



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

“Incidencia de fugas en las redes de abastecimiento de agua potable en
el cantón Guano, parroquia el Rosario”

Trabajo de Titulación para optar al título de Ingeniería Civil

Autor:

Vilema Villa Amanda Lizbeth

Tutor:

MSc. María Gabriela Zúñiga Rodríguez

Riobamba, Ecuador. 2023

DERECHOS DE AUTORÍA

Yo, **Amada Lizbeth Vilema Villa**, con cédula de ciudadanía **0604526954**, autora del trabajo de investigación titulado: **“Incidencia de fugas en las redes de abastecimiento de agua potable en el cantón Guano, parroquia el Rosario”**, 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, 31 de octubre de 2023.



Amada Lizbeth Vilema Villa

C.I: 0604526954

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 el cantón Guano, parroquia el Rosario**” presentado por **Amanda Lizbeth Vilema Villa**, con cédula de identidad número **0604526954**, 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 31 de octubre de 2023.

Mgs. Andrea Natali Zarate Villacres
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO

Firma

Mgs. Alfonso Patricio Arellano Barriga
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO

Firma

Mgs. Nelson Estuardo Patiño Vaca
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO

Firma

MSc. María Gabriela Zúñiga Rodríguez
TUTOR/A

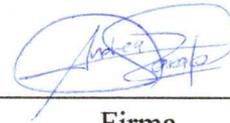
Firma

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación “**Incidencia de fugas en las redes de abastecimiento de agua potable en el cantón Guano, parroquia el Rosario**” presentado por **Amanda Lizbeth Vilema Villa**, con cédula de identidad número **0604526954**, bajo la tutoría de **MSc. María Gabriela Zúñiga Rodríguez**; certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 31 de octubre de 2023.

Mgs. Andrea Natali Zarate Villacres
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO



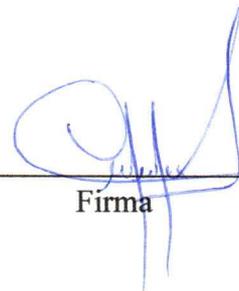
Firma

Mgs. Alfonso Patricio Arrellano Barriga
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Firma

Mgs. Nelson Estuardo Patiño Vaca
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Firma



CERTIFICACIÓN

Que, **VILEMA VILLA AMANDA LIZBETH** con CC: **0604526954**, estudiante de la Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**, 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 EL CANTÓN GUANO, PARROQUIA EL ROSARIO**", que corresponde al dominio científico "**DESARROLLO TERRITORIAL - PRODUCTIVO Y HÁBITAT SUSTENTABLE PARA MEJORAR LA CALIDAD DE VIDA**" y alineado a la línea de investigación "**Ingeniería, Construcción, Industria y Producción**", cumple con el 5%, reportado en el sistema Anti plagio nombre del sistema, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 24 de octubre de 2023

MSc. María Gabriela Zúñiga
TUTORA

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo primeramente a Dios quien me permitió culminarlo con éxito y junto a las personas que más amo. A mi madre Janett Villa que desde pequeña me inculco buenas costumbres, valores y que a lo largo de mi vida siempre fue, es y será mi pilar fundamental, además me enseñó a no rendirme nunca con su gran ejemplo.

A mis hijos Scarlett y Thiago quienes son mi mayor felicidad y orgullo, han logrado que muestre la mejor versión de mí, también han sido mi motor y fuente de superación. A Cristhian que ha estado a mi lado brindándome apoyó y ánimos para no rendirme.

A toda mi familia Villa Adriano y a todas las personas que de una u otra forma me han brindado apoyo les agradezco infinitamente por formar parte de esta etapa maravillosa.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecerle infinitamente a Dios por permitirme haber culminado la tesis y siempre llenarme de muchas bendiciones.

A mi familia que han sido mi fuente de inspiración y mi apoyo incondicional en todo momento, especialmente a mi madre Janett Villa que siempre se ha esforzado por darme lo mejor y nunca me ha dejado sola, al contrario, me lleno de amor y de buenos valores.

