



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

Título

Incidencia de fugas en las redes de abastecimiento de agua potable en la ciudad de Ibarra

Trabajo de Titulación para optar al título de Ingeniería Civil

Autor:

Alcuacer Revelo Lucia Gabriela
Guaminga Caba Flor Jhosselyn

Tutor:

MSc. María Gabriela Zúñiga Rodríguez

Riobamba, Ecuador. 2023

DERECHOS DE AUTORÍA

Nosotras, Alcuacer Revelo Lucia Gabriela, con cédula de ciudadanía 100339501-7 y Guaminga Caba Flor Jhosselyn con cédula de ciudadanía 060550980-1, autoras del trabajo de investigación titulado: **Incidencia de fugas en las redes de abastecimiento de agua potable en la ciudad de Ibarra**, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mí 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, 27 de julio del 2023.



Lucía Gabriela Alcuacer Revelo

C.I:100339501-7



Flor Jhosselyn Guaminga Caba

C.I:060550980-1

DICTAMEN FAVORABLE DEL TUTOR Y MIEMBROS DE TRIBUNAL;

Quienes suscribimos, catedráticos designados Tutor y Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación “**Incidencia de fugas en las redes de abastecimiento de agua potable en la ciudad de Ibarra**”, presentado por Alcuacer Revelo Lucia Gabriela con cédula de identidad número 100339501-7 y Guaminga Caba Flor Jhosselyn con cédula de identidad número 060550980-1, 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 27 de julio del 2023.

Mgs. Alexis Iván Andrade Valle
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO



Mgs. Nelson Estuardo Patiño Vaca
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Mgs. Lidia Jhoanna Gallardo Donoso
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Mgs. María Gabriela Zuñiga Rodríguez
TUTOR



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 LAS REDES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE IBARRA"**, presentado por **Alcuacer Revelo Lucia Gabriela** con cédula de identidad número **100339501-7** y **Guaminga Caba Flor Jhosselyn** con cédula de identidad número **060550980-1**, bajo la tutoría de Mgs. María Gabriela Zúñiga Rodríguez; certificamos que recomendamos la **APROBACIÓN** de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 27 de julio del 2023.

Presidente del Tribunal de Grado
Mgs. Alexis Iván Andrade Valle



Miembro del Tribunal de Grado
Mgs. Nelson Estuardo Patiño Vaca



Miembro del Tribunal de Grado
Mgs. Lidia Jhoanna Gallardo Donoso





Dirección
Académica
VICERRECTORADO ACADÉMICO

en movimiento



UNACH-RGF-01-04-02.20
VERSIÓN 02: 06-09-2021

CERTIFICACIÓN

Que, **ALCUACER REVELO LUCIA GABRIELA** con CC: **100339501-7** y **GUAMINGA CABA FLOR JHOSSLYN** con CC: **060550980-1**, estudiante de la Carrera de **INGENIERÍA CIVIL, NO VIGENTE**, Facultad de **INGENIERÍA**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado "**INCIDENCIA DE FUGAS EN LAS REDES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE IBARRA**", 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, 20 de junio de 2023

Ing. María Gabriela Zúñiga Rodríguez, MsC.
TUTORA TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

DEDICATORIA

Dedico mi tesis principalmente a mis padres, a mi querido padre José por el apoyo incondicional, por motivarme y enseñarme lo valioso de la vida a saber trabajar duro para conseguir una meta. A mi amada madre Martitha por la fuerza, amor y dedicación, por tenerme paciencia, inculcarme buenos valores, principios y a ser perseverante.

A mis hermanos, David y Aida por ser mis amigos y estar siempre dispuestos a darme su mano y ser un ejemplo a pesar de la distancia, les agradezco por estar a mi lado, brindarme su apoyo moral, animarme a trabajar duro y superar obstáculos.

Finalmente, a todos los miembros de mi familia con quienes he compartido muchas alegrías y pesares en el hogar, por su cariño, por creer en mí y el esfuerzo que cada uno ha hecho para que hoy pueda culminar con una de mis objetivos.

Lucia Gabriela Alcuacer Revelo

DEDICATORIA

A Dios quien ha sido mi guía, mi fortaleza en momentos de angustia, el que me ha dado la sabiduría y la compañía en todos los momentos de vida.

A mi amado padre Armando, quien con su amor, paciencia y perseverancia me ha enseñado a vivir en los caminos de Dios, su fortaleza y su ejemplo de vida ha forjado mi carácter y a través de su motivación constante me ha alentado a cumplir mis sueños.

A mis queridos abuelitos Manuela y Víctor, quien con su amor y sabiduría me han enseñado cosas vitales para la vida, me encaminaron en el buen sendero, y me enseñaron qué la mejor herencia que me pueden dejar es el amor y la paciencia.

Flor Jhosselyn Guaminga Caba

AGRADECIMIENTO

Les agradezco a mis padres por animarme a seguir estudiando, alentarme alcanzar mis metas y ser el pilar fundamental para seguir adelante.

Agradezco sinceramente a mi tutora de tesis Mgs. Gabriela Zuñiga quien se ha ganado respeto y admiración, por su paciencia, dedicación y esfuerzo, por compartir sus conocimientos, orientarnos a ser mejores profesionales y motivarnos a realizar un trabajo de investigación provechoso para la ciudad de Ibarra.

A la Universidad Nacional de Chimborazo y a los docentes de la carrera de Ingeniería Civil por las enseñanzas y consejos brindados durante estos años, que me incentivan a seguir adelante y ser una buena profesional.

También me gustaría agradecer mis amigos que me acompañaron durante la carrera, especialmente a mi querida amiga Flor Guaminga, no solo por ser parte fundamental del trabajo de investigación, sino por compartir varios momentos de alegrías y tristezas a lo largo del periodo universitaria, por su optimismo, responsabilidad y visión de la vida.

Lucia Gabriela Alcuacer Revelo

AGRADECIMIENTO

A través de estas líneas quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que con su soporte humano y académico han colaborado en la realización de este trabajo de investigación.

A mi padre y mis abuelitos quienes han sido siempre el motor que impulsa mis sueños y esperanzas, quienes estuvieron siempre a mi lado en los días y noches más difíciles durante mis horas de estudio.

A mi tutora la Ing. María Gabriela Zúñiga, quien con su carisma, paciencia y constancia me ha guiado a lo largo de la investigación, gracias por compartir sus conocimientos de manera profesional e invaluable, por su dedicación perseverancia y tolerancia.

A mis docentes quien, con sus palabras sabias y sus enseñanzas, les debo mis conocimientos. Donde quiera que vaya, los llevaré conmigo en mí transitar profesional. Su semilla de conocimientos, germinó en mi alma y el espíritu.

A la Universidad Nacional de Chimborazo, que fue mi segundo hogar, el que me dio a mis mejores maestros y a través de sus enseñanzas me dieron conocimiento y me hicieron mejor persona, además me dió a mis amigos que son como los hermanos que nunca tuve.

A mis amigos, con quienes he aprendido el valor de la amistad, no puedo dejar de recordar cuantas tardes y horas de trabajo nos juntamos a lo largo de nuestra formación. Gracias por su apoyo y constancia al estar en las horas más difíciles, por compartir horas de estudio. Gracias por estar siempre allí.

Flor Jhosselyn Guaminga Caba

ÍNDICE GENERAL

DERECHO DE AUTORÍA

DICTAMEN FAVORABLE DEL TUTOR Y MIEMBROS DE TRIBUNAL

CERTIFICADO DE MIEMBROS DEL TRIBUNAL

CERTIFICADO ANTIPLAGIO

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN 15

ABSTRACT 16

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN 17

2. Antecedentes..... 17

3. Planteamiento del Problema 22

4. Justificación 23

5. Objetivos..... 24

5.1 General..... 24

5.2 Específicos 24

CAPITULO II. MARCO TEORICO 25

2. Marco Referencial 25

2.1 Generalidades del sistema de agua potable..... 25

2.1.1 Sistema de Agua Potable 25

2.2 Pérdidas..... 25

2.3 Fugas en la red de distribución. 25

2.4 Balance Hídrico 26

2.4.1 Diagnostico mediante el balance hídrico de un sistema de distribución de agua

26

2.4.2 Rendimientos hídricos porcentuales de una red de agua..... 27

2.5 Evaluación de desempeño de la prestación de los servicios 28

2.6 Estado del arte..... 29

CAPITULO III. METODOLOGÍA 32

3. Metodología..... 32

3.1 Tipo y diseño de la investigación 32

3.2 Alcance 33

3.3 Procesamiento y análisis de datos..... 34

3.3.1	Balance hídrico técnico	34
3.4	Procesamiento de volúmenes inyectados (Q)	34
3.5	Procesamiento de volúmenes registrados (Qr)	37
3.6	Procesamiento de los caudales incontrolados consumidos	43
CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		45
4.	Resultados.....	45
4.1	Balance Hídrico Técnico	45
4.2	Rendimientos Volumétricos	49
4.3	Identificación de zonas afectadas	55
4.4	Pérdida económica anual por fugas de agua	56
4.5	Operación y mantenimiento del sistema de agua potable.....	57
4.5.1	Proceso de solicitud para el operación y mantenimiento.....	57
4.5.2	Órdenes de mantenimiento generadas por EMAPA-I.....	59
4.5.3	Ordenes de trabajo Agua No Contabilizada	62
4.5.4	Análisis del costo de materiales por reparación de fugas.....	64
4.5.5	Cumplimiento de órdenes de trabajo por Zonas de atención.....	65
4.6	Discusión	66
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		68
5.	Conclusiones.....	68
6.	Recomendación	69
CAPÍTULO VI. BIBLIOGRAFÍA.....		70
7.	Bibliografía.....	70
CAPÍTULO VII. ANEXOS		72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Fuentes de captación de la ciudad de Ibarra que abastecen a las parroquias urbanas	18
Tabla 2.	Características de los sistemas de agua potable de la ciudad de Ibarra.....	20
Tabla 3.	Calificación de la gestión de abastecimiento en función del rendimiento global del sistema	28
Tabla 4.	Indicador de agua no contabilizada	29
Tabla 5.	Número de usuarios y categoría a diciembre del año 2021.....	33

Tabla 6. Caudales inyectados a las redes de distribución de la ciudad de Ibarra desde el año 2018-2022.....	35
Tabla 7. Consumos registrados (facturados) en el año 2018.....	37
Tabla 8. Consumos registrados (facturados) en el año 2019.....	38
Tabla 9. Consumos registrados (facturados) en el año 2020.....	39
Tabla 10. Consumos registrados (facturados) en el año 2021.....	40
Tabla 11. Consumos registrados (facturados) en el año 2022.....	41
Tabla 12. Caudal incontrolado consumido de las instituciones de la ciudad de Ibarra.....	43
Tabla 13. Balance hídrico técnico del año 2018.....	45
Tabla 14. Balance hídrico técnico del año 2019.....	46
Tabla 15. Balance hídrico técnico del año 2020.....	47
Tabla 16. Balance hídrico técnico del año 2021.....	48
Tabla 17. Balance hídrico técnico del año 2022.....	49
Tabla 18. Rendimientos volumétricos del año 2018.....	50
Tabla 19. Rendimientos volumétricos del año 2019.....	51
Tabla 20. Rendimientos volumétricos del año 2020.....	52
Tabla 21. Rendimientos volumétricos del año 2021.....	53
Tabla 22. Rendimientos volumétricos del año 2022.....	54
Tabla 23. Costos anuales de las fugas de agua en el sistema.....	56
Tabla 24. Reporte de estado de ordenes de trabajo año 2021.....	59
Tabla 25. Resultados de operación y mantenimiento por tipo (Año 2021).....	60
Tabla 26. Resultados de operación y mantenimiento otros tipos de trabajos (Año 2021).....	61
Tabla 27. Análisis de ordenes de trabajo de agua no contabilizada.....	63
Tabla 28. Costo de materiales utilizados.....	64
Tabla 29. Ordenes generadas de las 4 zonas de agua potable.....	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del cantón San Miguel de Ibarra.....	17
Figura 2. Ubicación de las redes de distribución de agua de la ciudad de Ibarra.....	19
Figura 3. Tanques de reserva de agua potable para parroquias urbanas de la ciudad de Ibarra.....	21
Figura 4. Fallas en tuberías principales.....	26
Figura 5. Balance hídrico completo de un sistema de distribución de agua.....	27

Figura 6. Organigrama de la propuesta de investigación	32
Figura 7. Caudales inyectados por red de distribución del año 2018-2022.....	36
Figura 8. Caudales registrados por red de distribución del año 2018-2022	42
Figura 9. Instituciones que no registran pagos a la EMAPA-I (Caudal incontrolado consumido)	44
Figura 10. Rendimiento Global de las redes de agua potable del año 2018.....	50
Figura 11. Rendimiento Global de las redes de agua potable del año 2019.....	51
Figura 12. Rendimiento Global de las redes de agua potable del año 2020.....	52
Figura 13. Rendimiento Global de las redes de agua potable del año 2021.....	53
Figura 14. Rendimiento Global de las redes de agua potable del año 2022.....	54
Figura 15. Mapa de afectación zona urbana cantón Ibarra.....	55
Figura 16. Volumen incontrolado y fugado (Año 2018-2022)	56
Figura 17. Costos del volumen incontrolado y fugado (Año 2018-2022).....	57
Figura 18. Proceso de solicitud para el operación y mantenimiento	58
Figura 19. Reporte de estado de ordenes de trabajo año 2021	60
Figura 20. Resultados de operación y mantenimiento por tipo (Año 2021)	60
Figura 21. Resultados de operación y mantenimiento otros tipos (Año 2021)	62
Figura 22. Análisis de ordenes de trabajo de agua no contabilizada.....	64
Figura 23. Costo de materiales utilizados	64
Figura 24. Zonas de servicio de agua potable sistemas urbanos.	65
Figura 25. Ordenes generadas, realizadas y realizadas con materiales de las 4 zonas de agua Gpotable.	66

RESUMEN

Los problemas de fugas en las redes de abastecimiento de agua potable, imponen un costo inaceptable para la sociedad, reflejando el estigma social, el fracaso ambiental y costos económicos adicionales para la empresa encargada de la cobertura de agua potable EMAPA-I, debido a que el agua es un bien y una necesidad, es por ello que la presente investigación tiene el objetivo de determinar la incidencia de fugas en las redes de abastecimiento de agua potable en la ciudad de Ibarra, detectando la cantidad de agua fugada con relación a la tarifa y verificando cuanto pierde económicamente la empresa de agua potable, además se localizan las zonas con mayor incidencia de fugas identificando las causas-problemas, determinando la cantidad de agua total incontrolada y actualizando los consumos no registrados. Para lo cual se aplicó una metodología con enfoque mixto, es decir cuantitativo para la recopilación de datos, análisis del balance hídrico, estimación de volumen de agua incontrolada y detectar el agua fugada y cualitativo con el fin de recopilar la información in situ de los posibles problemas que presenten las zonas de mayor incidencia a fugas. Por consiguiente, se determina que el agua no contabilizada en el año 2021 es de 38,60%, resultado que asigna a la ciudad de Ibarra en una categoría B correspondiente a un rendimiento “Medio” según lo estipulado en el ARCA. Además, se concluye que, la red con mayor pérdida es San Juan Poglyo con 47,29%, seguido por Azaya con 41,81% y Guaraczapas con 41,71%.

Palabras claves: agua incontrolada, balance hídrico, rendimiento, fugas, macromedición.

ABSTRACT

The issues of leaks in drinking water supply networks impose an incomprehensible burden on society, reflecting the social stigma, environmental failure, and additional economic costs for EMAPA-I company. This research aims to determine the impact of leakage in drinking water distribution networks in the city of Ibarra. In addition, the areas with the greatest number of leaks are located, identifying causes and problems, determining the total amount of uncontrolled water, and updating unrecorded water use. For this purpose, a methodology with a mixed approach was applied, i.e., quantitative for data collection, analysis of the water balance, estimation of the volume of uncontrolled water and detection of leaked water, and qualitative to collect on-site information on the possible problems in the areas with the highest incidence of leaks. Consequently, it is determined that the unaccounted water in the year 2021 is 38.60%, a result that assigns the city of Ibarra to a category B corresponding to a "Medium" performance as stipulated in the ARCA. Furthermore, it is concluded that the net with the highest loss is San Juan Poglyo at 47.29%, followed by Azaya at 41.81% and Guaraczapas at 41.71%.

Keywords: uncontrolled water, water balance, performance, leakage, macrometering.



Firmado electrónicamente por:
HUGO ALONSO SOLIS
VITERI

Reviewed by:

Mgs. Hugo Solis Viteri

1. ENGLISH PROFESSOR

C.C. 0603450438

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

2. Antecedentes

1.1. Zona de estudio

Ibarra es la capital de la provincia de Imbabura, y se sitúa a unos 115 Km al noroeste de Quito y a 125 Km, al sur de la ciudad de Tulcán, con una altitud aproximada de 2 225 m.s.n.m y una extensión de 1 162,22 km².

Según el censo nacional de población realizado en el año 2010, el cantón Ibarra posee una población de 181 175 habitantes, pero según las proyecciones realizadas en el PDYOT de la ciudad esta cifra se proyectaría para el año 2020 a 221 149 habitantes (INEC-proyecciones 2020,2010).

La zona de estudio corresponde a la parte urbana del cantón, es decir se analizarán las ocho redes de distribución de agua potable: Caranqui, Azaya, Aloburo, Palestina, Tanguarin, San Juan Poglyo, Guaraczapas y Yahuarcocha.

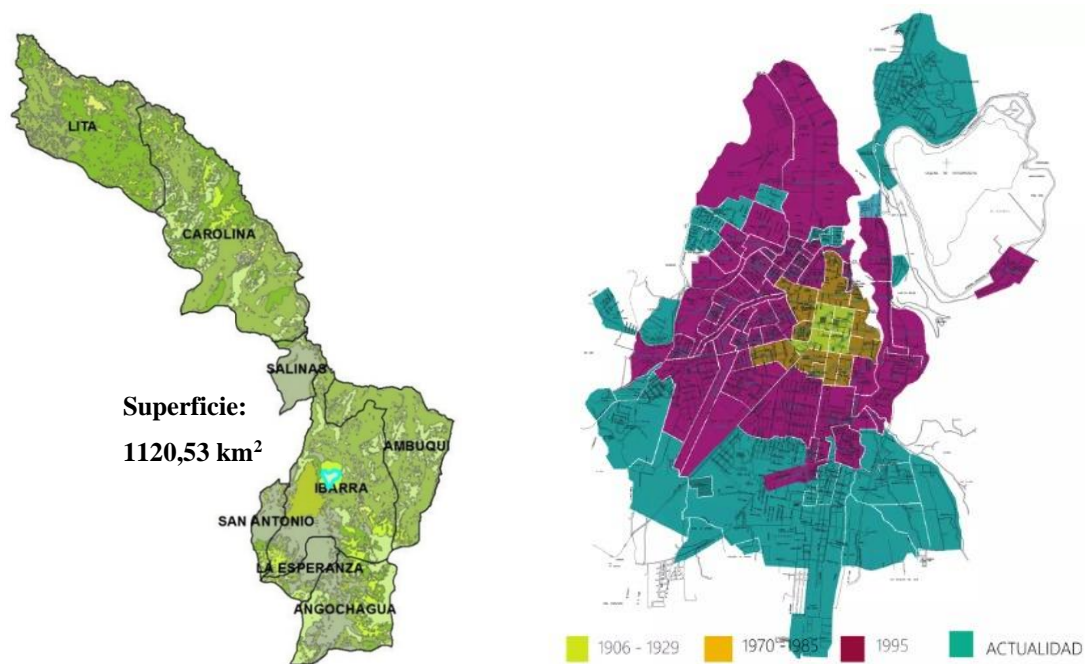


Figura 1. Ubicación del cantón San Miguel de Ibarra
Fuente: (Almeida, 2021)

1.1.1. Cobertura de agua potable

El agua potable es provista por la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado EMAPA-I, la cual cumple un papel imprescindible en la prestación de este servicio, con una cobertura promedio cantonal de 95,72 % valor basado en proyecciones de población al año 2020. El agua potable está destinada principalmente al uso doméstico, comercial e industrial.

