14:00
26/03/2019	Barrio Pititig, Cosmopolita e Inés María	Rotura de tubería matriz	07:30 – 11:00
13/03/2019	Barrio el Aguacatal	Rotura de tubería de PVC-P de 63 mm	08:00 – 10:00
08/03/2019	Sector Santa Ana	Rotura de tubería de PVC-P de 63 mm en la Avenida Amazonas y entrada a Runtun	11:00 – 13:00
07/03/2019	Ciudad Baños de Agua Santa	Cambio de dos válvulas en el centro de la ciudad y una en el sector del Barrio la Palma	23:00 – 24:00
22/02/2019	Sector Aguacatal parte alta	Rotura de tubería	09:00 – 12:00
09/02/2019	Sector Ulba	Limpieza de tubería de conducción	19:00 – 20:00
09/02/2019	Sector Aguacatal	Rotura de tubería y cambio de la misma	11:00 – 13:00
18/01/2019	Calle Rocafuerte y Alfaro	Arreglo de red de distribución	10:00 – 11:00
02/01/2019	Sector Aguacatal	Rotura de tubería de conducción	12:00 – 13:00

Anexo 3.**Reporte de fugas 2020 por GAD Baños de Agua Santa**

Fecha	Ubicación	Causa	Tiempo empleado
10/12/2020	Sector Santa Ana	Reparación de tubería matriz de 90 mm	09:00 – 13:00
30/11/2020	Sector Santa Ana y en las calles Pastaza y Ambato	Rotura de tubería	09:30 – 12:30
05/10/2020	Centro de la Ciudad	Rotura de válvula	08:00 – 11:00
30/09/2020	Centro de la Ciudad	Daño de válvula de 63 mm en la calle Oriente y Alfaro	09:00 – 11:00
14/09/2020	Centro de la Ciudad y Ulba	Rotura de red de conducción PVC-P de 200 mm, en el sector de Bellavista	09:00 – 13:00
04/09/2020	Sector Ulba	Daños en válvula de 90 mm	08:00 – 12:00
17/08/2020	Barrio San José y Las Ilusiones	Reparación de tubería de conducción	11:30 – 15:00
29/07/2020	Barrio Pititig, Cosmopolita e Inés María	Trabajos técnicos	08:00 – 12:00
15/07/2020	Sectores Pititig, Salado e Inés María	Rotura de tubería	08:00 – 13:00
10/07/2020	Ciudad Baños de Agua Santa	Daño en uno de los conductos	09:00 – 12:00
19/06/2020	Ciudad Baños de Agua Santa	Daños graves en la tubería madre en los sectores de El Salado y Puntzán	11:30 – 17:00
12/06/2020	Barrios San Vicente y Santa Ana	Roturas de tuberías	09:00 – 12:00
02/06/2020	Sector Aguacatal, Inés María, Pititig y el Salado	Daño de la tubería mayor	08:30 – 12:00
29/05/2020	Sector El Aguacatal	Rotura de la red de conducción en el sector Nahuazo	09:30 – 12:00
22/05/2020	Sectores El Salado, Pititig e Inés María	Trabajos de mantenimiento	10:00 – 11:00
14/05/2020	Sector de Puntzán	Rotura y daños de las tuberías principales	13:00 – 16:00
13/05/2020	Panecillo y Ulba	Daños en las líneas de captación de agua principalmente en el sector de Puntzán	17:00 – 20:00
16/04/2020	Ciudad Baños de Agua Santa	Rotura de tubería matriz en el sector central	12:00 – 16:00
04/02/2020	Santa Ana	Rotura de tubería matriz en dos tramos, accionada por maquinaria particular.	11:00 – 13:00

Anexo 4.