Agradezco a mis hijos Scarlett y Thiago por siempre caminar de mi mano y ser los promotores para cumplir mis sueños; a Cristhian por apoyarme firmemente y por ser un gran compañero de vida.

Agradezco a mis tres ángeles Rodrigo, Mario y Oscar que desde el cielo me guiaron y cuidaron. A mi mamita Rosita por su apoyo y amor.

Al mismo tiempo quiero agradecerle sinceramente a mi tutora de tesis MsC. Gabriela Zuñiga por su guía, esfuerzo y dedicación para el desarrollo de este trabajo.

Agradezco a la UNACH y a todos los docentes de la carrera de Ingeniería Civil por compartirme sus conocimientos y experiencias a lo largo de la carrera.

También, quiero agradecerme a mí, por nunca rendirme y por ser perseverante; aunque el camino no fue fácil, mis metas hicieron que luche hasta cumplirlas.

ÍNDICE GENERAL

DERECHO DE AUTORÍA	
DICTAMEN FAVORABLE DEL TUTOR Y MIEMBRO DE TRIBUNAL	
CERTIFICADO DE MIEMBROS DEL TRIBUNAL	
CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO	
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
RESUMEN	12
ABSTRACT	13
CAPÍTULO I. INTRODUCCION.....	14
1.1 Antecedentes	14
1.1.1 Antecedentes de la zona de estudio	14
1.1.2 Antecedentes de la investigación.....	15
1.2 Justificación	18
1.3 Planteamiento del problema.....	18
1.4 Objetivos	19
1.4.1 General	19
1.4.2 Específicos.....	19
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	20
2.1 Generalidades del abastecimiento de agua potable.....	20
2.2 Red de distribución	20
2.2.1 Tipos de fallas en las tuberías de distribución.....	20
2.3 Fugas.....	20
2.3.1 Fugas en las redes de distribución	20
2.3.2 Clasificación de fugas.....	20
2.3.3 Causas que provocan las fugas	21
2.4 Balance hídrico de la red.....	22
2.5 Regulación vigente en Ecuador	22
2.6 Estado del arte.....	23
CAPÍTULO III. METODOLOGIA.....	25
3.1 Tipo y diseño de investigación	25
3.2 Recopilación de información	26