EMAPA-I reportó a diciembre del año 2021 que dotaron del servicio de agua potable a 57 684 usuarios (medidores) lo que corresponde a 207 662 personas, considerando que serían de 3 a 4 personas por vivienda y cuya oferta actual de agua potable por persona es de 283,392 l/d.

Según los registros obtenidos del aprovechamiento de caudal de agua de los diferentes efluentes de la ciudad de Ibarra, la captación de tipo pozo profundo y vertiente aporta mayor suministro de agua con un 63,17%, y cuyo mayor beneficio lo tiene las parroquias urbanas.

Tabla 1

Fuentes de captación de la ciudad de Ibarra que abastecen a las parroquias urbanas

Captación	Tipo	Caudal Utilizado (l/s)
Guaraczapas	Vertiente	142
Proyecto Yuyucocha	Vertiente	220
Yuyucocha #1	Pozo Profundo	90
Yuyucocha #2	Pozo Profundo	45
Yuyucocha #3	Pozo Profundo	70
Caranqui	Pozo profundo	85,17
La Quinta	Pozo profundo	20,2
San Juan Poglyo	Vertiente	21
Santo Domingo	Vertiente	2
La Carbonería 1	Vertiente	2,45
La Carbonería 2	Vertiente	3,3
La Carbonería 3	Vertiente	4,5

Nota: El volumen total captado de agua potable para la ciudad de Ibarra es de 705,62 l/s lo que significa que en el año su volumen será 22'252 376,65 m³/año.

Fuente: (PDYOT, 2020)

En cuanto a la distribución de agua potable, la ciudad de Ibarra cuenta con 8 redes de distribución que son: Caranqui, Azaya, Aloburo, Palestina, Tanguarin, San Juan Poglyo, Guaraczapas y Yahuarcocha como se detalla en la Figura 2.

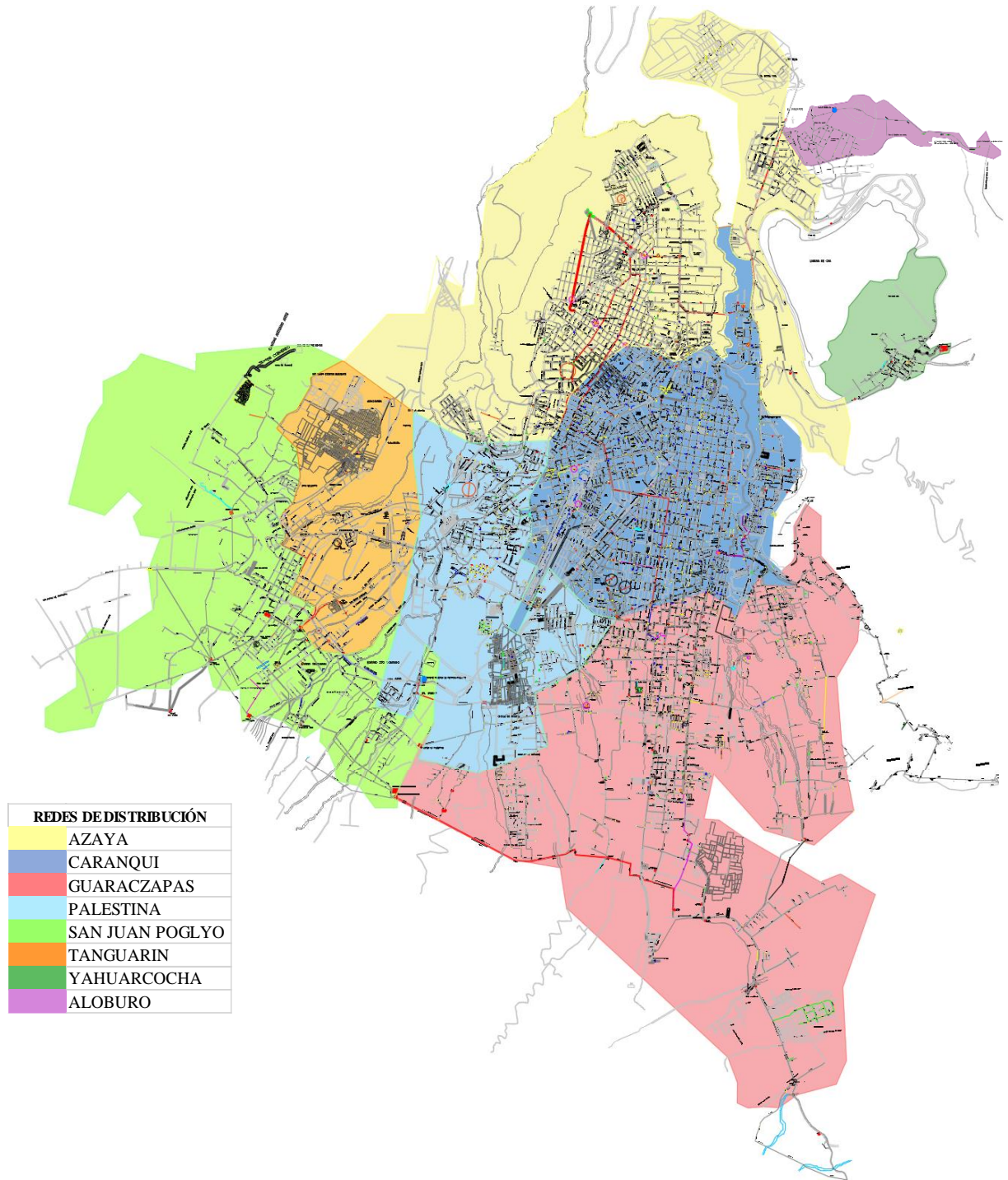


Figura 2. Ubicación de las redes de distribución de agua de la ciudad de Ibarra

Fuente: (Alcuacer & Guaminga, 2023)

En la Tabla 2 se detalla la información de cada sistema de agua potable con sus principales características como áreas de servicio, caudal distribuido, longitudes de tubería y tanques de reserva correspondientes a cada red.

Tabla 2.

Características de los sistemas de agua potable de la ciudad de Ibarra.

Sistema de Agua Potable	Área de servicio (km²)	Numero de medidores	Longitud de la tubería (km)	Tanque de reserva de agua
Caranqui	1 074,57	24 361	202	Tanque Reserva Ejido de Caranqui,
Azaya	1 324,66	12 024	188,33	Tanque de reserva Lomas De Azaya y Planta de Tratamiento Azaya, Olivo Alto Tanque de Reserva Santa Rosa, El Tejar, San Juan, Cipreses, 19 De Enero, El Chamanal, La Pradera, San Cristóbal, Bellavista De Caranqui, #4,
Guaraczapas	2 381,46	12 412	180,11	Guayaquil Alto, Caranqui 1, Caranqui 2, Caranqui 3, La Bolívar, La Virgen, El Estadio, Yahuachi, Rumipamba, Retorno Bajo, Retorno Alto, General Pintag, Bellavista alto, Santo Domingo,
Aloburo	172,42	540	14,39	Tanque Reserva El Chichabal, Chichaval. El Churo,
Palestina	569,22	3 514	46,35	Tanque de Reserva La Florida-Pugacho,
Tanguarin	374,51	1 300	23,35	Tanque Reserva Paraiso-12 junio
San Juan Poglyo	782,87	1 946	23,35	Tanque de Reserva 27 de noviembre, Santa Marianita, San Agustín, Bellavista.
Yahuarcocha	229,42	587	13,66	Tanque de reserva Yahuarcocha

Nota: Existen 37 tanques de reserva de agua que abastecen a toda la zona urbana.

Fuente: (Alcuacer & Guaminga, 2023)

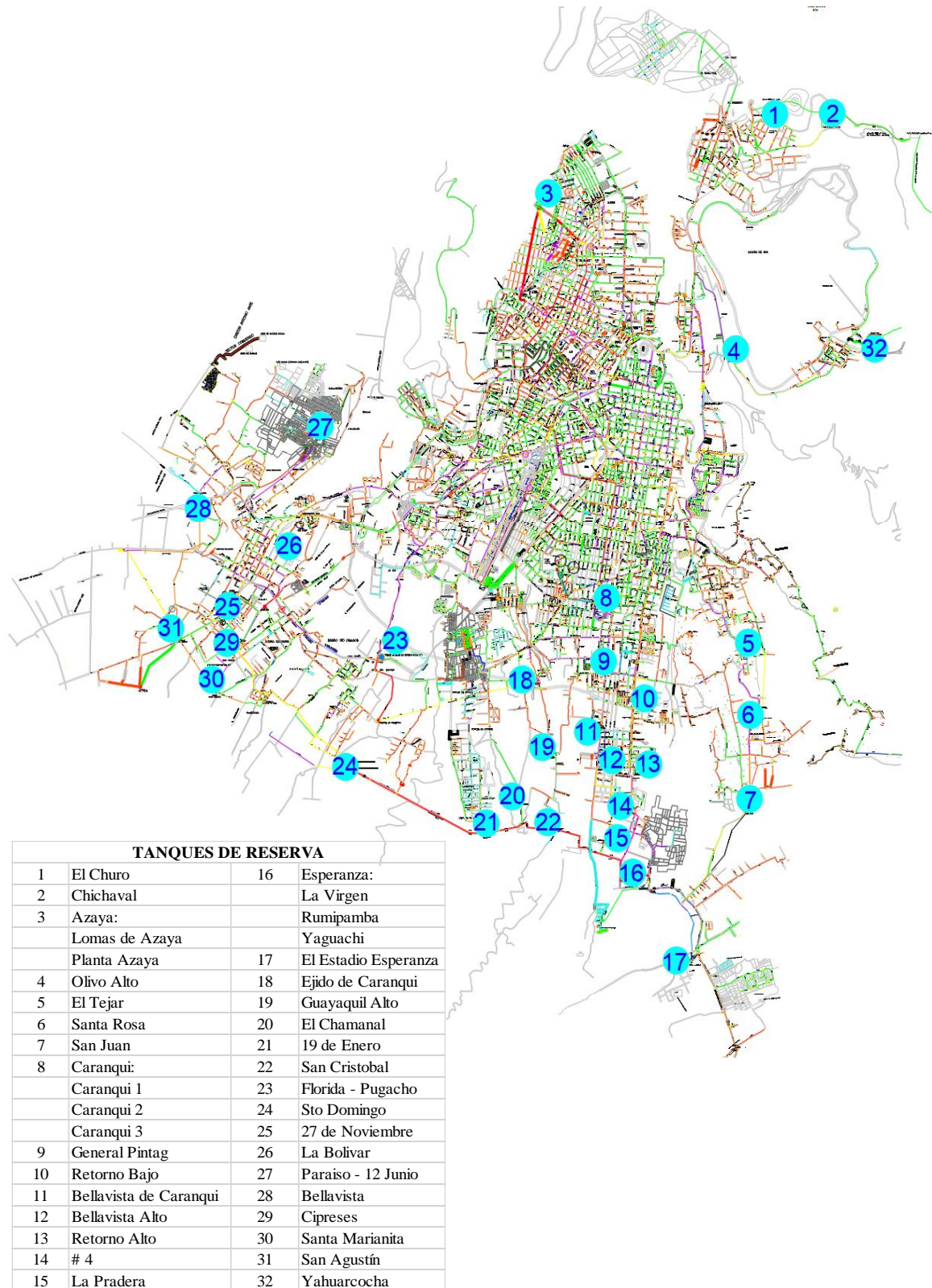


Figura 3. Tanques de reserva de agua potable para parroquias urbanas de la ciudad de Ibarra

Fuente: (Alcuacer & Guaminga, 2023)

1.2. Antecedentes de la Investigación

Uno de los problemas habituales a los que se enfrentan las empresas de agua potable son las fugas en la red de abastecimiento, causando desperdicio de agua, reduciendo la eficiencia de las redes y generando pérdidas económicas.

Estos problemas existen a nivel mundial, principalmente por el mal uso de los recursos hídricos, ocasionando un desbalance económico, afectando a las empresas de agua como a los contribuyentes, ya que no solo se paga por el agua que consumen sino también por la que se pierde en el camino.

En los sistemas de conducción de agua a presión es frecuente la presencia de fugas, estas debido a varios factores, como, mal cálculo del balance hídrico, el mal estado de las redes de distribución (grietas), el mal junteo de los tubos o la falla de las válvulas. Si bien las fugas en las redes de agua potable no se pueden evitar, se requieren medidas continuas para reducir el número y el flujo de fugas (Fuentes, Palma, & Rodríguez, 2011).

EMAPA-I registró en el año 2015 un índice de agua no contabilizada captada alrededor de 49,16% y distribuida de 45,88% valores registrados con caudalímetros, en el año 2016 el IANC fue de 48,26 % captado y 45,23% registrado, a partir del mismo año la empresa comenzó con el programa de reducción y control de pérdidas, a través del cual se creó la unidad de agua no contabilizada, encargada de la instalación de macromedición de tipo electromagnético y ultrasónico en los tanques de reserva, para el año 2017 el IANC fue de 48,03% y 46.65%, lo que dio como resultado un registro real de pérdidas, variable importante para la determinación de los indicadores de eficacia que además sirvió para incrementar la cobertura en beneficio de la población.

Por lo tanto, el objetivo de la presente investigación es determinar la incidencia de fugas en las redes de abastecimiento de agua potable en la ciudad de Ibarra, para conocer las causas y problemas que ocasionan, además realizar un balance hídrico general y técnico, donde se detecten las cantidades de agua fugada con relación a la tarifa y verificar cuanto se pierde económicamente.

3. Planteamiento del Problema

La empresa de agua potable EMAPA-I de la ciudad de Ibarra fue creada con la finalidad de afrontar los problemas hídricos y la estructuración de redes, sin embargo, con el paso del tiempo se han presentado fugas de agua potable por diversas razones, como el envejecimiento de la infraestructura, las conexiones inadecuadas, la calidad de los materiales, entre otros., esto genera una pérdida económica para la entidad responsable de la distribución y el mantenimiento, problemas que se han generado por el cambio de la actividad económica de la ciudad y el crecimiento urbano, aumentando la demanda de agua, además, en la mayoría de los casos, no se realiza mantenimiento preventivo.

Las fugas de agua potable generan molestias a la población ya que por días no cuentan con el cien por ciento del servicio y cuando estas son localizadas muchas veces

los trabajos de excavación y reparación llevan más tiempo de lo esperado, por lo que la suspensión temporal del agua ocasiona malestar a los transeúntes, al tránsito vehicular, generando contaminación ambiental. Por lo tanto, ante la actual problemática surgen las siguientes preguntas, ¿Cuáles son las zonas que presentan mayor cantidad de fugas en las redes de distribución de la ciudad de Ibarra y como estas afectan económicamente a la empresa de agua potable EMAPA-I? Al conocer los diagnósticos del impacto del sistema actual sobre las fugas, se podrá descubrir dónde están los problemas, y, por lo tanto, es posible determinar estrategias para reducir las fugas y brindar un mejor servicio a los usuarios.

4. Justificación

Los problemas de fugas en las redes de abastecimiento de agua potable, imponen un costo inaceptable para la sociedad, reflejando el estigma social, el fracaso ambiental y costos económicos adicionales, debido a que el agua es un bien y una necesidad.

Por consiguiente, es oportuno realizar la investigación, para determinar los factores que influyen en la escasez de agua potable. Esta población de 181 175 habitantes, según los datos registrados por el Instituto Nacional de Estadística y Censos del año 2010 (INEC, 2010), requiere un eficiente servicio de agua potable para mejorar la calidad de vida, garantizar el bienestar de los habitantes, estimando el volumen de agua incontrolada y regular las tarifas de facturación.

El estudio de la incidencia de fugas en las redes de abastecimiento de agua potable en el Cantón Ibarra, contribuirá a EMAPA-I a detectar la cantidad de agua fugada relacionándolo con la tarifación verificando cuanto pierde económicamente la empresa de agua potable, se detectarán las zonas con mayor incidencia de fugas, identificando las causas, problemas, se determinará la cantidad de agua total incontrolada y se actualizará los consumos no registrados.

5. Objetivos

5.1 General

- Determinar la incidencia de fugas en las redes de abastecimiento de agua potable en la ciudad de Ibarra.

5.2 Específicos

- Identificar las zonas que presenten mayor cantidad de fugas en las redes de la ciudad de Ibarra y elaborar el mapa final de zonas con mayor incidencia en fugas en la red de agua potable, utilizando los datos otorgados por la EMAPA-I.
- Calcular los volúmenes consumidos no registrados, en base a la información proporcionada.
- Realizar un balance hídrico técnico, detectando la cantidad de agua fugada en relación con la tarificación y verificar cuanto se pierde económicamente.
- Identificar mediante inspecciones el proceso de operación y mantenimiento de las redes de agua potable, determinado las causas y problemas presentes en la ciudad de Ibarra.

CAPITULO II. MARCO TEORICO

2. Marco Referencial

2.1 Generalidades del sistema de agua potable

2.1.1 Sistema de Agua Potable

El sistema de abastecimiento de agua potable es un conjunto de infraestructuras, procesos y medidas diseñadas para proporcionar agua segura, es decir, está vinculado a varias obras que conlleva una recolección, drenaje, tratamiento, almacenamiento y distribución de agua desde la fuente ya sean estas superficiales o subterráneas hasta las viviendas (Cárdenas & Patiño, 2010).

Además, estas deben estar diseñadas para que cumplan con parámetros de calidad, cantidad, continuidad y presión

2.2 Pérdidas

Es el desperdicio involuntario del volumen de agua, que no pueden ser medidos o contabilizados debido a fugas, errores de medición y facturación (Medina, 2009).

Pérdidas reales: Es la pérdida que se genera en la red de distribución y conexiones domiciliarias debido a fugas en las tuberías, conexiones defectuosas, roturas o fallos en las válvulas (Medina, 2009).

Pérdidas aparentes: Representan a la diferencia entre la cantidad de agua registrada como suministrada y la cantidad de agua consumida o utilizada, estas pérdidas ocurren debido a errores de medición o conexiones ilegales (Medina, 2009).

2.3 Fugas en la red de distribución.

Estas fugas se generan por altas presiones del suelo que puede ser generadas por obras subterráneas, crecimiento urbano, tránsito vehicular y se encuentran en las redes primarias y secundarias, generalmente se producen por material defectuoso, cargas superficiales, mala instalación de las tuberías y por golpes de ariete, cuando no se controlan las presiones se provocan estos cambios bruscos en el sistema, ya que ocurren dentro o fuera de la superficie y algunas veces son difíciles de detectar es por ello que se utilizan equipos tecnológicos (Fernández, 2015).

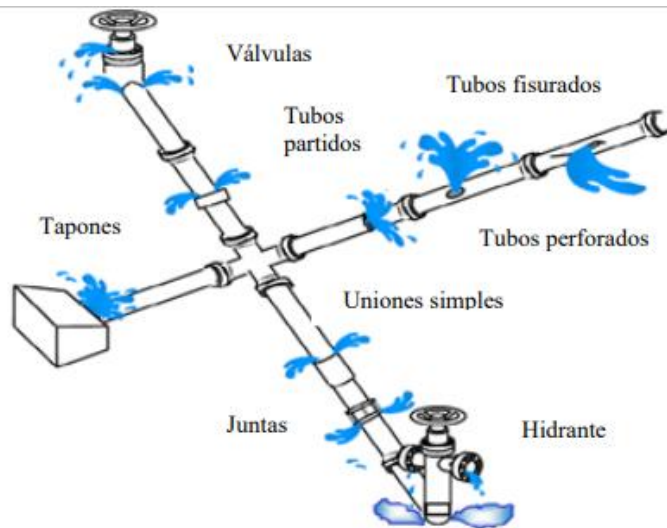


Figura 4. Fallas en tuberías principales
Fuente: (Ortiz, 2004)

2.4 Balance Hídrico

Es una herramienta utilizada para evaluar y calcular el flujo y la disponibilidad de agua en un área específica durante un período determinado. Este balance permite cuantificar la entrada y salida de agua en el sistema y conocer sus características, mediante la aplicación del principio de conservación de la masa o la ecuación de continuidad, obteniendo volúmenes de agua durante el intervalo en que se analizan los flujos, capacidad del río, afluente del caudal, predicciones hidrológicas (Diaz & Alarcón, 2018).