Reporte de fugas 2021 por GAD Baños de Agua Santa

Fecha	Ubicación	Causa	Tiempo empleado
22/12/2021	Gonzalo Días de Pineda hasta Santa Ana	Rotura de tubería matriz de 63 mm	13:00 – 14:30
21/12/2021	Barrio el Aguacatal	Reparación de la red de conducción de tubería de presión de 90 mm	08:00 – 13:00
16/11/2021	Gonzalo Días de Pineda hasta Santa Ana y todo el centro urbano de la parroquia Ulba	Cambio de válvulas de HD de 200 mm en la captación de agua de san Antonio de Puntzán	09:00 – 12:00
25/10/2021	Gonzalo Días de Pineda Hasta el barrio Santa Ana	Trabajos de cambio de válvulas en la calle Oscar Efrén Reyes y Ambato y cambio de válvula en la plaza 5 de junio	08:00 – 14:00
12/10/2021	Ciudad de Baños	Daño en tubería de agua potable	11:30 – 13:00
29/09/2021	Ciudad de Baños	Instalación de medidores de agua y reparación de fugas en varios sectores de la ciudad	09:30 – 17:00
15/09/2021	Centro de la Ciudad	Rotura de tubería matriz de 63 mm en la calle Maldonado y Montalvo	08:30 – 12:00
25/08/2021	Calle Gonzalo Días de Pineda hasta el sector de Santa Ana	Rotura de válvula en la calle Rocafuerte y Oscar Efrén Reyes	07:30 – 13:00
09/07/2021	Barrios las Ilusiones, San José y El Aguacatal	Rotura de tubería de 160 mm	09:00 – 14:00
03/07/2021	Juive – La Pampa	Daño de tubería de conducción	08:00 – 14:00
22/06/2021	Sector de Puntzán	Rotura grave de tubería	09:00 – 12:00
20/04/2021	Sector Santa Ana	Cambio de válvula de 63 mm en el Camino Real	09:30 – 12:00
06/04/2021	Barrio La Pampa	Reparación de daños en tubería	10:30 – 12:00
05/04/2021	Barrio Santa Ana	Reparación de daños en tubería	09:30 – 12:00
30/03/2021	Sector de Inés María	Rotura de tubería en el puente nuevo del Bascún	14:30 – 18:00
24/03/2021	Centro de la Ciudad, Santa Ana y Ulba	Rotura de válvula de HF de 200 mm en la red de conducción de Puntzán-Panecillo	08:00 – 13:00
03/03/2021	Barrio San José	Daño en la red de conducción de 110 mm	10:30 – 14:00
26/02/2021	Barrio San José	Rotura de tubería de conducción de 110 mm	11:30 – 13:00
24/02/2021	Barrio Santa Ana	Rotura de tubería PCV-P de 63 mm	09:30 – 12:00
24/02/2021	El Aguacatal	Daño de tubería	08:30 – 10:00
17/02/2021	Sector de Ulba	Daño en la red	09:30 – 12:00
11/02/2021	Barrio Inés María y parte baja de Pititig	Trabajos de construcción en los pasos peatonales del puente del rio Bascún	13:00 – 18:00
26/01/2021	Barrio Santa Ana	Reparación de fugas de agua	09:00 – 11:00
15/01/2021	Barrio el Aguacatal	Reparación de tubería matriz de 63 mm	08:30 – 12:00
09/01/2021	Barrio La Fundición calle de Los Combatientes	Rotura de tubería	14:30 – 18:00

Anexo 5.