3.2.1	Características del sistema de abastecimiento de agua potable.....	26
3.2.2	Caudales registrados Qr.....	28
3.3	Población de estudio	28
3.4	Procesamiento y análisis de datos.....	28
3.4.1	Balance hídrico técnico	28
3.4.2	Rendimientos hídricos porcentuales.....	29
3.4.3	Índice de agua no contabilizada.....	30
3.4.4	Caudal inyectado	30
3.4.5	Caudal registrado.....	32
3.4.6	Caudales incontrolados consumidos.....	32
3.5	Identificación de sectores críticos con presencia de fugas en la red de distribución 35	
3.6	Inspecciones in situ para el control, reparación de fugas.....	37
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		38
4.1	Resultados.....	38
4.1.1	Balance hídrico técnico general.....	38
4.1.2	Índice de agua no contabilizada (IANC).....	41
4.1.3	Rendimientos hídricos porcentuales.....	42
4.1.4	Afectación económica por volumen incontrolado de agua	43
4.1.5	Identificación de barrios con mayor presencia de fugas en la red de distribución 45	
4.1.6	Operación y mantenimiento de fugas	45
4.1.7	Presión de los sectores críticos con presencia de fugas en la red de distribución 46	
4.1.8	Soluciones planteadas para la adecuada gestión de fugas	48
4.2	Discusión	50
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES		52
5.1	Conclusiones.....	52
5.2	Recomendaciones	53
BIBLIOGRAFÍA.....		54
ANEXOS.....		56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Niveles de desempeño según el porcentaje de agua no contabilizada establecido por la Regulación 003 de la ARCA	23
Tabla 2. Información general de los tanques de reserva del cantón Guano	27
Tabla 3. Usuarios registrados por categoría en el cantón Guano parroquia El Rosario	28
Tabla 4. Rangos de eficiencia del sistema en función del rendimiento.....	30
Tabla 5. Rangos de desempeño según el indicador de agua no contabilizada	30
Tabla 6. Caudales inyectados en las redes de distribución de la parroquia El Rosario	31
Tabla 7. Caudales registrados de la parroquia el Rosario de las 2 redes	32
Tabla 8. Caudal incontrolado de instituciones religiosas	33
Tabla 9. Caudal incontrolado de instituciones de seguridad y emergencia.....	33
Tabla 10. Caudal incontrolado de instituciones barriales.....	33
Tabla 11. Caudal incontrolado de baños públicos	34
Tabla 12. Total de caudal incontrolado consumido en la parroquia El Rosario.....	34
Tabla 13. Balance hídrico técnico mensual del año 2021	38
Tabla 14. Balance hídrico técnico mensual del año 2022	39
Tabla 15. Rendimientos hídricos porcentuales por año.....	42
Tabla 16. Pérdida económica por agua fugada.....	43
Tabla 17. Dotaciones recomendadas	44
Tabla 18. Proyección de dotación de agua a habitantes	44
Tabla 19. Presión que ingresa a las casas de los usuarios de San Miguel y San Gabriel ...	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación el cantón Guano	14
Figura 2. Ubicación de la parroquia El Rosario (Zona del proyecto)	15
Figura 3. Ubicación de las redes de distribución de agua de la parroquia “El Rosario”	17
Figura 4. Vista grafica de las pérdidas operativas	21
Figura 5. Balance hídrico técnico propuesto por Cabrera	22
Figura 6. Metodología propuesta.....	25
Figura 7. Identificación de la planta de tratamiento y del tanque de reserva de la parroquia El Rosario	26
Figura 8. Identificación de las redes de distribución de la parroquia el Rosario	27
Figura 9. Caudalímetro ultrasónico portátil.....	31
Fuente. (Jaramillo & Oleas, 2022).....	31
Figura 10. Caudales inyectados en las redes de distribución de la parroquia El Rosario ..	31
Figura 11. Total de caudal incontrolado consumido en la parroquia El Rosario	35
Figura 12. Registro de las denuncias realizadas por los usuarios.....	35
Figura 13. Informe de actividades mensuales	36
Figura 14. Ficha técnica de inspección del control de fugas	37
Figura 15. Balance hídrico técnico por años de la parroquia El Rosario	40
Figura 16. Porcentaje del caudal fugado mensual	40
Figura 17. Porcentaje de caudal fugado por año	41
Figura 18. Índice de agua no contabilizada por año	41
Figura 19. Rendimiento global del sistema mensual.....	42
Figura 20. Rendimiento global del sistema por año	43
Figura 21. Costo anual de volumen incontrolado de agua	43
Figura 22. Barrios con mayor con mayor presencia de fugas en la red de distribución.....	45
Figura 23. Proceso de reparación de la red de distribución por parte de DIGESEP	46
Figura 24. Aparato para medir la presión	47
Figura 25. Presión que ingresa a las casas de los usuarios de San Miguel y San Gabriel .	48
Figura 26. Soluciones planteadas para la adecuada gestión de fugas.....	49