2.4.1 Diagnostico mediante el balance hídrico de un sistema de distribución de agua

Un balance hídrico tiene como objetivo conocer con exactitud los diversos niveles y destinos del agua inyectada en un sistema, de manera que se pueda evaluar la eficiencia del mismo a través de rendimientos volumétricos porcentuales, los cuales miden el nivel y el volumen de agua perdida. (Medina & Benavides, 2009)

El método más eficaz para realizar el cálculo del balance hídrico es a través del diagrama arbóreo propuesto por Cabrera et al., (1999) en su artículo titulado “Auditoría de Redes de Distribución de Agua”, donde contempla cuatro criterios que involucran los caudales consumidos y los incontrolados.

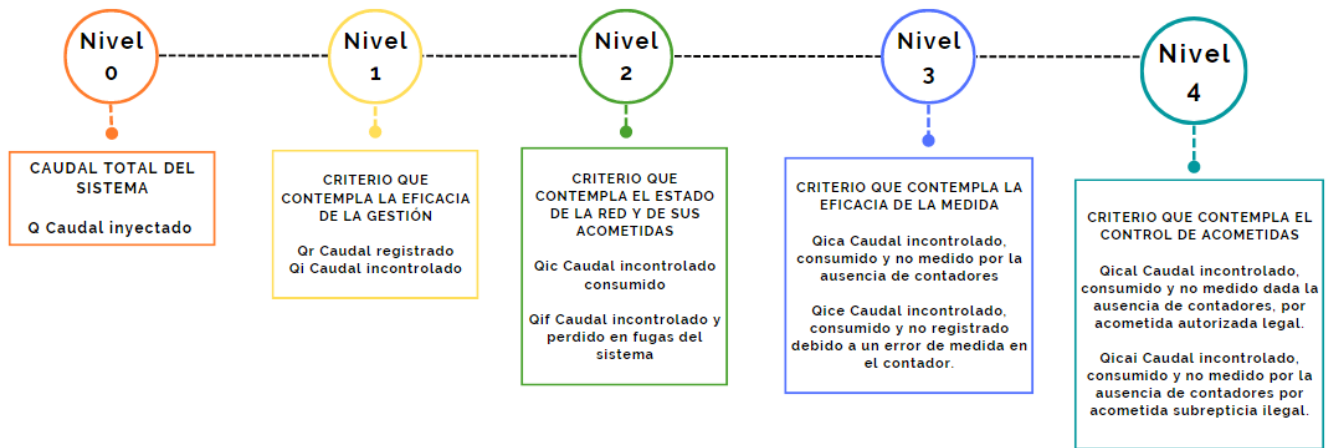


Figura 5. Balance hídrico completo de un sistema de distribución de agua

Fuente: Cabrera et al., (1999)

2.4.2 Rendimientos hídricos porcentuales de una red de agua

- **Rendimiento Global de sistema:** Se refiere a la eficiencia y efectividad general del sistema en el suministro de agua potable evaluando la disponibilidad, calidad de agua, la cobertura, la continuidad y la gestión, es decir, representa la síntesis del abastecimiento, contemplando la red de distribución como la gestión.

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

Rendimiento de la red: Mide el estado físico y el modo de operación es decir realiza un control de los niveles de presiones. (1)

$$\eta_r = \frac{Q_s}{Q} \quad (2)$$

- **Rendimiento de la gestión técnico-administrativa efectiva:** Este rendimiento muestra hasta qué punto se registra el caudal suministrado a los usuarios Cabrera et al., (1999).

$$\eta_g = \frac{Q_r}{Q_s} \quad (3)$$

A partir del rendimiento global porcentual de un abastecimiento la gestión se clasificar según la tabla 3.

Tabla 3.

Calificación de la gestión de abastecimiento en función del rendimiento global del sistema

Rango	Calificación
Ns>0,9	Excelente
0,8<Ns<0,9	Muy bueno
0,7<Ns<0,8	Bueno
0,6<Ns<0,7	Regular
0,5<Ns<0,6	Malo
0,5<Ns	Inaceptable

Fuente: Cabrera et al., (1999)

2.5 Evaluación de desempeño de la prestación de los servicios

El ARCA (2018) (Agencia de Regulación y Control de Agua) es una entidad encargada de regular y controlar el sector del agua en el Ecuador. Su objetivo principal es garantizar la gestión eficiente, sostenible y equitativa de los recursos hídricos, así como asegurar la calidad y accesibilidad del agua potable para la población, por ende, evalúa a las empresas de agua mediante niveles de desempeño, estos se determinan a partir los rangos establecidos por la misma agencia y los cuales con emitidos por resoluciones de la Dirección Ejecutiva. Los rangos establecidos por la resolución 003 se denominan así :

Rango I – Alto: La administración del servicio y el estado de la infraestructura cumplen con los niveles aceptables de rendimiento. Tanto la gestión del servicio como el estado de la infraestructura se consideran adecuados con una intervención menor (ARCA, 2018).

Rango II – Medio: La administración del servicio y/o la condición de la infraestructura no cumplen con los niveles aceptables de rendimiento. Tanto la gestión del servicio como el estado de la infraestructura se encuentran en estado de alerta y requieren una intervención moderada (ARCA, 2018).

Rango III – Bajo: La administración del servicio y el estado de la infraestructura no cumplen con los niveles aceptables de rendimiento. Tanto la gestión del servicio como el estado de la infraestructura se encuentran en estado de emergencia y requieren una intervención alta. (ARCA, 2018).

Tabla 4.

Indicador de agua no contabilizada

Categorías: Ninguno		
Rango I – Alto		
4,8	$\leq ANC \leq$	30
Categorías: A y B		
Rango II – Medio		
30	$< ANC \leq$	45
Categorías: C y D		
Rango III – Bajo		
$ANC > 45$		

Nota: La tabla muestra las categorías correspondientes a cada rango.

Fuente: (ARCA, 2021)

2.6 Estado del arte

Según el artículo “Estimación y localización de fugas en una red de tuberías de agua potable usando algoritmos genéticos”, se menciona la importancia de detectar fugas en tuberías de redes cerradas, determinando el caudal de las mismas y la posición donde ocurren, la investigación arroja como resultado una verificación de gastos (suministrado y de fuga), además se demostró que cuando la magnitud de las fugas no son grandes en comparación con las demandas, los resultados del método dan cierta aproximación a las fugas (Fuentes, Palma, & Rodríguez, 2011).

Asimismo, la investigación de Enrique Cabrera (2014), menciona una metodología en base a datos disponibles de los suministros de agua urbanos, donde el balance hídrico propuesto es distinto al recomendado por IWSA (International Winter Swimming Association), concluyendo con su investigación que la auditoria propuesta refleja tanto el estado de salud media del abastecimiento, como su evolución, permitiendo programar actuaciones de mejora de rendimiento en el corto y medio plazo (Cabrera, Almandoz, Arregui, & García, 2014).

En los estudios de Fuentes, Palma, & Rodríguez (2011) y Benavides (2018) mencionan que las fugas no se pueden eliminar en su totalidad, ya que siempre existirá un volumen mínimo de pérdidas reales inevitables y otro volumen de pérdidas potencialmente recuperables y que por tal razón es imprescindible ejecutar acciones

encaminadas a reducir las fugas existentes y evitar a futuro la presencia de nuevas fugas (Benavides, 2018).

Según el boletín estadístico de agua potable y saneamiento del año 2021, la cobertura del servicio de agua potable en el Ecuador es del 78,8%, con un promedio indicador de continuidad que alcanza el 91,0% lo que quiere decir que cuenta con un servicio de agua de 22 horas al día, esto tomando en cuenta que el servicio fue interrumpido por cortes programados o no programados.

El costo unitario del metro cúbico de agua para el Ecuador en el año 2021 según el indicador es de 0,94 dólares a comparación con el año 2020 que fue de 1,02 dólares (ARCA, 2021).

El agua no contabilizada a nivel nacional asciende a 48,4%, este parámetro permite establecer el volumen de agua tratada que se pierde desde la red del sistema hasta que llega a los consumidores. A nivel provincial el agua no contabilizada en Imbabura es de 38,92% valores tomados de acuerdo al promedio de 3 cantones: Antonio Ante, Otavalo y Pimampiro sin tomar en cuenta 3 cantones: Ibarra, Cotacachi y San Miguel de Urcuquí que registraron información fuera del rango permitido. Sin embargo, en el cantón Ibarra se ha registrado una cobertura del servicio de agua potable de 96,95%, y el agua no contabilizada registra información fuera del rango permitido según el Benchmarking de prestadores públicos de los servicios de agua potable y saneamiento en el Ecuador (ARCA, 2021).

Otros estudios como el de la ciudad de Portoviejo que en el año 2020 contaba con 53 359 conexiones de agua potable, y una planta de tratamiento que produce 88 000 m³/día, con una pérdida de agua del 71%, sin embargo, esta tendencia se ha mantenido desde el año 2015 con una mayor influencia en el año 2016 por el terremoto. La pérdida de volumen de agua potable se da por la presencia de la red antigua las cuales tienen más de 30 años, las reparaciones en tuberías (asbesto cemento y hierro), aunque la mayor cantidad de fugas se presentan en collarines, llaves de corte, neoplos, uniones y llaves de control. Por lo que se realiza un plan piloto donde se recomienda la instalación de medidores, sectorización e implementación de gestión de presiones con lo cual se espera que en 5 años el agua fugada tenga una proyección de 32,85 % (Cedeño, Molina & Perero, 2021).

En el cantón Pangua (Provincia de Cotopaxi) para el sistema de agua potable El Corazón en el año 2017 se registró un porcentaje de agua no contabilizada de 67,90%, estas pérdidas representaron en dinero a \$ 7 640,28 mensual y \$ 91 683,36 anual. Esto tomando en cuenta que el caudal distribuido de agua potable es de 12,06 l/s, teniendo un caudal de pérdidas totales de 8,19 l/s, lo que significa que 7,32 l/s corresponden a pérdidas técnicas y 0,86 l/s a pérdidas comerciales (Rosero, 2019).

Según la investigación “Análisis del costo de producción de agua potable y el índice de pérdida de agua no contabilizada, en las plantas de producción Tomebamba y Machángara de la Empresa Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Cuenca (ETAPA EP)” menciona que la ciudad de Cuenca cuenta con una Unidad de Control de Agua No Contabilizada (UCANC) desde 1984, pero fue desde 1993 donde se implementó un plan piloto, ya que presentaba un

valor crítico de pérdidas de agua potable de un 52%. Para el año 2013 la variación de pérdidas de agua es notable con un 24,90%, siendo Cuenca una de las ciudades con menor índice de fugas, por lo que la EMAPA EP es una de las empresas con mayor eficiencia del país (Nieves & Ramón, 2014).

Según la investigación “Incidencia de fugas en la red de abastecimiento de agua potable del cantón Riobamba” realizada por Achache & Gomez (2022) para el año 2021 se registró un porcentaje de agua no contabilizada del 39%, donde menciona que del total del ANC el 8% corresponden a pérdidas aparentes mientras que el 31% a pérdidas reales, lo que indica que este valor supera el límite definido por el ARCA, es por ello que el rendimiento del sistema fue calificado como “regular” y el nivel de desempeño “medio”. El agua fugada para el año 2021 fue de 6’726 447,39 m³/año y cuya pérdida económica alcanzó los \$ 3’295 959 anuales.

CAPITULO III. METODOLOGÍA

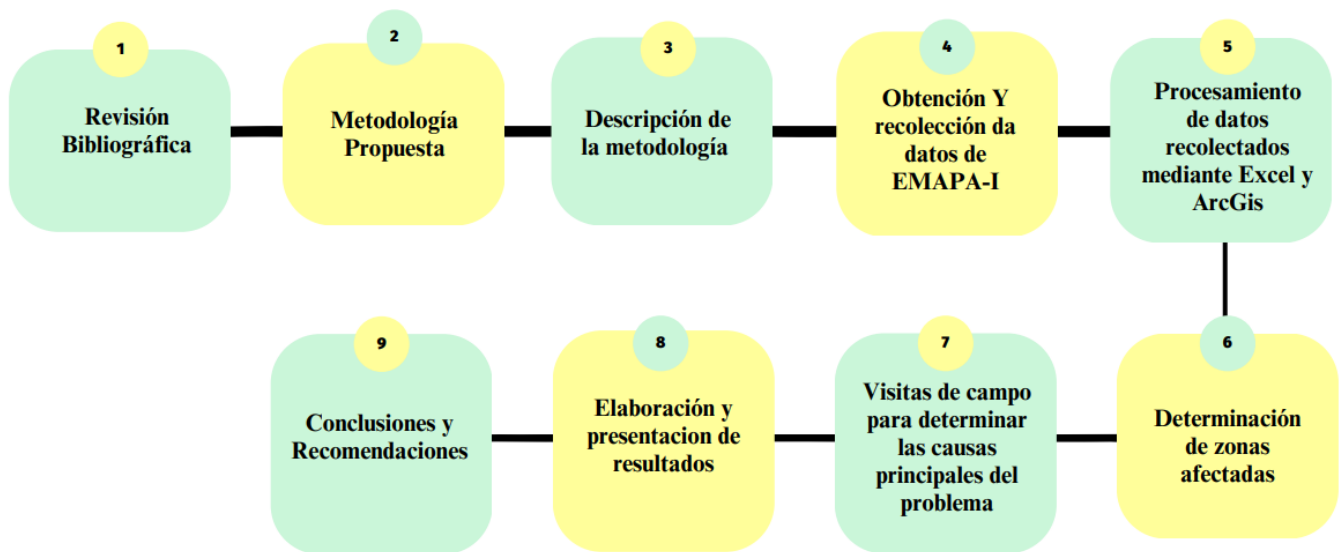
3. Metodología

El proyecto de investigación busca determinar la incidencia de fugas presentes en las redes de abastecimiento de la ciudad de Ibarra, a través del análisis de los datos históricos de la Empresa Municipal de Agua Poble y Alcantarillado de la ciudad de Ibarra.

Se empezó con una revisión bibliográfica para ampliar y actualizar conocimientos del estudio a realizar, para lo cual se utilizó las fuentes bibliográficas digitales como Scopus, bibliotecas virtuales, repositorios universitarios, etc. Seguidamente se recolectaron los datos necesarios para la investigación que fueron otorgados por la EMAPA-I y se realizó un análisis mediante el software Excel para identificar las zonas críticas en donde se presentan fugas y se realizó visitas de campo a los sectores afectados con el objetivo de identificar los procesos de operación y mantenimiento que se estén ejecutando.

A continuación, en la Figura 6 se detalla la metodología propuesta para cumplir los objetivos planteados en el estudio:

Figura 6. Organigrama de la propuesta de investigación



Fuente: (Alcuacer & Guaminga, 2023)

3.1 Tipo y diseño de la investigación

La metodología utilizada en la presente investigación posee un enfoque mixto, es decir cuantitativo y cualitativo, dividido en etapa cuantitativa a la recopilación de datos y posterior análisis para el cálculo del balance hídrico, estimar el volumen de agua

incontrolada y detectar el agua fugada, mientras que la etapa cualitativa hace referencia a la recopilación de información in situ de los posibles problemas que presenten las zonas de mayor incidencia a fugas en la ciudad de Ibarra.

El diseño que se aplicó en la investigación es no experimental debido a que se observaron las situaciones ya existentes sin intervención directa del investigador, es decir en su estado natural tal y como se muestra para después poder analizarlas.

3.2 Alcance

El alcance que tuvo la investigación es correlacional y explicativo; correlación ya que permitió determinar el comportamiento y relación que tienen varios factores en la incidencia de fugas en las redes de abastecimiento de agua; y explicativo porque buscó conocer las causas y efectos de las fugas en las redes de distribución y detallar las variables, examinando fenómenos a estudiar utilizando la medición, recolección y evaluación de datos.

Población de estudio

La población de estudio corresponde a todas las personas registradas como usuarios/clientes de la empresa pública de prestación del servicio de agua potable de la ciudad de Ibarra. Para ello se tomó en cuenta el registro de información proporcionada por parte del área de Tecnologías de Información de la EMAPA-I, la cual indica que a diciembre del año 2021 existieron un total de 57 684 usuarios registrados de las diversas categorías como se indica en la Tabla 5. Para el presente estudio fueron analizados todos los datos de los registros de consumo mensual de enero a diciembre del año 2021 de cada uno de los usuarios.

Tabla 5.

Número de usuarios y categoría a diciembre del año 2021

Tarifas	N° de usuarios por tarifa	Porcentaje que representa
Residencial	41 429,66	71,8%
Comercial	7 862,56	13,6%
Tercera edad	4 460,49	7,7%
Oficinal	1 360,83	2,4%
Discapacidad	945,02	1,6%
Beneficencia	491,41	0,9%
Industrial	378,01	0,7%
Tarifa especial	378,01	0,7%
Municipal	226,80	0,4%
Especial	151,20	0,3%
Total	57 684	100%

Nota: El mayor número de usuarios se encuentra en el sector residencial, representando un 71,8%.

Fuente: (Alcuacer & Guaminga, 2023)

3.3 Procesamiento y análisis de datos

3.3.1 Balance hídrico técnico

En la investigación se utiliza la terminología propuesta por Cabrera et al., (1999) en su investigación “Auditoría de redes de distribución de agua”

Caudal inyectado (Q): Valores obtenidos mediante el uso de macromedidores o caudalímetros ubicados en los puntos de salida de los tanques de reserva de agua.

Caudal registrado (Qr): Volumen cuantificado o facturado por los medidores instalados en las acometidas domiciliarias de cada usuario.

Caudal incontrolado (Qi): Volumen que no es registrado y cuyo destino se desconoce, por lo que no existe recaudación de la entidad de agua potable.

$$Q_i = Q + Q_r \quad (4)$$

Caudal incontrolado consumido (Qic): Volumen consumido por los usuarios, pero no cuantificado por la Empresa de agua potable

Caudal incontrolado fugado (Qif): Volumen de agua incontrolado y que se pierde debido a las fugas en el sistema (tuberías, uniones, etc).

$$Q_{if} = Q - (Q_r + Q_{ic}) \quad (5)$$

Caudal suministrado (Qs): Caudal suministrado a todos los usuarios

$$Q_s = Q - Q_{if} = Q_r + Q_{ic} \quad (6)$$

Para el cálculo de los balances hídricos se procesaron los datos proporcionados por EMAPA-I desde enero a diciembre del año 2018 al 2021.

3.4 Procesamiento de volúmenes inyectados (Q)

Desde el año 2016 EMAPA-I realiza la medición de los volúmenes de agua inyectada a través de macromedición en tres redes: Caranqui, Guaraczapas y Azaya, posteriormente en el año 2019 en las redes: Palestina, Aloburo y Yahuarcocha y se pretende que para inicios del año 2023 se coloquen en las redes: San Juan Poglyo y Tanguarín, completando así la macro medición en las ocho redes existentes. Los datos proporcionados de las redes que no han tenido macromedición desde el año 2016 fueron tomados a través de micromedición (caudalímetros).

Tabla 6.*Caudales inyectados a las redes de distribución de la ciudad de Ibarra desde el año 2018-2022*

Red	Año 2018		Año 2019		Año 2020		Año 2021		Año 2022 (enero-junio)	
	Q (l/s)	Q (m ³ /mes)	Q (l/s)	Q (m ³ /mes)	Q (l/s)	Q (m ³ /mes)	Q (l/s)	Q (m ³ /mes)	Q (l/s)	Q (m ³ /mes)
Caranqui	255,60	8'060 613,60	250,05	7'885 726,10	256,44	8' 087 006,12	288,40	9'095 085,98	156,88	4'947 470,87
Azaya	136,71	4'311 177,29	145,36	4'584 098,39	142,95	4'508 091,83	145,87	4'600 162,41	78,90	2'488 232,50
Guaracapas	122,75	3'871 019,23	115,40	3'639 104,68	132,50	4'178 472,69	136,44	4'302 777,54	74,95	2'363 580,51
Palestina	31,74	1'000 856,19	41,12	1'296 685,08	45,37	1'430 657,41	40,00	1'261 441,67	22,22	700 877,62
Tanguarin	15,15	477 917,57	14,85	468 274,07	15,47	487 707,92	12,00	378 432,50	8,65	272 843,59
San Juan Poglyo	26,50	835 796,61	24,26	765 087,79	25,13	792 546,11	25,00	788 401,04	12,69	400 275,81
Aloburo	4,64	146 470,31	4,47	141 031,98	4,43	139 583,30	4,24	133 712,82	3,24	102 242,40
Yahuarcocha	5,17	162 937,75	5,31	167 314,99	5,68	179 208,93	6,00	189 216,25	3,59	113 136,95
Total	598,26	18'866 788,55	600,82	18'947 323,09	627,96	19'803 274,31	657,95	20'749 230,21	361,13	11'388 660,26

Fuente: (Alcuacer & Guaminga, 2023)

Se registra un mayor caudal en la red de sistema de agua potable de Caranqui, esto debido a que la población servida es mayor. En el año 2018 el caudal inyectado fue de 598,56 l/s lo que equivale a 18'866 788,55 m³/año y la población servida total fue de 200 306 habitantes correspondientes a las parroquias urbanas. En el año 2019 el caudal inyectado fue de 600,82 l/s lo que equivale a 18'947 323,09 m³/año y la población servida total fue de 203 734 habitantes correspondientes a las parroquias urbanas.