Reporte de fugas 2022 por GAD Baños de Agua Santa

Fecha	Ubicación	Causa	Tiempo empleado
27/12/2022	Calle Martínez y 12 de noviembre y los barrios el Recreo, Santa Ana y San Vicente	Cambio de válvulas de 63 mm y 160 mm	09:30 – 15:00
13/12/2022	Barrio Aguacatal y sector Zoológico	Rotura de red de distribución del sistema de agua el Aguacatal	08:00 – 13:00
28/11/2022	Sector Juive Chico y la Palma	Rotura de tubería matriz PVC-P de 90 mm	08:00 – 16:00
26/10/2022	Sector Juive Chico, la Palma, Pítitig, el Cosmopolita, Inés María y el Salado	Rotura de tubería PVC-P de 110 mm y 90 mm	09:30 – 16:00
09/10/2022	San Antonio de Puntzán	Daño en las válvulas y tuberías principales	08:00 – 10:00
07/10/2022	San Antonio de Puntzán	Rotura de válvula	17:00 – 21:00
28/09/2022	Juive – La Pampa	Dificultades y peligro en el mantenimiento del paso elevado de 60 m	08:00 – 13:00
08/09/2022	Centro de la Ciudad y barrio el Aguacatal	Destrucción en la red de conducción PVC-P de 160 mm	08:00 – 15:00
28/08/2022	Barrio Pítitig	Trabajos de arreglo de tuberías de agua potable	08:00 – 13:00
10/08/2022	Juive – la Pampa	Desprendimiento de material ocasionando la rotura de la tubería de conducción de 160 mm	08:00 – 13:00
20/07/2022	Sector el Salado, Inés María, El Cosmopolita y Pítitig	Deslizamiento de material y rotura de conducción de tubería PVC-P de 110 mm	08:00 – 13:00
06/07/2022	Juive Chico – La Pampa	Trabajos de reparación del sistema de conducción de agua	08:00 – 13:00
24/06/2022	Ciudad Baños de Agua Santa	Trabajos de reparación de una tubería PVC-P de 200 mm	13:00 – 17:00
30/05/2022	Sector El salado	Cambio de válvula en el tanque de reserva	07:30 – 10:00
18/05/2022	Avenida Oriente Y Motilones	Cambio de válvulas de 110 mm	08:00 – 13:00
04/05/2022	Sector la Pampa	Trabajos en empate de tuberías de conducción de PVC-P de 63 mm	11:30 – 14:00
03/05/2022	Ciudad Baños de Agua Santa	Rotura de tubería	11:30– 13:00
25/04/2022	Juive – La Pampa	Trabajos de reparación de la red de conducción de 110 mm	08:30 – 15:00
04/04/2022	Barrios Pítitig, Salado, Inés María y Cosmopolita	Rotura de tubería matriz de 110 mm en la Avenida el Salado	08:00 – 14:00
31/03/2022	Sector Ulba y Centro de la Ciudad	Reparación de 3 válvulas especiales de 200 mm en la conducción Bellavista - Panecillo	08:00 – 13:00
09/03/2022	Sector de Juive – La Pampa	Cambio de válvulas en la red de conducción	09:00 – 15:00
10/02/2022	Centro de la Ciudad	Cambio de válvulas en la calle Ambato y los Arrayanes	10:00 – 11:00
10/02/2022	Barrio Santa Ana y Camino Real	Cambio de válvula de 63 mm	09:00 – 14:00
27/01/2022	Sector de Lligñay	Rotura de tubería	10:00 – 12:00
18/01/2022	Sectores Ulba y Centro de la Ciudad, Las Ilusiones y El Aguacatal	Rotura de tubería de asbesto de 160 mm	10:30 – 14:00
18/01/2022	Hotel Americano hasta Santa Ana	Cambio de válvula de HD de 63 mm	09:00 – 12:00

Anexo 6.

Ficha visita in situ

FICHA DE VISITA DE CAMPO PARA LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE FUGAS					
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
1. Información general					
Fecha	Ubicación	Red	Causa de la fuga	Personal a cargo	Tiempo de reparación
09/01/2023	Calle Oscar Efrén Reyes y Ambato	Subsistema Central	Rotura grave en la tubería matriz	Personal Municipal	16:00 - 20:00
08/02/2023	Calles Gonzalo Díaz de Amada y Ambato	Subsistema Central	Trabajos de cambios de Válvulas	Personal Municipal	10:30 - 14:00
14/02/2023	Calle Juan León Mera	Subsistema Las Orquídeas	Cambio de Válvulas	Personal Municipal	08:00 - 14:00
18/02/2023	Sector el Salado, Pititig, Inés María y el Aguacatal	Subsistema el Salado - Pititig	Trabajadores de la empresa eléctrica Ambato rompen tubería PVC-P de 116 mm	Personal Municipal	10:00 - 14:00
13/03/2023	Juive chico y la Pampa	Subsistema La Clementina	Rotura de tubería en el foso elevado de Natuzo	Personal Municipal	11:30 - 14:00
16/03/2023	Sectores adyacentes al estadio General José Silva Romo y Barrio los Pinos	Subsistema Central	Rotura de tubería ocasionada por trabajadores Particulares	Personal Municipal	11:30 - 14:00
28/03/2023	Sector Uiba	Subsistema Uiba	Trabajos de cambios de Válvulas de HD de 63 mm, y 1 Válvula de HD de 93 mm	Personal Municipal	08:00 - 14:00
29/03/2023	Barrio Santa Ana	Subsistema Las Orquídeas	Magunario Particular rompe tubería de PVC-P de 63 mm	Personal Municipal	11:00 - 14:00
13/04/2023	Barrio el Aguacatal	Subsistema El Salado - Pititig	Se suspende el servicio de agua potable debido a labores de reparación del foso elevado en el sector de Natuzo	Personal Municipal	13:30 - 14:00