RESUMEN

El agua potable es de vital importancia para los seres humanos, sin embargo, en Ecuador existen dificultades para la distribución de este servicio básico. En la provincia de Chimborazo según el (ARCA, 2021) hay cinco cantones que tienen un desempeño “Bajo” en el que está incluido el cantón Guano. El mantenimiento no periódico y el manejo inapropiado de las redes de abastecimiento de agua potable en la parroquia El Rosario crean problemas de gran magnitud. En la parroquia El Rosario las fugas se presentan constantemente generando pérdidas económicas considerables en el cantón, por lo cual en esta investigación el objetivo principal es determinar la incidencia de fugas en las redes de abastecimiento de agua potable en el cantón Guano, parroquia el Rosario, así mismo conocer las zonas en donde se presentan más incidencia de fugas, para lo que se realizó un análisis usando una metodología mixta. En las visitas in situ se obtuvieron datos cualitativos en donde se consiguió información y características del mantenimiento y operación en los sistemas de distribución del agua potable. Los datos cuantitativos se emplearon para el análisis del balance hídrico técnico, se analizó desde abril del 2021 hasta diciembre del 2022. Los resultados muestran que en la parroquia El Rosario el porcentaje promedio de caudal incontrolado fugado es de 60.91% y presenta un índice de agua no contabilizada (ANC) de 61.29% colocándose en un nivel de desempeño “Bajo”. Mientras que el rendimiento promedio global del sistema es de 38.71% obteniendo una calificación “Inaceptable”, por lo que la red más afectada es la “Red 2”, en la misma se identificó a 2 barrios con mayor índice de fugas que son San Miguel de Langos y San Gabriel del Aeropuerto. Finalmente, para minimizar considerablemente las pérdidas de agua potable y económicas se plantearon varias soluciones para la correcta gestión de fugas y así mismo minimizar las pérdidas de agua y económicas que se presentan en el cantón.

Palabras claves: fugas, agua potable, balance hídrico, sistema de distribución, rendimientos

ABSTRACT

Drinking water is a remarkable importance for human beings, however, in Ecuador there are difficulties in the distribution of this basic service. In the province of Chimborazo, according to (ARCA, 2021), there are five cantons that have a “Low” performance, which includes the Guano canton. The non-periodic maintenance and inappropriate management of the drinking water supply networks in the El Rosario parish create problems of great magnitude. In the El Rosario parish, leaks constantly occur, generating considerable economic losses in the canton, so in this research the main objective is to determine the incidence of leaks in the drinking water supply networks in the Guano canton, El Rosario parish, Likewise, to know the areas where there is a higher incidence of leaks, for which an analysis was carried out using a mixed methodology. In the on-site visits, qualitative data was obtained where information and characteristics of the maintenance and operation of the drinking water distribution systems were obtained. The quantitative data was used for the analysis of the technical water balance, it was analyzed from April 2021 to December 2022. The results show that in the El Rosario parish the average percentage of uncontrolled leakage flow is 60.91% and presents a water index unaccounted for (ANC) of 61.29%, placing it at a “Low” performance level. While the overall average performance of the system is 38.71%, obtaining an “Unacceptable” rating, therefore the most affected network is “Network 2”, in which 2 neighborhoods with the highest rate of leaks were identified, which are San Miguel. from Langos and San Gabriel Airport. Finally, to considerably minimize drinking water and economic losses, several solutions were proposed for the correct management of leaks and minimize the water and economic losses that occur in the canton.

Keywords: Leaks, drinking water, water balance, distribution system, yields



Reviewed by:
Msc. Jhon Inca Guerrero.
ENGLISH PROFESSOR
C.C. 0604136572

CAPÍTULO I. INTRODUCCION

1.1 Antecedentes

1.1.1 Antecedentes de la zona de estudio

Guano también conocido como “Capital Artesanal del Ecuador” pertenece a la provincia de Chimborazo, está ubicado en el Centro de los Andes, limita al norte con la provincia de Tungurahua, al este con el cantón Penipe, al sur y oeste con Riobamba. El área aproximada en el cantón es de 460.4 km². Según el censo poblacional del 2010 hay un total de 42.851 habitantes, siendo 7.758 habitantes en la zona urbana (INEC, 2010).