En el año 2020 el caudal inyectado fue de 627,96 l/s lo que equivale a 19'803 274,311 m³/año y la población servida total fue de 204.920 habitantes correspondientes a las parroquias urbanas. En el año 2021 el caudal inyectado fue de 657,95 l/s lo que equivale a 20'749 230,21 m³ y la población servida total fue de 207 662 habitantes correspondientes a las parroquias urbanas. Hasta el mes de junio del año 2022 el caudal inyectado fue de 11'388 660,26 m³/año y la población servida total fue de 209 668 habitantes correspondientes a las parroquias urbanas.

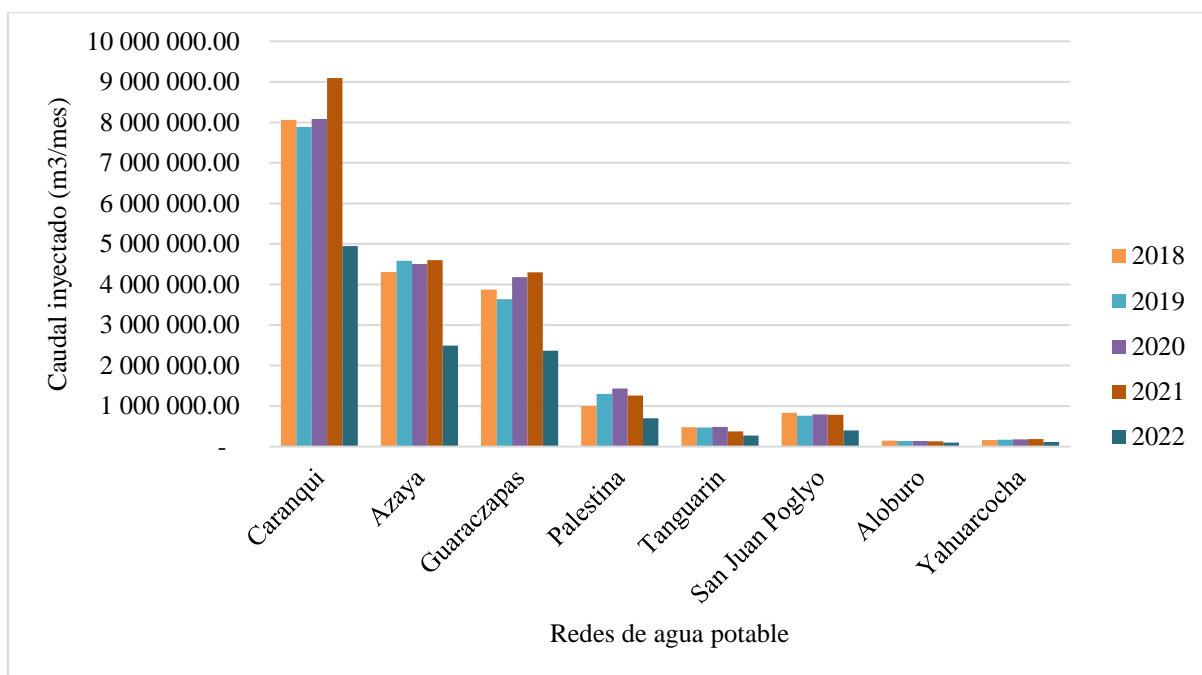


Figura 7. Caudales inyectados por red de distribución del año 2018-2022

Fuente: (Alcuacer & Guaminga, 2023)

3.5 Procesamiento de volúmenes registrados (Qr)

El volumen registrado (facturado) representa el caudal consumido por los usuarios de forma mensual, y se registra mediante la toma de lecturas en los micromedidores (medidores en las acometidas domiciliarias) que posee cada usuario del servicio de agua potable. En el año 2021 se registró un volumen de agua consumida de 12'380 388,52 m³/año y en el año 2022 hasta el mes de junio se registró 6'569 025,75 m³/año. A continuación, se detalla los registros históricos desde el año 2018 hasta el año 2022.

Tabla 7.

Consumos registrados (facturados) en el año 2018

Meses	Consumo Factura Por Redes (m ³ /mes)								TOTAL (m ³ /mes)
	Caranqui	Azaya	Guaraczapas	Palestina	Tanguarin	San Juan Poglyo	Aloburo	Yahuarcocha	
Enero	443 815,00	291 253,59	199 716,75	44 381,50	25 637,04	43 709,05	7 544,86	9 862,56	1'065 920,35
Febrero	293 894,25	226 298,57	176 336,55	39 185,90	23 110,16	38 573,81	6 530,98	8 707,98	812 638,20
Marzo	413 752,00	217 219,80	186 188,40	41 375,20	24 939,60	40 748,30	7 033,78	9 194,49	940 451,57
Abril	321 051,00	224 735,70	192 630,60	42 806,80	25 802,52	42 158,21	7 277,16	9 512,62	865 974,61
Mayo	415 045,50	217 898,89	186 770,48	41 504,55	25 017,56	40 875,69	7 055,77	9 223,23	943 391,68
Junio	428 702,00	230 695,26	192 915,90	42 870,20	25 840,73	42 220,65	7 287,93	9 893,12	980 425,81
Julio	308 625,75	216 038,03	185 175,45	41 150,10	24 803,91	40 526,6	6 995,52	8 817,88	832 133,25
Agosto	330 048,75	173 835,60	198 029,25	55 008,13	26 525,66	43 339,73	7 481,11	9 429,96	843 698,19
Septiembre	306 163,88	214 314,71	183 698,33	40 821,85	24 606,06	40 203,34	6 939,71	8 747,54	825 495,41
Octubre	409 496,05	232 103,03	198 945,45	44 210,10	26 648,38	45 433,30	7 515,72	9 473,59	973 825,62
Noviembre	329 277,38	223 908,62	186 974,67	43 903,65	26 463,66	45 118,38	7 463,62	9 407,93	872 517,89
Diciembre	291 428,45	198 975,52	165 175,02	47 267,29	23 417,07	40 630,80	6 333,74	8 367,84	781 595,74
Total (m³/año)	4'291 300,00	2'667 277,31	2'252 556,84	524 485,27	302 812,35	503 537,90	85 459,90	110 638,74	10'738 068,32

Fuente: (Alcuacer & Guaminga, 2023)

La tabla 7, muestra que el caudal registrado en el año 2018 fue 10'738 068,32 m³/año lo que equivale a 4 086,01 l/s, además el mayor consumo en los sistemas: Caranqui, Azaya, Guaraczapas, Yahuarcocha y San Juan Poglyo es en el mes de Enero y el menor consumo en el mes de Diciembre a excepción del último que el menor consumo se registró en febrero, en Palestina el mayor consumo es en agosto y el menor en febrero, en Tanguarín existió mayor consumo en Octubre y menor en febrero y en el sistema de agua Aloburo se registró un mayor consumo en el mes de junio y el menor en el mes de diciembre.

Tabla 8.

Consumos registrados (facturados) en el año 2019

Meses	Consumo Factura por redes (m3/mes)								TOTAL (m3/mes)
	Caranqui	Azaya	Guaraczapas	Palestina	Tanguarin	San Juan Poglyo	Aloburo	Yahuarcocha	
Enero	452 469,84	279 680,00	202 275,70	73 573,11	26 539,68	42 154,67	6 948,92	9 978,44	1'093 620,36
Febrero	369 581,07	228 435,59	164 149,26	60 095,12	21 677,83	34 432,28	5 675,93	8 150,47	892 197,55
Marzo	385 276,58	238 146,60	167 651,76	62 647,26	22 598,45	35 894,56	5 916,98	8 496,61	926 628,80
Abril	400 458,60	247 530,89	174 258,16	65 115,91	23 488,96	37 309,00	6 150,14	8 831,43	963 143,08
Mayo	410 164,58	258 288,28	181 831,20	67 945,77	24 509,76	39 244,36	6 417,42	9 215,23	997 616,59
Junio	380 205,92	241 364,01	169 916,77	61 679,54	22 903,76	36 672,89	5 996,92	8 611,40	927 351,21
Julio	384 515,89	242 136,81	170 460,81	60 158,21	22 977,10	36 790,31	6 016,12	8 638,98	931 694,22
Agosto	400 950,59	254 533,24	179 187,71	63 238,07	24 153,43	38 673,82	6 324,12	9 081,26	976 142,24
Septiembre	396 068,66	250 756,35	176 528,84	62 299,71	23 795,03	38 099,96	6 230,28	8 946,50	962 725,34
Octubre	390 565,05	247 605,64	174 310,78	61 516,93	23 496,05	37 621,24	6 152,00	8 834,09	950 101,77
Noviembre	394 599,72	247 200,73	176 325,63	62 228,00	23 838,59	38 056,10	6 223,11	8 936,21	957 408,08
Diciembre	343 390,49	209 461,87	153 463,20	54 314,37	20 772,17	33 117,92	5 417,38	7 776,59	827 713,98
Total (m³/año)	4'708 247,00	2'945 140,00	2'090 359,80	754 812,00	280 750,80	448 067,10	73 469,31	105 497,21	11'406 343,22

Fuente: (Alcuacer & Guaminga, 2023)

La tabla 8, muestra que el caudal registrado en el año 2019 fue 11'406 343,22 m³/año lo que equivale a 4 340,31 l/s, además el mayor consumo registrado en todos los sistemas: Caranqui, Azaya, Guaraczapas, Palestina, Yahuarcocha, Tanguarín, Aloburo y San Juan Poglyo es en el mes de enero y el menor consumo en el mes de diciembre.

Tabla 9.

Consumos registrados (facturados) en el año 2020

Meses	Consumo Factura por redes (m3/mes)								TOTAL (m3/mes)
	Caranqui	Azaya	Guaraczapas	Palestina	Tanguarin	San Juan Poglyo	Aloburo	Yahuarcocha	
Enero	521 587,23	287 049,77	251 351,68	91 567,10	34 429,23	48 563,26	8 119,25	11 196,04	1'253 863,56
Febrero	417 085,70	229 538,51	200 992,64	73 221,36	27 531,23	38 833,47	6 724,41	8 952,88	1'002 880,20
Marzo	378 815,90	208 477,14	182 550,51	66 502,92	25 005,10	35 313,05	6 107,41	8 131,41	910 903,43
Abril	1 552,86	854,60	748,32	272,61	102,50	144,76	25,04	33,33	3 734,01
Mayo	384 348,36	211 521,87	185 216,59	67 474,17	25 370,29	35 828,78	6 196,61	8 250,16	924 206,83
Junio	488 799,49	269 005,40	235 441,02	85 811,06	32 264,96	45 565,67	7 880,61	10 492,24	1'175 260,44
Julio	442 348,95	243 441,86	213 067,10	77 745,19	29 276,48	41 235,57	7 131,71	9 495,16	1'063 742,03
Agosto	441 222,52	242 733,42	212 524,53	77 547,22	29 201,93	41 130,57	7 113,55	9 470,99	1'060 944,72
Septiembre	426 760,59	234 777,35	205 558,62	75 005,46	28 244,78	39 782,43	6 880,39	9 160,56	1'026 170,17
Octubre	459 942,63	253 032,06	221 541,48	80 837,38	30 440,90	42 875,65	7 415,37	9 872,82	1'105 958,28
Noviembre	460 799,21	253 555,18	221 999,49	81 004,50	30 503,83	42 964,29	7 430,70	9 893,23	1'108 150,42
Diciembre	396 352,96	218 124,84	190 972,05	69 691,05	26 275,78	36 958,29	6 337,11	8 526,30	953 238,37
Total (m³/año)	4'819 616,40	2'652 112,00	2'321 964,00	846 680,00	318 647,00	449 195,79	77 362,16	103. 475,11	11'589 052,46

Fuente: (Alcuacer & Guaminga, 2023)

La tabla 9, muestra que el caudal registrado en el año 2020 fue 11'589 052,46 m³/año lo que equivale a 4 409,84 l/s, además el mayor consumo registrado en todos los sistemas: Caranqui, Azaya, Guaraczapas, Palestina, Yahuarcocha, Tanguarín, Aloburo y San Juan Poglyo es en el mes de enero y el menor consumo en el mes de abril.

Tabla 10.

Consumos registrados (facturados) en el año 2021

Meses	Consumo Factura por redes (m ³ /mes)								TOTAL (m ³ /mes)
	Caranqui	Azaya	Guaraczapas	Palestina	Tanguarin	San Juan Poglyo	Aloburo	Yahuarcocha	
Enero	484 538,24	224 679,15	214 285,48	66 611,45	26 611,86	35 473,39	8 316,21	10 006,71	1'070 522,50
Febrero	432 847,28	200 710,19	191 425,32	59 505,28	23 772,88	31 689,06	7 429,03	8 939,19	956 318,22
Marzo	452 568,42	209 854,83	200 146,93	62 216,43	24 856,01	33 132,86	7 767,50	9 346,47	999 889,45
Abril	574 234,48	266 271,07	253 953,35	78 942,36	31 538,17	42 040,12	9 855,68	11 859,13	1'268 694,34
Mayo	455 757,68	211 333,68	201 557,37	62 654,87	25 031,17	33 366,35	7 822,24	9 412,34	1'006 935,69
Junio	432 486,61	200 447,76	191 265,81	59 455,70	23 753,07	31 662,65	7 422,84	8 931,74	955 426,18
Julio	442 278,17	204 985,93	195 596,10	60 801,78	242 90,85	32 379,50	7 590,89	9 133,96	977 057,17
Agosto	488 107,57	226 275,75	215 910,69	67 116,65	26 813,69	35 742,43	8 379,28	10 082,61	1'078 428,67
Septiembre	435 692,40	201 977,25	192 725,23	59 909,36	23 934,32	31 904,25	7 479,47	8 999,89	962 622,18
Octubre	467 119,24	216 546,03	206 626,66	64 230,68	25 660,72	34 205,53	8 018,97	9 649,06	1'032 056,89
Noviembre	471 105,66	218 394,04	208 390,02	64 778,82	25 879,71	34 497,44	8 087,41	9 731,41	1'040 864,52
Diciembre	466 872,76	216 463,44	206 534,59	64 202,12	25 649,31	34 190,32	8 015,41	9 644,77	1'031 572,73
Total (m³/año)	5'603 608,51	2'597 939,12	2'478 417,52	770 425,50	307 791,77	410 283,90	96 184,93	115 737,27	12'380 388,52

Fuente: (Alcuacer & Guaminga, 2023)

La tabla 10, muestra que el caudal registrado en el año 2021 fue 12'380 388,52 m³/año lo que equivale a 4 710,95 l/s, además el mayor consumo registrado en todos los sistemas: Caranqui, Azaya, Guaraczapas, Palestina, Yahuarcocha, Tanguarín, Aloburo y San Juan Poglyo es en el mes de abril y el menor consumo en el mes de junio

Tabla 11.

Consumos registrados (facturados) en el año 2022

Meses	Consumo Factura por redes (m ³ /mes)								
	Caranqui	Azaya	Guaraczapas	Palestina	Tanguarin	San Juan Poglyo	Aloburo	Yahuarcocha	TOTAL (m ³ /mes)
Enero	476 477,60	258 918,61	229 080,77	64 687,16	32 187,01	40 324,56	10 853,43	11 238,90	1'123 768,04
Febrero	425 646,55	231 296,95	204 642,23	57 786,27	28 753,27	36 022,70	9 695,57	10 039,92	1'003 883,48
Marzo	445 039,62	241 835,17	213 966,03	60 419,10	30 063,32	37 663,94	10 137,32	10 497,36	1'049 621,85
Abril	564 681,67	306 848,83	271 487,50	76 661,84	38 145,37	47 789,32	12 862,58	13 319,41	1'331 796,53
Mayo	448 175,82	243 539,38	215 473,85	60844,87	30 275,17	37 929,36	10 208,76	10 571,33	1'057 018,55
Junio	425291,88	230 994,53	204 471,71	57 738,12	28 729,32	35 992,68	9 687,50	10 031,56	1'002 937,30
Total (m³/año)	2 785 313,14	1'513 433,48	1'339 122,10	378 137,37	188 153,47	235 722,56	63 445,15	65 698,48	6'569 025,75

Fuente: (Alcuacer & Guaminga, 2023)

La tabla 11, resume el volumen facturado que se registró hasta junio del año 2022, cuyo valor es de 6'569 025,75 m³/año lo que equivale a 2 499,63 l/s, además el registro muestra que el mayor consumo fue en el mes de abril, y el menor en el mes de junio.

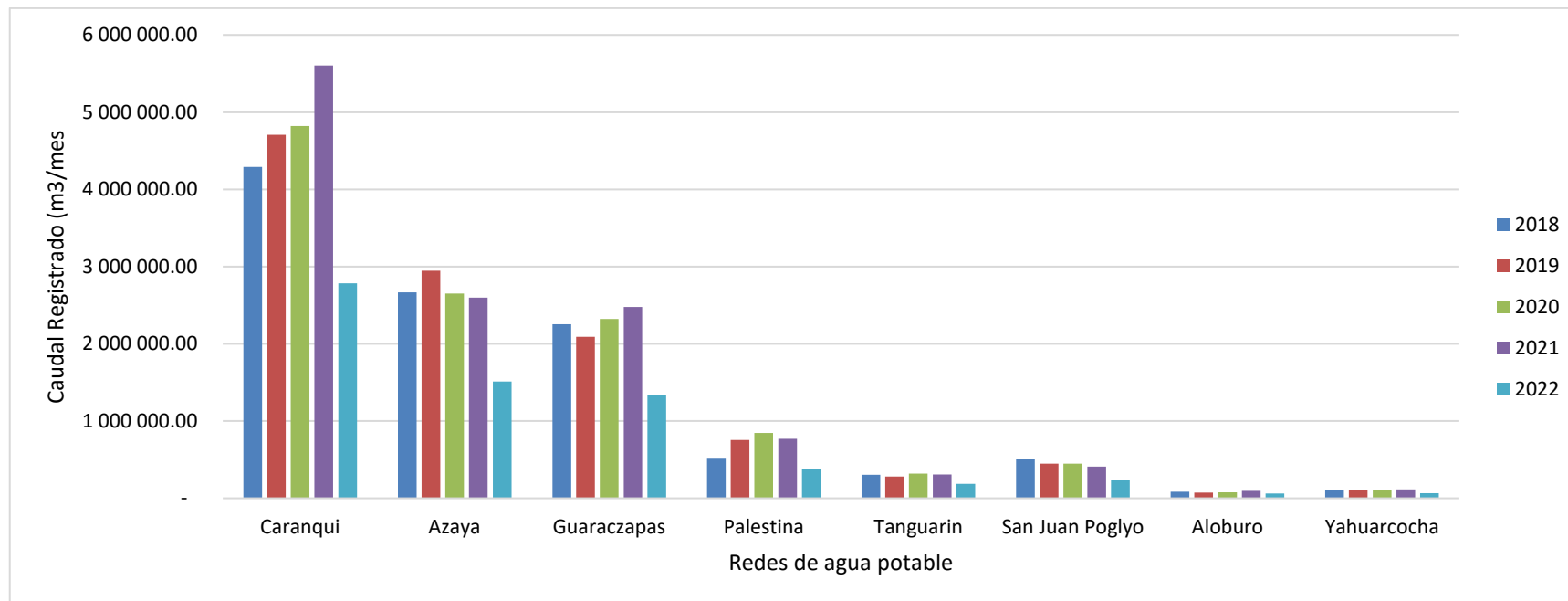


Figura 8. Caudales registrados por red de distribución del año 2018-2022
Fuente: (Alcuacer & Guaminga, 2023)

3.6 Procesamiento de los caudales incontrolados consumidos

En la ciudad de Ibarra existen varias instituciones ya sean estas municipales, educativas, de salud y centros de recreación (parques) que no registran volumen de agua consumida, es por ello que los consumos de cada institución se determinaron en base a la información proporcionada por la NEC-11 de “Dotaciones para edificaciones de uso específico” y que cuya tabla esta anexada en este trabajo ANEXO 1, esto debido a la no existencia de contadores en la red, ya que los usuarios no cuentan con micromedición.

A continuación, se resumen los volúmenes consumidos de las instituciones y que representan el volumen incontrolado consumido y cuyo valor no es registrado por EMAPA-I.

Tabla 12.

Caudal incontrolado consumido de las instituciones de la ciudad de Ibarra

Categoría	Volumen (m³/año)	Volumen (l/s)
Escuelas-Colegios	46 682,345	1,48
Cementerio	30,417	0,001
Coliseo - Museo	22,083	0,001
Hospital	5 049,173	0,160
Asilo	334,583	0,011
Estadio - Parques	205 841,024	6,527
Mercado	81 823,983	2,595
Instituciones Municipales	3 052,925	0,097
Subcentros - Centros Salud	532,292	0,017
Piscina	764,813	0,024
Prision	9 923,451	0,315
Baños Publicos	720,876	0,023
Cuarteles	4 334,381	0,137
TOTAL	359 112,346	11,387

Fuente: (Alcuacer & Guaminga, 2023)

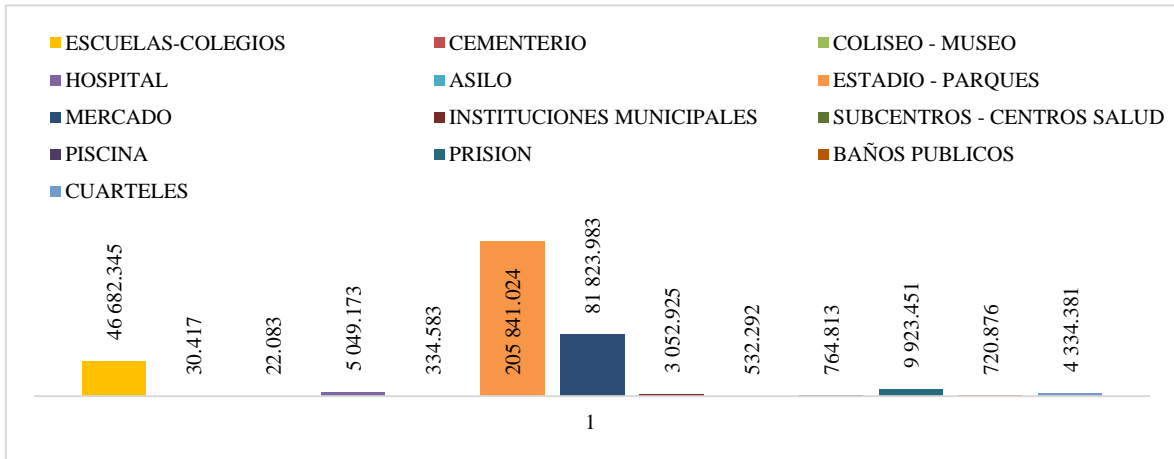


Figura 9. Instituciones que no registran pagos a la EMAPA-I (Caudal incontrolado consumido)

Fuente: (Alcuacer & Guaminga, 2023)

La Figura 9, resume de forma general las instituciones y centros de recreación que no registran consumo de agua, es decir representan el caudal incontrolado consumido, en base a esto se determina que existen 3 instituciones que registran mayor consumo, la primera se da en los estadios y parques municipales con un caudal de 6,527 l/s y 205 841,024 m³/mes, seguido de los mercados municipales con 2,595 l/s y 81 823,983 m³/mes y en las instituciones educativas con un caudal de 1,480 l/s o 46 682,345 m³/mes. Por ende, el caudal incontrolado consumido total es de 359 112,346 m³/año. Para mayor detalle de las instituciones que no registran pago se puede observar el ANEXO 2.

CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4. Resultados

4.1 Balance Hídrico Técnico

En las siguientes tablas, se resumen los balances hídricos técnicos desde el año 2018 hasta el mes de junio del año 2022, donde se observa la relación existente entre el caudal inyectado (Q), registrado (Qr) y caudal incontrolado (Qi), además del caudal incontrolado consumido (Qic) de cada periodo.

Tabla 13.

Balance hídrico técnico del año 2018

AÑO 2018							
Red de sistema de agua potable	Q (m ³ /año)	Qr (m ³ /año)	ANC (distribuido)	Qi (m ³ /año)	Qic (m ³ /año)	Qif (m ³ /año)	% Volumen Fugado
Caranqui	8'060 613,60	4'291 300,00	46,76%	3'769 313,60	238 514,50	3'530 799,10	43,80%
Azaya	4'311 177,29	2'667 277,31	38,13%	1'643 899,97	78 901,65	1'564 998,33	36,30%
Guaraczapas	3'871 019,23	2'252 556,84	41,81%	1'618 462,39	29 501,77	1'588 960,62	41,05%
Palestina	1'000 856,19	524 485,27	47,60%	476 370,92	5 942,06	470 428,86	47,00%
Tanguarin	477 917,57	302 812,35	36,64%	175 105,22	170,25	174 934,98	36,60%
San Juan Poglyo	835 796,61	503 537,90	39,75%	332 258,71	5 264,52	326 994,19	39,12%
Aloburo	146 470,31	85 459,90	41,65%	61 010,41	-	61 010,41	41,65%
Yahuarcocha	162 937,75	110 638,74	32,10%	52 299,00	817,60	51 481,40	31,60%
Total	18'866 788,55	10'738 068,32	43,08%	8'128 720,23	359 112,35	7'769 607,88	41,18%

Fuente: (Alcuacer & Guaminga, 2023)

La tabla 13 resume los diferentes caudales registrados en el año 2018, además muestra un análisis de agua no contabilizada del 41,18%, que según el ARCA se encuentra dentro del Rango II-Medio, es decir, la gestión del servicio o estado de la infraestructura no se encuentran dentro de niveles aceptables de desempeño y se consideran en estado de alerta con un grado de intervención moderado.

Tabla 14.

Balance hídrico técnico del año 2019

AÑO 2019							
Red de sistema de agua potable	Q (m³/año)	Qr (m³/año)	ANC (distribuido)	Qi (m³/año)	Qic (m³/año)	Qif (m³/año)	% Volumen Fugado
Caranqui	7'885 726,10	4'708 247,00	40,29%	3'177 479,10	238 514,50	2'938 964,60	37,27%
Azaya	4'584 098,39	2'945 140,00	35,75%	1'638 958,39	78 901,65	1'560 056,74	34,03%
Guaraczapas	3'639 104,68	2'090 359,80	42,56%	1'548 744,88	29 501,77	1'519 243,12	41,75%
Palestina	1'296 685,08	754 812,00	41,79%	541 873,08	5 942,06	535 931,03	41,33%
Tanguarin	468 274,07	280 750,80	40,05%	187 523,27	170,25	187 353,03	40,01%
San Juan Poglyo	765 087,79	448 067,10	41,44%	317 020,69	5 264,52	311 756,17	40,75%
Aloburo	141 031,98	73 469,31	47,91%	67 562,67	-	67 562,67	47,91%
Yahuarcocha	167 314,99	105 497,21	36,95%	61 817,78	817,60	61 000,18	36,46%
Total	18'947 323,09	11'406 343,22	39,80%	7' 540 979,87	359 112,35	7'181 867,52	37,90%

Fuente: (Alcuacer & Guaminga, 2023)

La tabla 14 resume los diferentes caudales registrados en el año 2019, además muestra un análisis de agua no contabilizada del 37,90%, que según el ARCA se encuentra dentro del Rango II-Medio, es decir, la gestión del servicio o estado de la infraestructura no se encuentran dentro de niveles aceptables de desempeño y se consideran en estado de alerta con un grado de intervención moderado.

Tabla 15.

Balance hídrico técnico del año 2020

AÑO 2020							
Red de sistema de agua potable	Q (m ³ /año)	Qr (m ³ /año)	ANC (distribuido)	Qi (m ³ /año)	Qic (m ³ /año)	Qif (m ³ /año)	% Volumen Fugado
Caranqui	8'087 006,12	4'819 616,40	40,40%	3'267 389,72	238 514,50	3' 028 875,22	37,45%
Azaya	4'508 091,83	2'652 112,00	41,17%	1'855 979,83	78 901,65	1' 777 078,18	39,42%
Guaraczapas	4'178 472,69	2'321 964,00	44,43%	1'856 508,69	29 501,77	1'827 006,92	43,72%
Palestina	1'430 657,41	846 680,00	40,82%	583 977,41	5 942,06	578 035,35	40,40%
Tanguarin	487 707,92	318 647,00	34,66%	169 060,92	170,25	168 890,67	34,63%
San Juan Poglyo	792 546,11	449 195,79	43,32%	343 350,32	5 264,52	338 085,79	42,66%
Aloburo	139 583,30	77 362,16	44,58%	62 221,14	-	62 221,14	44,58%
Yahuarcocha	179 208,93	103 475,11	42,26%	75 733,82	817,60	74 916,22	41,80%
Total	19'803 274,31	11'589 052,46	41,48%	8'214 221,85	359 112,35	7'855 109,50	39,67%

Fuente: (Alcuacer & Guaminga, 2023)

La tabla 15 resume los diferentes caudales registrados en el año 2020, además muestra un análisis de agua no contabilizada del 39,67%, que según el ARCA se encuentra dentro del Rango II-Medio, es decir, la gestión del servicio o estado de la infraestructura no se encuentran dentro de niveles aceptables de desempeño y se consideran en estado de alerta con un grado de intervención moderado.

Tabla 16.*Balance hídrico técnico del año 2021*

AÑO 2021							
Red de sistema de agua potable	Q (m ³ /año)	Qr (m ³ /año)	ANC (distribuido)	Qi (m ³ /año)	Qic (m ³ /año)	Qif (m ³ /año)	% Volumen Fugado
Caranqui	9'095 085,98	5'603 608,51	38,39%	3'491 477,46	238 514,50	3'252 970,38	35,77%
Azaya	4'600 162,41	2'597 939,12	43,53%	2'002 223,29	78 901,65	1'923 325,08	41,81%
Guaraczapas	4'302 777,54	2'478 417,52	42,40%	1'824 360,02	29 501,77	1'794 861,53	41,71%
Palestina	1'261 441,67	770 425,50	38,93%	491 016,17	5 942,06	485 075,13	38,45%
Tanguarin	378 432,50	307 791,77	18,67%	70 640,73	170,25	70 470,89	18,62%
San Juan Poglyo	788 401,04	410 283,90	47,96%	378 117,14	5 264,52	372 853,16	47,29%
Aloburo	133 712,82	96 184,93	28,07%	37 527,89	-	37 528,02	28,07%
Yahuarcocha	189 216,25	115 737,27	38,83%	73 478,98	817,60	72 661,53	38,40%
Total	20'749 230,21	12'380 388,52	40,33%	8'368 841,68	359 112,35	8'009 745,73	38,60%

Fuente: (Alcuacer &aza Guaminga, 2023)

La tabla 16 resume los diferentes caudales registrados en el año 2021, además muestra un análisis de agua no contabilizada del 38,60%, que según el ARCA se encuentra dentro del Rango II-Medio, es decir, la gestión del servicio o estado de la infraestructura no se encuentran dentro de niveles aceptables de desempeño y se consideran en estado de alerta con un grado de intervención moderado.

Tabla 17.*Balance hídrico técnico del año 2022*

Red de sistema de agua potable	AÑO 2022						
	Q (m ³ /año)	Qr (m ³ /año)	ANC (distribuido)	Qi (m ³ /año)	Qic (m ³ /año)	Qif (m ³ /año)	% Volumen Fugado
Caranqui	4'947 470,87	2'785 313,14	43,70%	2'162 157,72	238 514,50	1'923 643,22	38,88%
Azaya	2'488 232,50	1'513 433,48	39,18%	974 799,03	78 901,65	895 897,38	36,01%
Guaraczapas	2'363 580,51	1'339 122,10	43,34%	1'024 458,42	29 501,77	994 956,65	42,10%
Palestina	700 877,62	378 137,37	46,05%	322 740,25	5 942,06	316 798,19	45,20%
Tanguarin	272 843,59	188 153,47	31,04%	84 690,12	170,25	84 519,88	30,98%
San Juan Poglyo	400 275,81	235 722,56	41,11%	164 553,26	5 264,52	159 288,73	39,79%
Aloburo	102 242,40	63 445,15	37,95%	38 797,24	-	38 797,24	37,95%
Yahuarcocha	113 136,95	65 698,48	41,93%	47 438,47	817,60	46 620,87	41,21%
Total	11'388 660,26	6'569 025,75	42,32%	4'819 634,51	359 112,35	4'460 522,16	39,01%

Fuente: (Alcuacer & Guaminga, 2023)

La tabla 17 resume los diferentes caudales registrados hasta junio del año 2022 y muestra que el agua no contabilizada es del 39,01%, que el ARCA califica en el Rango II-Medio, es decir, la gestión del servicio o estado de la infraestructura no se encuentran dentro de niveles aceptables de desempeño y se consideran en estado de alerta con un grado de intervención moderado.

4.2 Rendimientos Volumétricos

En base a los balances hídricos se realizó el cálculo de los rendimientos volumétricos, ya sean estos globales, de red o de la gestión técnico-administrativa efectuada. A continuación, se resumen en las siguientes tablas los rendimientos desde el año 2018 hasta el año 2022.

Tabla 18.*Rendimientos volumétricos del año 2018*

Sistema	Ns (rendimiento global)	Nr (rendimiento de la red)	Ng (rendimiento de la medición)
Caranqui	53,24%	56,20%	94,73%
Azaya	61,87%	63,70%	97,13%
Guaraczapas	58,19%	58,95%	98,71%
Palestina	52,40%	53,00%	98,88%
Tanguarin	63,36%	63,40%	99,94%
San Juan Poglyo	60,25%	60,88%	98,97%
Aloburo	58,35%	58,35%	100,00%
Yahuarcocha	67,90%	68,40%	99,27%
Promedio	59,44%	60,36%	98,45%

Fuente: (Alcuacer & Guaminga, 2023)

La tabla 18, muestra los diferentes rendimientos volumétricos correspondientes al año 2018, donde el porcentaje promedio del rendimiento global de todo el sistema de agua potable es del 59,44% lo que, según Cabrera et al., (1999) equivale a un rendimiento “Malo”, mientras que, si se analizan por sistemas de agua potable los de Azaya, Tanguarín San Juan Poglyo y Yahuarcocha se encontrarían dentro de un rendimiento “Regular”.

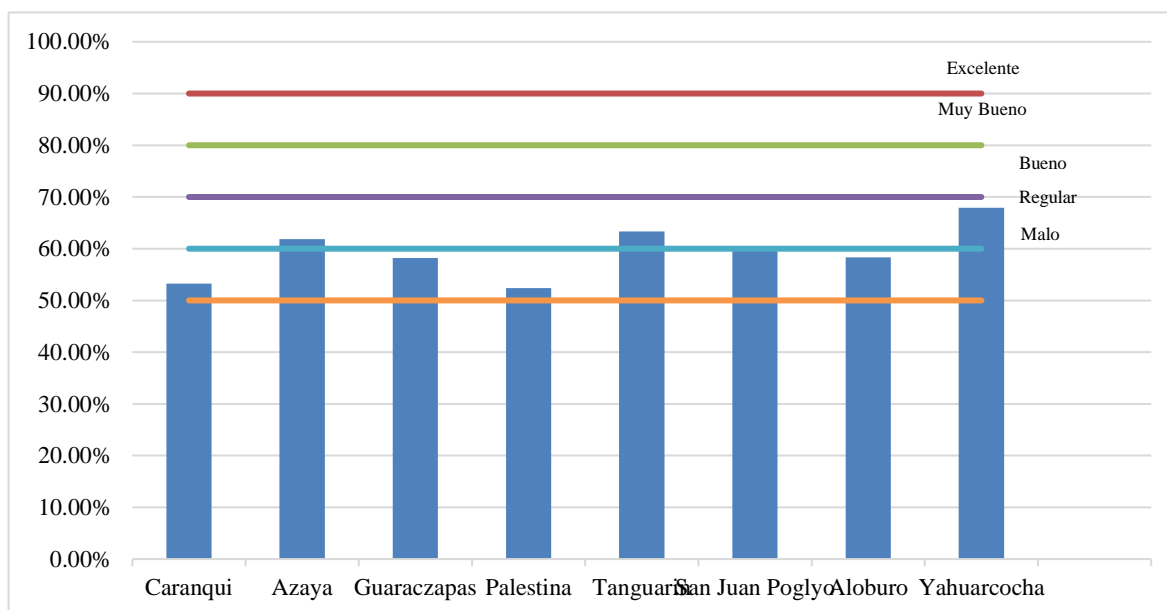
**Figura 10.** *Rendimiento Global de las redes de agua potable del año 2018**Fuente: (Alcuacer & Guaminga, 2023)*

Tabla 19.*Rendimientos volumétricos del año 2019*

Sistema	Ns (rendimiento global)	Nr (rendimiento de la red)	Ng (rendimiento de la medición)
Caranqui	59,71%	62,73%	95,18%
Azaya	64,25%	65,97%	97,39%
Guaraczapas	57,44%	58,25%	98,61%
Palestina	58,21%	58,67%	99,22%
Tanguarin	59,95%	59,99%	99,94%
San Juan Poglyo	58,56%	59,25%	98,84%
Aloburo	52,09%	52,09%	100,00%
Yahuarcocha	63,05%	63,54%	99,23%
Promedio	59,16%	60,06%	98,55%

Fuente: (Alcuacer & Guaminga, 2023)

La tabla 19, muestra los diferentes rendimientos volumétricos correspondientes al año 2019, donde el porcentaje promedio del rendimiento global de todo el sistema de agua potable es del 59,16% lo que, según Cabrera et al., (1999) equivale a un rendimiento “Malo”, mientras que, si se analizan por sistemas de agua potable los de Azaya y Yahuarcocha se encontrarían dentro de un rendimiento “Regular”.

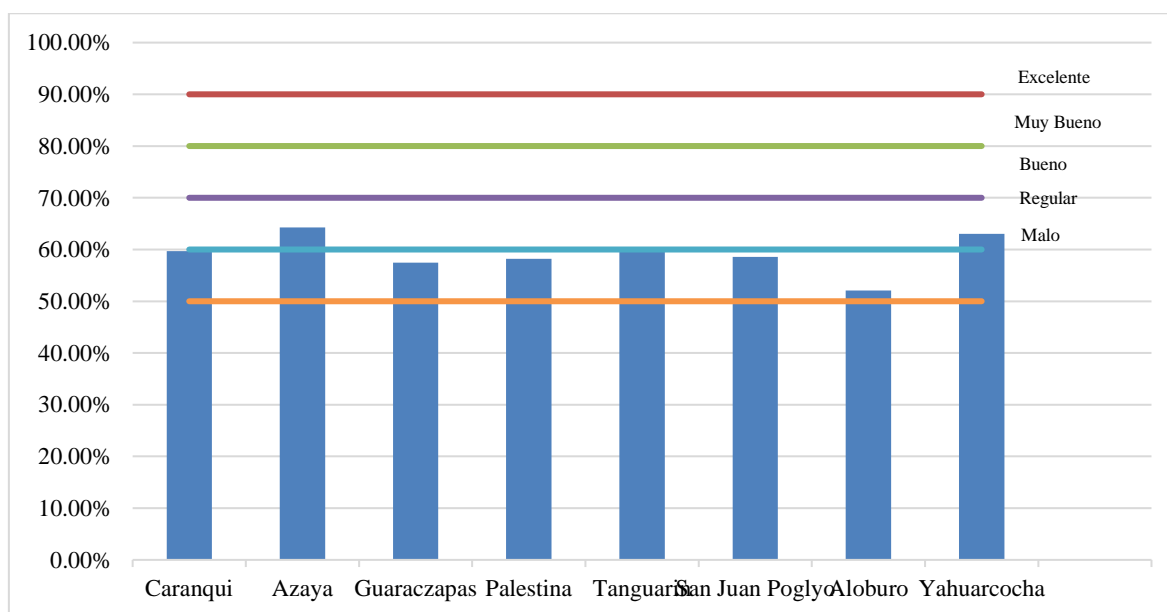
**Figura 11.** *Rendimiento Global de las redes de agua potable del año 2019**Fuente: (Alcuacer & Guaminga, 2023)*

Tabla 20.*Rendimientos volumétricos del año 2020*

Sistema	Ns (rendimiento global)	Nr (rendimiento de la red)	Ng (rendimiento de la medición)
Caranqui	59,60%	62,55%	95,28%
Azaya	58,83%	60,58%	97,11%
Guaraczapas	55,57%	56,28%	98,75%
Palestina	59,18%	59,60%	99,30%
Tanguarín	65,34%	65,37%	99,95%
San Juan Poglyo	56,68%	57,34%	98,84%
Aloburo	55,42%	55,42%	100,00%
Yahuarcocha	57,74%	58,20%	99,22%
Promedio	58,54%	59,42%	98,56%

Fuente: (Alcuacer & Guaminga, 2023)

La tabla 20, muestra los diferentes rendimientos volumétricos correspondientes al año 2020, donde el porcentaje promedio del rendimiento global de todo el sistema de agua potable es del 58,54% lo que, según Cabrera et al., (1999) equivale a un rendimiento “Malo”, mientras que, si se analizan por sistemas de agua potable el de Tanguarín es el único que se encontraría dentro de un rendimiento “Regular”.

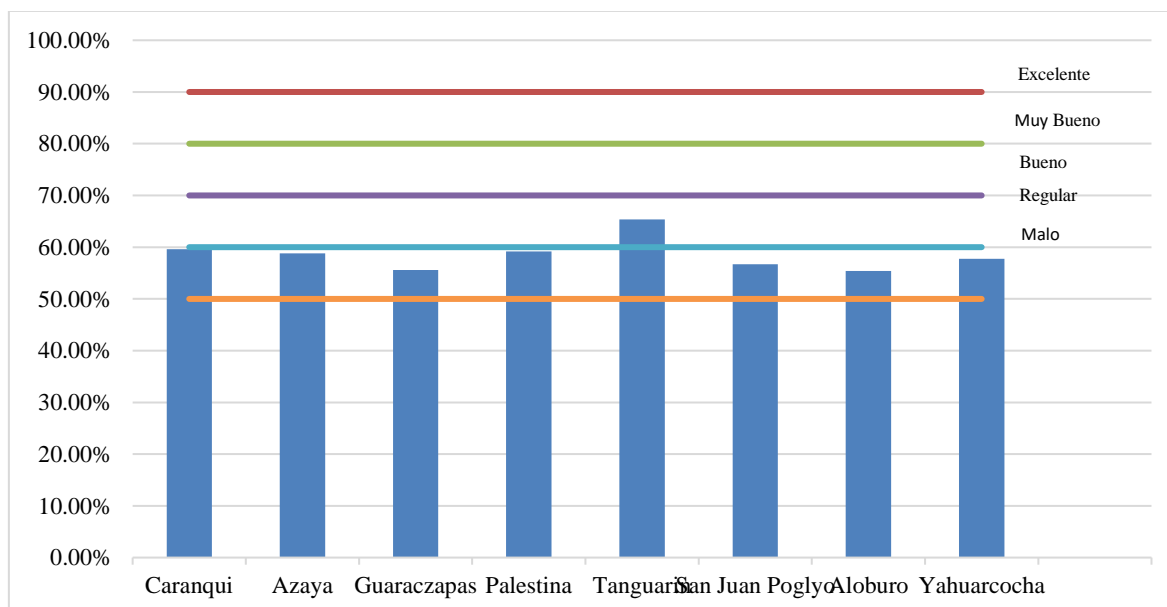
**Figura 12. Rendimiento Global de las redes de agua potable del año 2020***Fuente: (Alcuacer & Guaminga, 2023)*

Tabla 21.*Rendimientos volumétricos del año 2021*

Sistema	Ns (rendimiento global)	Nr (rendimiento de la red)	Ng (rendimiento de la medición)
Caranqui	61,61%	64,23%	95,92%
Azaya	56,47%	58,19%	97,05%
Guaraczapas	57,60%	58,29%	98,82%
Palestina	61,08%	61,55%	99,23%
Tanguarin	81,33%	81,38%	99,94%
San Juan Poglyo	52,04%	52,71%	98,73%
Aloburo	71,93%	71,93%	100,00%
Yahuarcocha	61,17%	61,60%	99,30%
Promedio	62,90%	63,73%	98,63%

Fuente: (Alcuacer & Guaminga, 2023)

La tabla 21, muestra los diferentes rendimientos volumétricos correspondientes al año 2021, donde el porcentaje promedio del rendimiento global de todo el sistema de agua potable es del 62,90% lo que según Cabrera et al., (1999) equivale a un rendimiento “Regular”, mientras que, si se analizan por sistemas de agua potable los de Caranqui, Palestina y Yahuarcocha se encontrarían dentro de un rendimiento “Regular”, el de Aloburo en un rendimiento “Bueno” y el de Tanguarin en un rendimiento “Muy Bueno”.

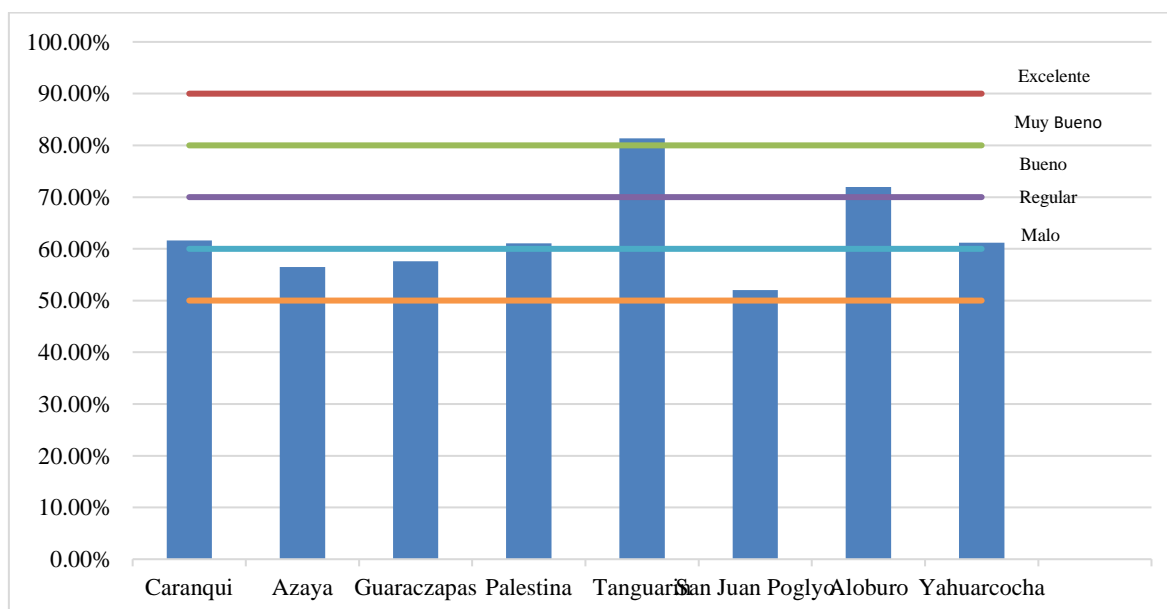
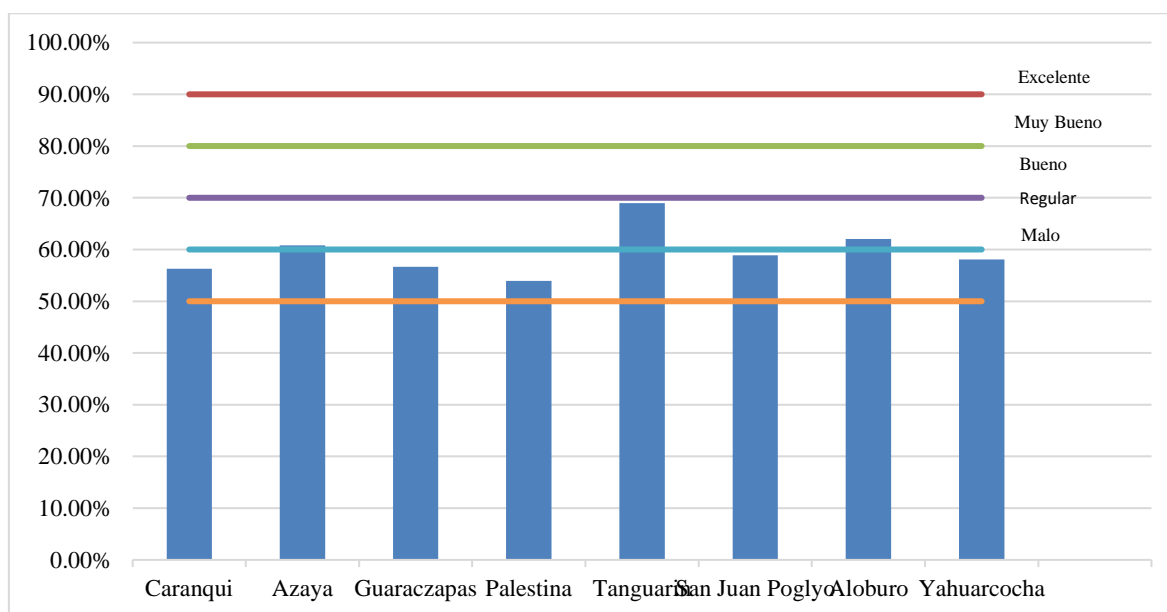
**Figura 13. Rendimiento Global de las redes de agua potable del año 2021***Fuente: (Alcuacer & Guaminga, 2023)*

Tabla 22.*Rendimientos volumétricos del año 2022*

Sistema	Ns (rendimiento global)	Nr (rendimiento de la red)	Ng (rendimiento de la medición)
Caranqui	56,30%	61,12%	92,11%
Azaya	60,82%	63,99%	95,04%
Guaraczapas	56,66%	57,90%	97,84%
Palestina	53,95%	54,80%	98,45%
Tanguarín	68,96%	69,02%	99,91%
San Juan Poglyo	58,89%	60,21%	97,82%
Aloburo	62,05%	62,05%	100,00%
Yahuarcocha	58,07%	58,79%	98,77%
Promedio	59,46%	60,99%	97,49%

Fuente: (Alcuacer & Guaminga, 2023)

La tabla 22, muestra los diferentes rendimientos volumétricos correspondientes al año 2022 (hasta el mes de junio), donde el porcentaje promedio del rendimiento global de todo el sistema de agua potable es del 59,46% lo que, según Cabrera et al., (1999) equivale a un rendimiento “Malo”, mientras que, si se analizan por sistemas de agua potable los de Azaya, Tanguarín y Aloburo se encontrarían dentro de un rendimiento “Regular”.

**Figura 14.** Rendimiento Global de las redes de agua potable del año 2022*Fuente: (Alcuacer & Guaminga, 2023)*

4.3 Identificación de zonas afectadas

La figura 15 representa las zonas con mayor incidencia a fugas, donde se indica los rendimientos globales por zonas y los sistemas de red de agua potable al cual pertenecen.

Para el año 2021 la zona 2 con el sistema Guaraczapas registró un porcentaje fugado de 41,71% y con un rendimiento global de 57.60% siendo la zona con mayor porcentaje de fuga, seguido de la zona 4 con un porcentaje de fuga 36,68%, la zona 1 con 35,77% y finalmente la zona 3 con una fuga de 32.96%.

PORCENTAJE DE FUGAS EN LAS ZONAS URBANAS DEL CANTÓN IBARRA

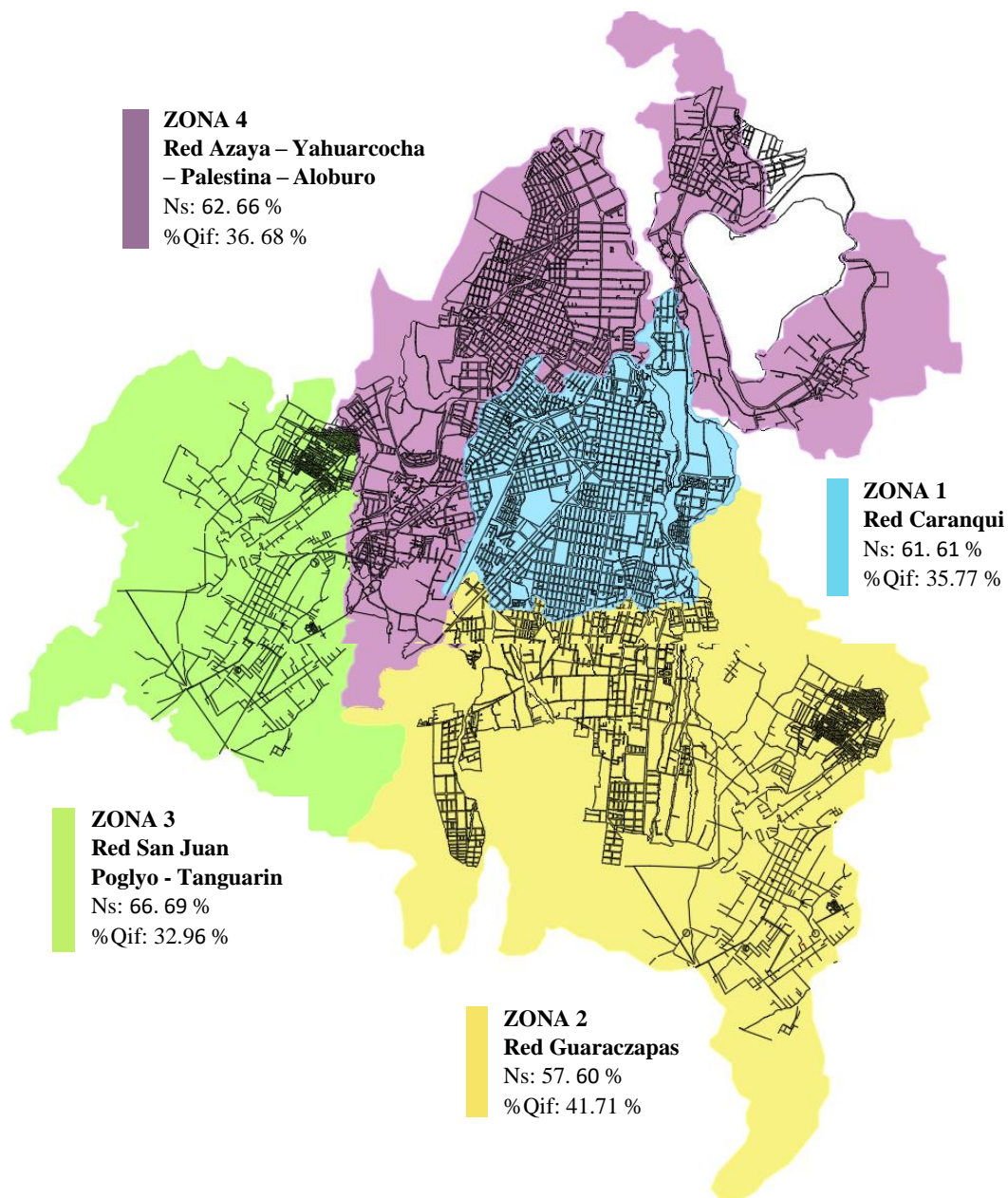


Figura 15. Mapa de afectación zona urbana cantón Ibarra

Fuente: (Alcuacer & Guaminga, 2023)

4.4 Pérdida económica anual por fugas de agua

El agua no contabilizada representa aquella que se pierde y no se toma en cuenta en el sistema de facturación, generando una afectación económica para la institución encargada del control y regulación del agua potable, en el caso de la ciudad de Ibarra EMAPA-I.

Tabla 23.

Costos anuales de las fugas de agua en el sistema

Año	Registro (m ³ /año)		Tarifa (m ³)	Costos	
	Volumen incontrolado	Volumen incontrolado fugado		Volumen incontrolado	Volumen incontrolado fugado
2018	8'128 720,23	7'769 607,88	0,40	\$ 3'251 488,09	\$ 3'107 843,15
2019	7'540 979,87	7'181 867,52	0,40	\$ 3'016 391,95	\$ 2'872 747,01
2020	8'214 221,85	7'855 109,50	0,40	\$ 3'285 688,74	\$ 3'142 043,80
2021	8'368 858,07	8'009 745,73	0,38	\$ 3'180 166,07	\$ 3'043 703,38
2022	4'819 634,51	4'460 522,16	0,38	\$ 1'831 461,11	\$ 1'694 998,42

Fuente: (Alcuacer & Guaminga, 2023)

La tabla 23, registra los datos históricos de costos por fugas desde el año 2018 hasta el año 2022 (mes de junio), donde se especifica la variación existente en la tarifa de agua por m³ que, en los años 2018, 2019 y 2020 se mantiene constante con un precio de 0.40 ctvs., y a partir desde el año 2021 este valor disminuye a 0,38 ctvs. Es así, que el año con mayor pérdida económica es en el año 2020 con \$ 3'142 043,80, en el año 2021 se perdió \$ 3'043 703,38 y el menor costo se registra en el año 2022 (enero-junio) con \$ 1'694 998,42, pero hay que tomar en cuenta que este valor solamente representa una pérdida económica solamente hasta junio del mismo año.

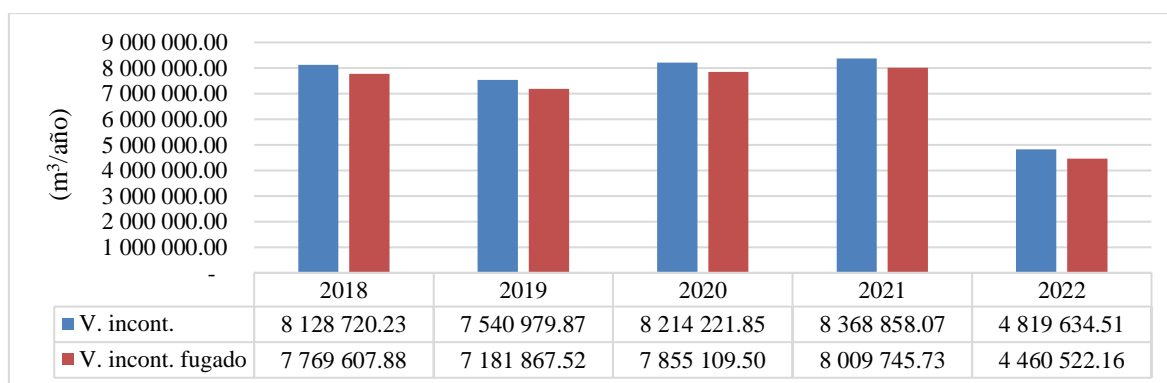


Figura 16. *Volumen incontrolado y fugado (Año 2018-2022)*

Fuente: (Alcuacer & Guaminga, 2023)

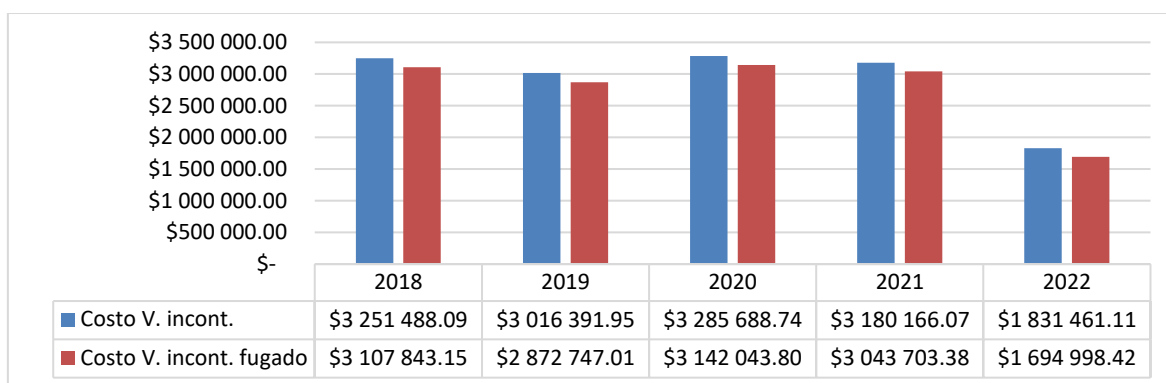


Figura 17. Costos del volumen incontrolado y fugado (Año 2018-2022)

Fuente: (Alcuacer & Guaminga, 2023)

4.5 Operación y mantenimiento del sistema de agua potable

La empresa EMAPA-I cuenta con la Unidad de Agua No Contabilizada la cual ha venido ejecutando programas de reducción y control de pérdidas de agua potable desde el año 2016 donde se han realizado instalaciones, monitoreo y seguimiento de los equipos de medición de caudales de tipo macromedidor electromagnético y ultrasónico en tanques de revisión.

La macromedición transmite datos de manera continua a través de Datta Logger un dispositivo que registra datos en tiempo real con tecnología GPSR.

4.5.1 Proceso de solicitud para el operación y mantenimiento

Para un eficaz trabajo de reparación y mantenimiento la empresa EMAPA-I, efectúa una serie de procedimientos:

1. Reporte de quejas a call center.
2. Registro de datos personales del cliente.
3. Registro de la dirección específica del predio donde se brindará el servicio.
4. Al momento de hacer la solicitud para la detección de fugas se cancela un valor de \$6,38.
5. Un plomero del área de Atención al Cliente realizará una inspección previa donde se determinará si es necesario o no el uso del Geófono.
6. Se reporta a la entidad encargada el tipo de mantenimiento, la que asignará el personal y equipo necesario dependiendo del tipo de daño.
7. Si no se encuentran fugas, se realiza la reparación en ese momento y no deberá cancelar valor alguno adicional. Caso contrario en un plazo máximo de 3 días se realizará la reparación, la que tendrá un costo adicional de \$ 24,04 valor que será cargado a la planilla de consumo mensual.

8. Si el usuario tiene una discapacidad o es de la tercera edad el beneficio no tendrá ningún costo, solo deberá tener cancelada la última planilla del servicio de agua potable. El beneficio se aplica de la siguiente manera:
- 34 m³ por tercera edad
 - 10 m³ por discapacidad



Figura 18. Proceso de solicitud para el operación y mantenimiento
Fuente: (Alcuacer & Guaminga, 2023)

4.5.2 Órdenes de mantenimiento generadas por EMAPA-I

La empresa recibe órdenes para el mantenimiento de acometidas, cambios definitivos, collarín, medidor, toma, red, entre otras.

Tabla 24.

Reporte de estado de órdenes de trabajo año 2021

Año/2021	Órdenes generadas			Órdenes realizadas			Órdenes realizadas registradas con materiales		
	Mes	Total órdenes generadas red, acom.	Total ord. gen. Otros	Total Generada	Red, Acom.	Otros	Total Realizadas	Total rep, red, acom. Con material	Total otras con material
Enero	1 016	154	1 170	1 015	154	1 169	484	6	490
Febrero	767	146	913	767	145	912	549	13	562
Marzo	885	210	1 095	853	210	1 063	756	27	783
Abril	908	236	1 144	900	236	1 136	842	16	858
Mayo	892	237	1 129	834	235	1 069	779	15	794
Junio	1 003	201	1 204	947	199	1 146	877	12	889
Julio	965	203	1 168	930	202	1 132	861	15	876
Agosto	1 059	225	1 284	1 023	224	1 247	988	17	1 005
Septiembre	1 078	231	1 309	1 004	230	1 234	998	21	1 019
Octubre	976	269	1 245	891	269	1 160	872	24	896
Noviembre	1 042	232	1 274	954	232	1 186	908	21	929
Diciembre	1 056	201	1 257	757	200	957	723	17	740
Total	11 647	2 545	14 192	10 875	2 536	13 411	9 637	204	9 841
	% de ordenes atendidas			93,37%	99,65%	94,50%	82,74%	8,02%	69,34%
	% de ingreso de materiales						88,62%	8,04%	73,38%

Fuente: (EMAPA-I, 2023)

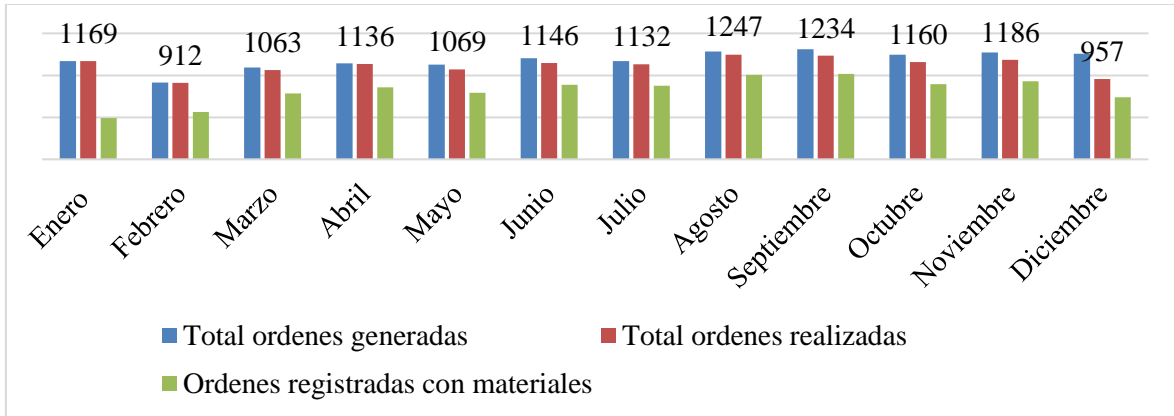


Figura 19. Reporte de estado de órdenes de trabajo año 2021

Fuente: (Alcuacer & Guaminga, 2023)

Según la tabla 24, se registran un total de 14 192 órdenes de las cuales se atendió el 94,50 %. Identificando que, en acometidas, red, collarín, cambio definitivo, medidor y toma, existieron 11 647 órdenes generadas como se puede ver en detalle en la tabla 25, de las cuales se realizó 10 875, mientras que 2 545 son otras ordenes como readoquinado, ya reparado, no se encuentra daño, instalación de válvulas, ampliación de red, daño de alcantarillado, entre otras, tabla 26, de los que fueron atendidos 2 536.

Tabla 25.

Resultados de operación y mantenimiento por tipo (Año 2021)

AÑO 2021		
Tipo	Numero	%
Acometida	7 612	65,36%
Red	1 838	15,78%
Collarín	1 229	10,55%
Cambio Definitivo	627	5,38%
Medidor	246	2,11%
Toma	95	0,82%
Total	11 647	100%

Nota: Se realiza con el 82,07% de 14 192 ordenes

Fuente: (EMAPA-I 2023)

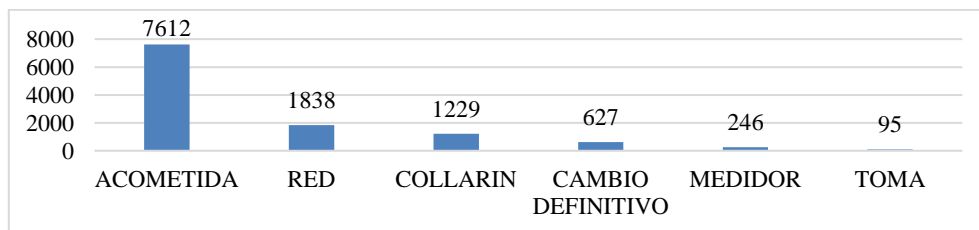


Figura 20. Resultados de operación y mantenimiento por tipo (Año 2021)

Fuente: (Alcuacer & Guaminga, 2023)

Tabla 26.*Resultados de operación y mantenimiento otros tipos de trabajos (Año 2021)*

Tipo	Número
Reparación realizada	688
Otros	560
Readoquinado	342
No se encuentra daño	183
Monitoreo	165
Instalación de válvula de control	121
Ampliación de red ap	73
Daño interno	66
Regulación de válvula	58
Convenio de ap	43
Empate de red ap	41
Válvulas	38
Daño de alcantarillado	28
Reempedrado	27
Sangrado de hidrante	24
Instalación de columna de ap	21
Dirección no coincide	12
Instalación de caja de válvula	12
Macro medidor	11
Hidrante	9
Excavación para verificar fuga	6
Válvula reductora de presión	4
Válvula con control piloto	3
Sangrado de ventosa	2
Reposición de hs en acera	2
Presión normal	1
Medidor	1
Desalojo de materiales	1
Válvula flotadora	1
Mantenimiento en válvula flotadora	1
Reposición de hs en asfalto	1
TOTAL	2 545

*Nota: Ejecuta el 17,93% de 14 192 órdenes generadas**Fuente: (EMAPA-I, 2023)*

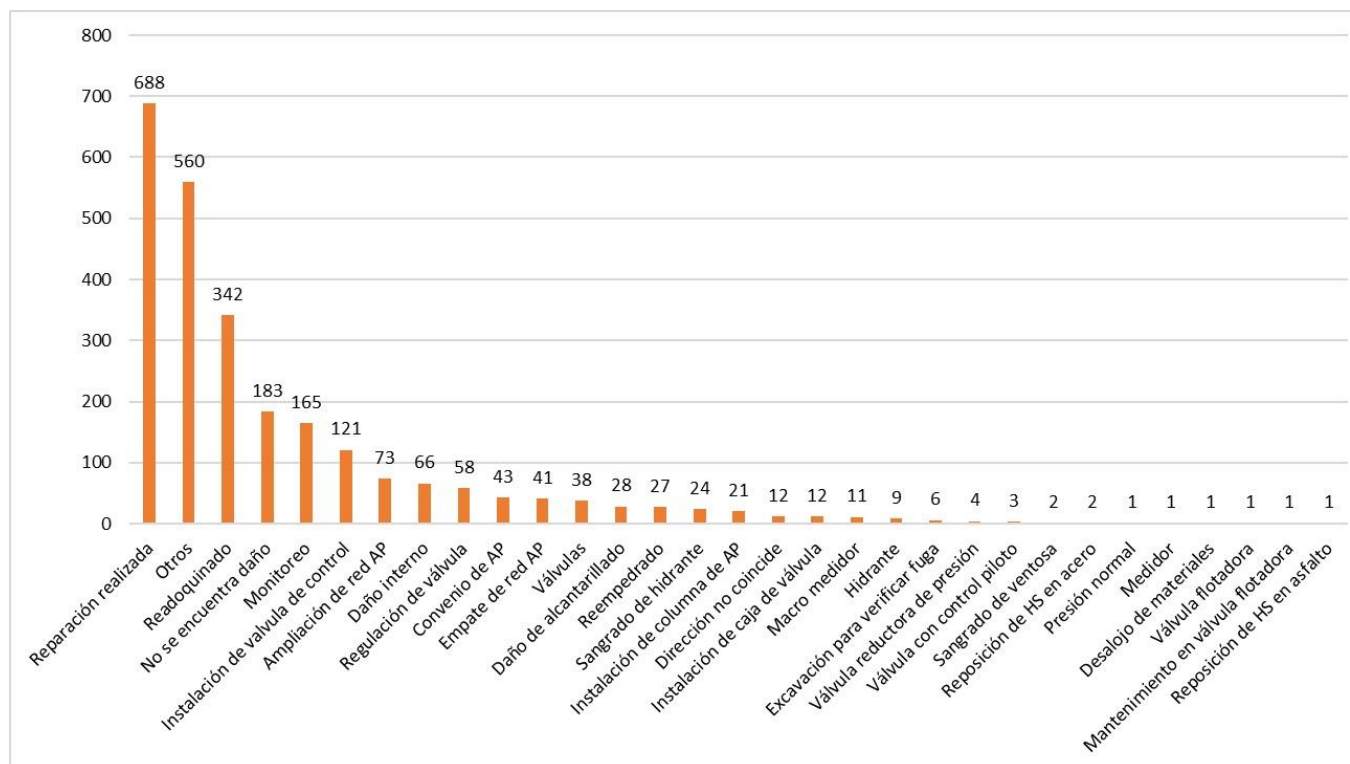


Figura 21. Resultados de operación y mantenimiento otros tipos (Año 2021)

Fuente: (Alcuacer & Guaminga, 2023)

4.5.3 Ordenes de trabajo Agua No Contabilizada

Se realiza un seguimiento constante en las redes de agua potable a través de monitoreos de presión y recorrido con geófono, este localiza las fugas de agua detectando la ruptura de la tubería, ampliando el sonido que genera el agua al salir.

Tabla 27.

Análisis de órdenes de trabajo de agua no contabilizada.

Año/2021	Órdenes generadas			Órdenes realizadas			Órdenes realizadas registradas con materiales		
	Mes	Monitoreos y geófonos	Instalaciones	Total, generadas	Monitoreos y geófonos	Instalaciones	Total, realizadas	Instalaciones	Total, reportes materiales
Enero	15			15	15				0
Febrero	22	1		23	22	1	23	1	1
Marzo	24	1		25	24	1	25	1	1
Abril	21	2		23	21	2	23	2	2
Mayo	18	1		19	18	1	19	1	1
Junio	27	1		28	27	1	28	1	1
Julio	31	6		37	31	6	37	6	6
Agosto	26	6		32	25	6	31	6	6
Septiembre	27	8		35	27	8	35	8	8
Octubre	19	5		24	19	5	24	5	5
Noviembre	17	10		27	17	10	27	10	10
Diciembre	21	12		33	21	12	33	12	12
Total	268	53		321	267	53	320	53	53
	% de ordenes atendidas				99,63%	100%	99,69%	100%	16,51%
	% de ingreso de materiales							100%	16,56%

Fuente: (EMAPA-I, 2023)

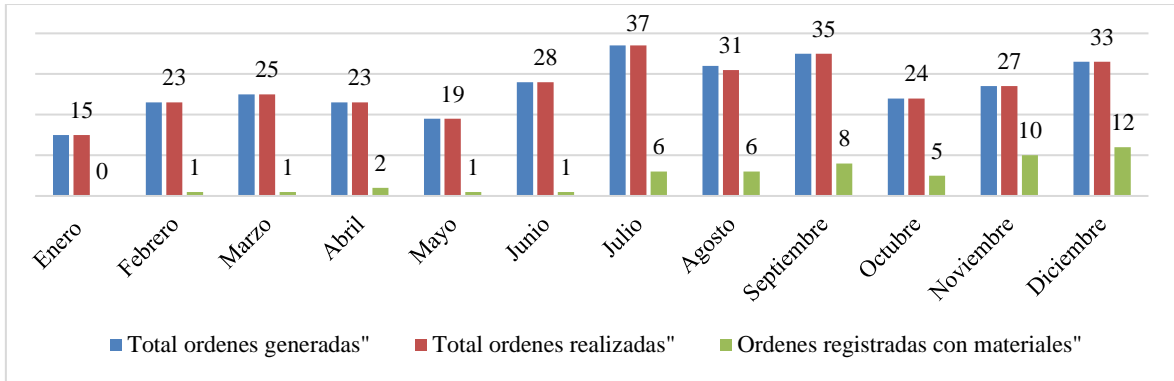


Figura 22. Análisis de órdenes de trabajo de agua no contabilizada

Fuente: (Alcuacer & Guaminga, 2023)

Se registró un total de 321 órdenes generadas a través de monitoreos, geófonos e instalaciones, de los cuales fueron atendidos 320 cubriendo el 99,69%. Donde se realizó 37 recorridos con geófonos, 53 instalaciones y 230 monitoreos de presiones.

4.5.4 Análisis del costo de materiales por reparación de fugas

Para el año 2021, el costo promedio de materiales es de 39,71 \$/orden realizada. Los valores son calculados en base al costo por hora.

Tabla 28.

Costo de materiales utilizados.

Tipo	Cantidad	\$/Reparación	USD
Acometida	6 533	20,98	137 062,34
Red	1 921	85,65	164 533,65
Collarín	1 183	12,34	14 598,22
Reparación y Obras	179	209,82	37 557,78
Válvulas	19	252,71	4 801,49
Total	9 835	581,5	358 553,48

Fuente: (EMAPA-I, 2023)

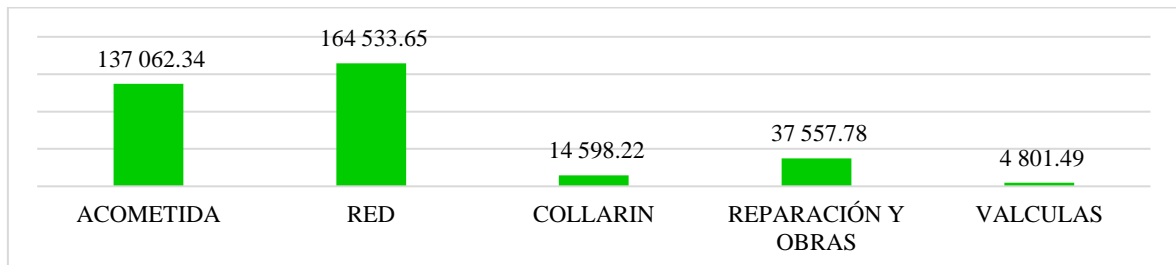


Figura 23. Costo de materiales utilizados

Fuente: (Alcuacer & Guaminga, 2023)

Durante el año se formaron 16 cuadrillas conformadas con un total de 36 obreros los mismos que al año cubren un total de 2 237 horas trabajadas por cada cuadrilla teniendo un total de 35 792 horas trabajadas al año, dando un rendimiento promedio de 3,87 horas/reparación.

4.5.5 Cumplimiento de órdenes de trabajo por Zonas de atención

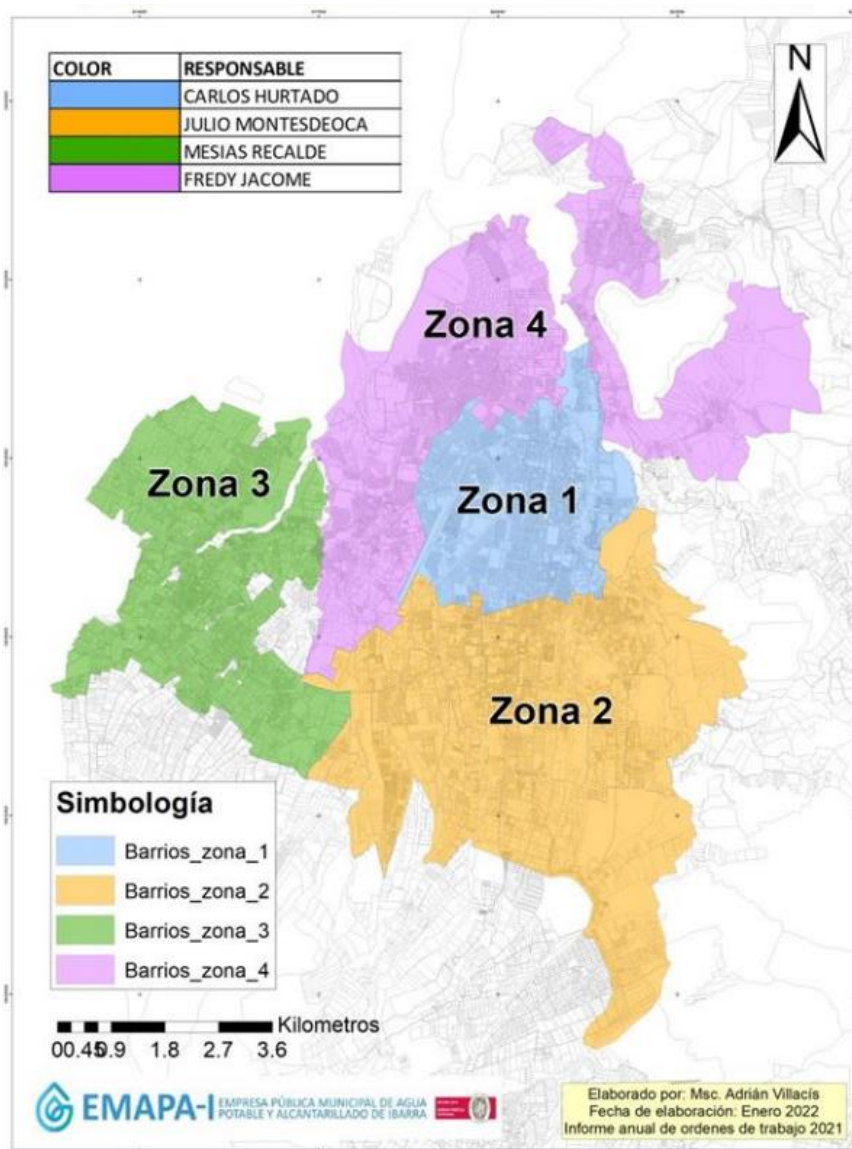


Figura 24. Zonas de servicio de agua potable sistemas urbanos.

Fuente: (EMAPA-I, 2022)

Para la planificación, organización y administración de las ordenes generadas para la operación y mantenimiento, la Ciudad de Ibarra se divide en 4 Zonas. La zona 1 cubre el sistema de Caranqui, la zona 2 el de Guaraczapas, la zona 3 sistema de San Juan Poglyo y Tanguarin, y la zona 4 los sistemas de Aloburo, Azaya, Yahuarcocha y Palestina.

Tabla 29.

Ordenes generadas de las 4 zonas de agua potable.

Zonas	Ordenes generadas	Ordenes realizadas	Ordenes realizadas con materiales	% Ordenes realizadas	% Cumplimiento por zonas
Zona 1	3 844	3 674	2 550	27,40%	95,58%
Zona 2	3 592	3 361	1 969	25,06%	93,58%
Zona 3	2 654	2 510	1 899	18,72%	94,58%
Zona 4	4 102	3 865	3 425	28,82%	94,23%
Total	14 192	13 411	9 841	100%	94,50%

Fuente: (EMAPA-I, 2022)

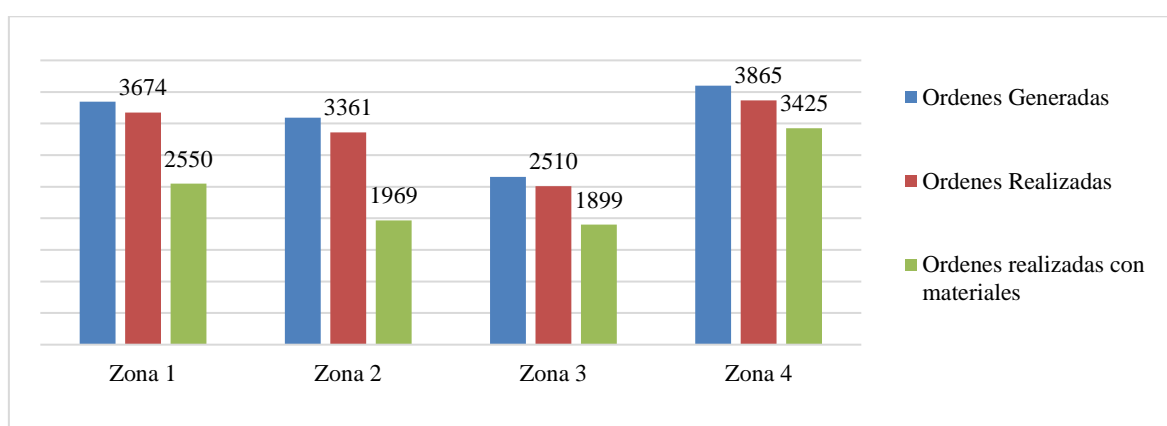


Figura 25. *Ordenes generadas, realizadas y realizadas con materiales de las 4 zonas de agua potable.*

Fuente: (Alcuacer & Guaminga, 2023)

4.6 Discusión

Según el boletín estadístico de agua potable y saneamiento del año 2021, el agua no contabilizada a nivel nacional es de 48,4%, a nivel provincial el ANC en Imbabura es de 38,92% valores tomados de acuerdo al promedio de 3 cantones: Antonio Ante, Otavalo y Pimampiro, sin embargo, tras el análisis y cálculo para el cantón Ibarra el ANC para el año 2021 es 8'009 745,73 m³/mes que representa el 38,60% lo que indica que su desempeño es “medio” esto de acuerdo a la regulación 003, lo que significa que no presentan un control eficiente para la administración del servicio de agua potable. Investigaciones similares realizadas fuera de la provincia como en cantón Riobamba estimaron un valor de ANC de 39%, que se divide en el 8% a pérdidas aparentes mientras que el 31% a pérdidas reales. Es necesario señalar que los resultados obtenidos del balance hídrico técnico utilizando la metodología de Cabrera et al., (1999) se basa únicamente en el análisis de volúmenes de agua.

Los resultados del trabajo de investigación determinaron la cantidad de agua no contabilizada (ANC) de los sistemas de agua potable de la ciudad de Ibarra únicamente de

las parroquias urbanas para el año 2020 corresponde a un 39,67%, valor que es inferior al registrado por el ARCA en ese mismo año de 99,46%; cabe recalcar que el boletín estadístico año 2021 del ARCA, no registra un porcentaje de ANC de la ciudad de Ibarra ya que presentaron información fuera del rango permitido.

Conforme al análisis de agua no contabilizada que menciona el ARCA, estas se presentan por categorías para determinar su desempeño. En este sentido, las categorías A y B deben considerar valores del ANC dentro del 35,6% y 46,6% respectivamente, lo que indica que su desempeño será “Alto” o “Medio”. Los resultados presentados en el trabajo de investigación asignan a la ciudad de Ibarra en una categoría B correspondiente a un rendimiento “Medio” según lo estipulado en la regulación 003 del ARCA.

En cuanto a la operación y mantenimiento de los sistemas de agua potable, la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Ibarra (EMAPA-I), para el año 2021, registraron un total de 14 192 órdenes entre arreglo de acometidas, redes, collarín medidor, etc., de las cuales se atendió el 94,50 %.

Además, se registró un total de 321 órdenes generadas a través de monitoreos, geófonos e instalaciones, de los cuales fueron atendidos 320 cubriendo el 99,69%. Donde se realizaron 37 recorridos con geófonos, 53 instalaciones y 230 monitoreos de presiones.

En cuanto al análisis de costo del material por reparación de fugas, para el año 2021, el costo promedio de materiales fue de 39,71 \$/orden realizada, valor calculado en base al costo por hora, lo que dio como resultado una formación de 16 cuadrillas con un total de 36 obreros los mismo que al año cubren un total de 2 237 horas trabajadas por cada cuadrilla teniendo un total de 35 792 horas trabajadas al año, dando un rendimiento promedio de 3.87 horas/reparación.

Al realizar un análisis histórico de los costos por fugas, se registró, que el año con mayor pérdida económica es en el año 2020 con \$ 3'142 043,80, en el año 2021 se perdió \$ 3'043 703,38 y el menor costo se registra en el año 2022 con \$ 1'694 998,42, pero hay que tomar en cuenta que este valor solamente representa una pérdida económica hasta junio del mismo año.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5. Conclusiones

EMAPA-I divide a Ibarra en 4 zonas urbanas, las cuales están conformadas por 8 redes de agua potable (Azaya, Caranqui, Guaraczapas, San Juan Poglyo, Palestina, Aloburo, Yahuarcocha y Tanguarín). Se determina que el agua no contabilizada en el año 2021 es de 38,60%, resultado que asigna a la ciudad de Ibarra en una categoría B correspondiente a un rendimiento “Medio” según lo estipulado en la regulación 003 del ARCA.

Se identificó para el año 2021 que la zona 2 presentó mayor porcentaje de fuga con un 41,71%, esto debido a que existe una pérdida de agua de 42,40% valor que hace referencia entre el caudal inyectado y el facturado. Es importante mencionar que, si habla de red, la que mayor porcentaje de fugas presenta es la de San Juan Poglyo con 47,29% perteneciente a la zona 3.

El balance hídrico técnico determinó que el agua no contabilizada para el año 2021 es de 8'009 745,73 m³/año que equivale a un 38,60%, lo que económicamente representa una pérdida de \$ 3'043 703,38 anuales, cuyo valor es calculado con una tarifa de 0,38 ctvs. Con relación a la oferta actual de agua por persona de 283,392 l/d, se podría abastecer a 77 441 personas. Además, el rendimiento de las redes del sistema de agua potable fue de 62,90% que equivale a una gestión de abastecimiento regular.

El mayor volumen consumido no registrado para el año 2021, se da en la categoría de estadios – parques con un 57,32% , mercados con 22,79% y escuelas con el 13% dando un volumen total de 359 112,35 (m³/mes).

En cuanto al proceso de inspección, operación y mantenimiento de los sistemas de agua potable se lo realiza a través de geófonos y monitoreo de presiones; para el año 2021, se registraron un total de 14 192 órdenes entre arreglo de acometidas, redes, collarín medidor, etc., de las cuales se atendió el 94,50 %, registrando una pérdida económica de \$ 3'043 703,38. Además, la identificación de las causas y problemas presentes en las redes, proporcionan información útil para la planificación a largo plazo, permitiendo la asignación adecuada de recursos y la implementación de estrategias eficientes para el mantenimiento y la operación del sistema de agua potable.

Para el control de agua potable, EMAPA-I desde el año 2016, realiza la medición de los volúmenes de agua inyectada a través de macromedición en tres redes: Caranqui, Guaraczapas y Azaya, posteriormente en el año 2019 en las redes: Palestina, Aloburo y Yahuarcocha, mientras que en las redes: San Juan Poglyo y Tanguarín al no contar con macromedición estas se realizan por medio de caudalímetros lo que dificulta la medición constante. Lo que representa que, en el año 2018 el porcentaje de volumen fugado fue de 41,18%, para en el año 2019 de 37,90%, para el año 2020 de 39,67% y para el año 2021 de 38,60%, lo que significa que la instalación de macromedición ha mejorado el control del flujo entrante y saliente en comparación con el volumen registrado del año 2018 al año 2021, detectando anomalías en el consumo, controlando el desperdicio de agua, generando una facturación precisa y permitiendo implementar medidas de control.

6. Recomendación

Se recomienda que la empresa EMAPA-I implemente macromedidores a la salida de los tanques en los sistemas de agua Tanguarin y San Juan Poglyo para mejorar el registro del caudal inyectado y así determinar el volumen que aporta cada sistema y calcular el agua no contabilizada real, ya que actualmente se sobre estiman los volúmenes inyectados al ser medidos con caudalímetros.

Llevar un registro de los caudales incontrolados consumidos, es decir instituciones que consumen agua, pero no facturan, para determinar de forma exacta el balance hídrico y el rendimiento de cada red del sistema de agua.

Se recomienda ratificar los datos vigentes mediante vistas de campo y encuestas con la finalidad de realizar el seguimiento a las redes más críticas de la zona urbana de la ciudad y determinar los sectores que presentan mayores problemas de presiones, caudales incontrolados y pérdidas.

CAPÍTULO VI. BIBLIOGRAFÍA

7. Bibliografía

- Achache, N., & Gomez, S. (2022). *Incidencia de fugas en la red de abastecimiento de agua potable del cantón Riobamba* (Tesis de Grado). Universidad Nacional de Chimborazo. Riobamba
- Almeida, D (2021). *Análisis urbano Ibarra*. Recuperado de <https://es.slideshare.net/DiegoAlmeida177/analisis-urbano-ibarra>
- ARCA. (2018). Públicos De Agua Potable. 1–11. <http://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/11/NORMATIVA-PARA-EVALUACION-DE-LOS-SERVICIOS-PÚBLICOS-DE-AGUA-POTABLE....pdf>
- ARCA. (2020). AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO EN EL ECUADOR Agencia de Regulación y Control del Agua BOLETÍN ESTADÍSTICO. 14-40. http://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/12/Boletin-estadistico-APS_dic21_v02.pdf
- ARCA. (2021). 2020). AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO EN EL ECUADOR Agencia de Regulación y Control del Agua BOLETÍN ESTADÍSTICO. 14-36.
- Benavides, H. (2018). El agua no cobrada en sistemas de abastecimiento urbanos. (November 2013). Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/323613171_El_agua_no_cobrada_en_sistemas_de_abastecimiento_urbano
- Cabrera, E., Almandoz, J., Arregui, F., García, J. (2014). Auditoría de Redes de Distribución de Agua. *Ingeniería del Agua*, Vol.6, 291-303.
- Cárdenas, D., Patiño, F. (2010). *Estudios y Diseños definitivos del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la comunidad de Tutucán, Cantón Paute, Provincia del Azuay* (Tesis de Grado). Universidad de Cuenca.
- Cedeño, C., Molina, X., y Perero, M. (2021). Plan estratégico para la reducción de pérdidas de agua potable en Portoviejo. *Ingeniería, investigación y tecnología*. ISSN 2007-7890.
- CONAGUA. (2015). *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento*. México: Insurgentes Sur No. 2416 Col. Copilco El Bajo
- Cuyo, J. (2022). *Estudio de la probabilidad de fugas/fallos en las redes de agua potable en el sistema de distribución de la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento (EPMAPS) de Quito (Tesis de Maestría)*. Universidad Central del Ecuador
- Díaz, L. L., y Alarcón, J.G. (2018). *Estudio hidráulico y balance hídrico para determinar la oferta y la demanda de agua en la cuenca de la quebrada Niscota para un acueducto interveredal en Nunchi, Casanare* (Tesis de Grado). Universidad Católica de Colombia
- Fernández, V. H. (2015). *Diagnóstico, análisis y propuesta en un sistema óptimo de gestión del manejo del agua potable en la ciudad de Guayaquil* (Tesis de Grado). Universidad de las Fuerzas Armadas

- Fuentes, O., Palma, N.A., Rodríguez, K. (2011). Estimación y localización de fugas en una red de tuberías de agua potable usando algoritmos genéticos. *Ingeniería, investigación y tecnología*. XII,235-242.
- Martínez, A. (2015). *Metodología de Análisis Estadístico de roturas en redes de distribución de agua* (Tesis Doctoral). Universidad Politécnica de Madrid
- Medina, G. M. (2009). *Políticas para el control activo de fugas* (Tesis de Grado). Universidad Técnica Particular de Loja
- MIDUVI. (2011). *NEC-11, Norma Hidrosanitaria NHE Agua* (p. 16-17). <https://inmobiliariadja.files.wordpress.com/2016/09/nec2011-cap-16-norma-hidrosanitaria-nhe-agua-021412.pdf>
- Nieves, T., & Ramón, J. (2014). *Análisis del costo de producción de agua potable y el índice de perdidas por agua no contabilizada, en las plantas de producción Tomebamba y Machangara de la Empresa Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Cuenca etapa EP* (Tesis de Grado). Universidad Politécnica Salesiana. Cuenca
- Ortiz, V. (2004). *Estrategia y organización para la detección de fugas*. Centro mexicano de capacitación en agua y saneamiento. México
- PDYOT. (2020). Dirección de Planificación y desarrollo territorial. *Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Ibarra*, 278-281
- Rosero, C. (2019). *Agua potable no contabilizada en el cantón Pangua y programa de control de perdidas* (Tesis de Posgrado). Universidad de las Fuerzas Armadas. Sangolquí
- Sampayo, Y., Acevedo, L. (2017). *Plan de reducción perdidas*. Recuperado de <http://www.aguasdebarrancabermeja.gov.co/images/planes/4.Plan%20de%20Reduccion%20de%20Perdidas.pdf>

CAPÍTULO VII. ANEXOS

Anexo 1. Dotaciones para edificaciones de uso específico

Tipo de edificación	Unidad	Dotación
Bloques de viviendas	l/habitante/día	200 a 350
Bares, cafeterías y restaurantes	l/m2 area util/día	40 a 60
Camales y planta de faenamiento	L/cabeza	150 a 300
Cementerios y mausoleos	l/visitante/día	3 a 5
Centro comercial	l/m2 area util/día	15 a 25
Cines, templos y auditorios	l/concurrente/día	5 a 10
Consultorios médicos y clínicas con hospitalización	l/ocupante/día	500 a 1000
Cuarteles	l/personas/día	150 a 350
Escuelas y colegios	l/estudiante/día	20 a 50
Hospitales	l/cama/día	800 a 1300
Hoteles hasta 3 estrellas	l/ocupante/día	150 a 400
Hoteles de 4 estrellas en adelante	l/ocupante/día	350 a 800
Internados, hogar de ancianos y niños	l/ocupante/día	200 a 300
Jardines y ornamentación con recirculación	l/m2/día	2 a 8
Lavandería y tintorería	l/kg de ropa	30 a 50
Mercados	l/puesto/día	100 a 500
Oficinas	l/personas/día	50 a 90
Piscinas	l/m2 area util/día	15 a 30
Prisiones	l/personas/día	350 a 600
Sala de fiestas y casinos	l/m2 area util/día	20 a 40
Servicios sanitarios públicos	l/mueble sanitario/día	300
Talleres, industrias y agencias	l/trabajador/jornada	80 a 120
Terminales de autobuses	l/pasajero/día	10 a 15
Universidades	l/estudiante/día	40 a 60
Zonas industriales, agropecuarias y fabricas	l/s/ha	1 a 2

Fuente: (MIDUVI, 2011)

Anexo 2. Caudal incontrolado consumidos de los centros de recreación municipal

Nombre de la institución	Área (m2)	Unidad	Dotación	volumen (l/s)	Volumen (m3/mes)
Estadio Las Palmas	5086,44	l/m2/dia	4	0,235	618,851
Estadio Olimpico Ciudad de Ibarra	7557,67	l/m2/dia	4	0,350	919,518
Estadio San Miguel de Ibarra	19621,27	l/m2/dia	4	0,908	2.387,258
Loma de Guayavillas	395423,08	l/m2/dia	2	9,153	24.054,936
Parque Pedro Moncayo	9383,55	l/m2/dia	2	0,217	570,833
Parque ciudad Blanca	2739430,19	l/m2/dia	2	63,413	166.648,891
Parque de Caranqui	2016,12	l/m2/dia	2	0,047	122,647
Parque de La Familia	37605,77	l/m2/dia	2	0,871	2.287,687
Parque Del Periodismo	3476,13	l/m2/dia	2	0,080	211,465
Parque del Tren	1361,36	l/m2/dia	2	0,032	82,816
Parque Ejido	6509,95	l/m2/dia	2	0,151	396,022
Parque Eloy Alfaro	811,19	l/m2/dia	2	0,019	49,347
Parque German Grijalva	3468,92	l/m2/dia	2	0,080	211,026
Parque Infantil Azaya	6494,34	l/m2/dia	2	0,150	395,073
Parque La Merced	8599,04	l/m2/dia	2	0,199	523,109
Parque Monseñor Leonidas Proaño	2580,22	l/m2/dia	2	0,060	156,964
Parque Pilanqui	31234,34	l/m2/dia	2	0,723	1.900,092
Parque público Boyacá	3331,34	l/m2/dia	2	0,077	202,657
Parque Vicente Ponce (la cometa)	4988,61	l/m2/dia	2	0,115	303,474
Plazoleta Francisco	1241,57	l/m2/dia	2	0,029	75,529

Calderon (Parque del Aguila)					
Polideportivo de Los Seibos	4219,16	l/m2/dia	2	0,098	256,666
Polideportivo de Tanguarin	2198,6	l/m2/dia	2	0,051	133,748
Polideportivo Guayaquil de Caranqui	2586,43	l/m2/dia	2	0,060	157,341
Polideportivo La Florida	3167,55	l/m2/dia	2	0,073	192,693
Redondel de Ajavi	3521,78	l/m2/dia	2	0,082	214,242
Redondel de La Madre	1421,13	l/m2/dia	2	0,033	86,452
Redondel del Civismo	2209,49	l/m2/dia	2	0,051	134,411
Parque El Sol	9346,63	l/m2/dia	2	0,216	568,587
Parque La Mujer	3794,47	l/m2/dia	2	0,088	230,831
Polideportivo La Candelaria	7052,13	l/m2/dia	2	0,163	429,005
Parque Atahualpa	3701,2	l/m2/dia	2	0,086	225,157
Parque Heroes del 41	11025,06	l/m2/dia	2	0,255	670,692
Parque Alpachaca	1947,24	l/m2/dia	2	0,045	118,457
Polideportivo El Milagro	2842,62	l/m2/dia	2	0,066	172,926
Polideportivo Bellavista de Caranqui	2163,62	l/m2/dia	2	0,050	131,620
TOTAL	3.351.418,21			78,326	205.841,024

Fuente: (Alcuacer & Guaminga, 2023)

Anexo 3. Tanque de reserva de agua “El Tejar”



Anexo 4. Macromedición Yahuarcocha



Anexo 5. Operación y Mantenimiento EMAPA-I Barrio La Florida



Anexo 6. Cambio de tubería de agua potable en el barrio Olivo Alto