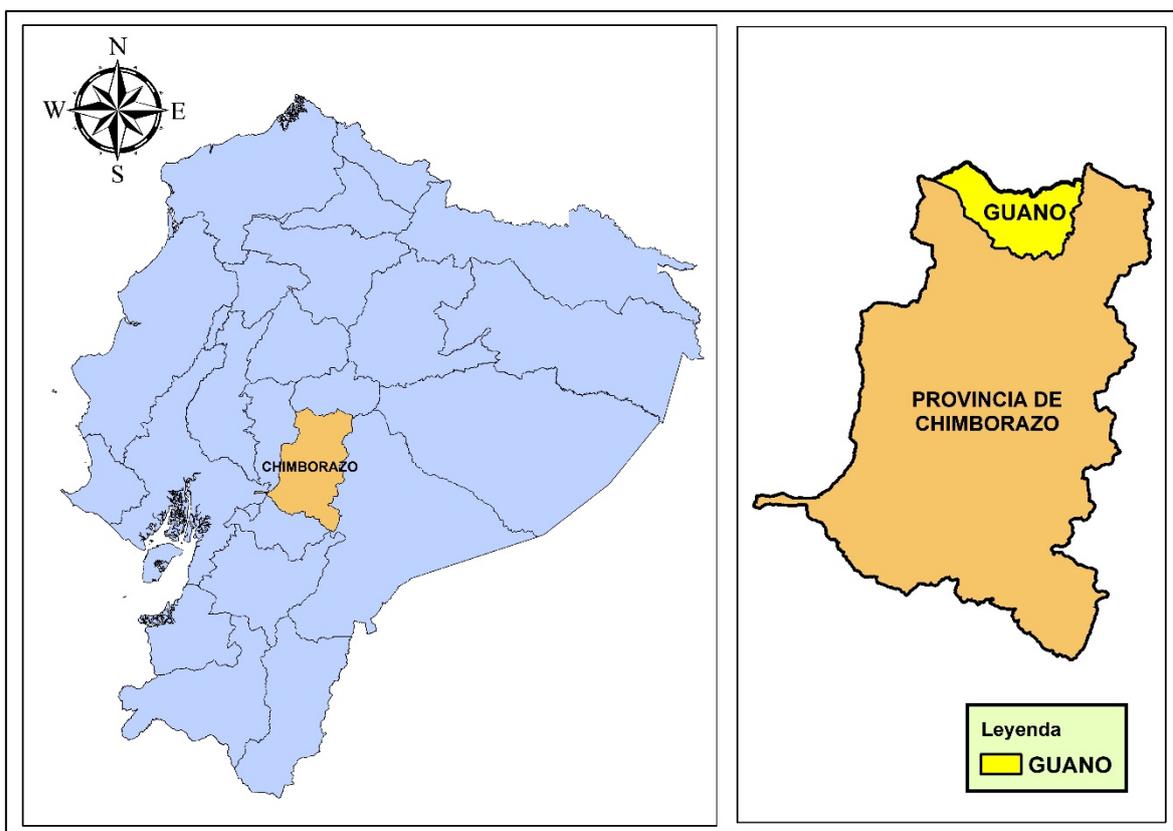


Figura 1. Ubicación el cantón Guano

Guano se divide en dos parroquias urbanas y nueve parroquias rurales. La parroquia urbana en estudio es “El Rosario” que a su vez se divide en veinte y dos barrios como: El Cisne, El Carmen, El Rosal, Las Colinas, 20 de Diciembre, San Miguel, San Gabriel, Langos la Inmaculada, La Nube, Langos Chico, Langos San Pedro, entre otros.

En el cantón Guano hay 5212 usuarios del sistema de agua potable. El sistema de abastecimiento de agua potable (SAAP) es el encargado de dotar agua a todos los usuarios. En la parroquia El Rosario del cantón Guano existen 1605 usuarios de la red “Macrotanque” y 290 usuarios de la red “Aireadores” perteneciente a la empresa de agua potable y alcantarillado Riobamba EMAPAR, existiendo dos redes de distribución que abastecen en la parroquia en estudio. La “red 1” fue construida en el año 2019; mientras

que la “red 2” fue construida en el año 2020 y 2021. Cabe recalcar que existe otra red a la que se denomina “red antigua”, la cual no cuenta con micromedidores y las redes de abastecimiento son de maguera de polietileno negra. Esta red se abastece de agua potable del tanque “Macrotanque” por lo que se analizará como parte de la “red 2”; esta “red antigua” tiene más de 35 años de construcción. En la Figura 3 se puede observar la “red antigua”.

Esta información fue proporcionada por la Dirección de Gestión de Servicios Públicos (DIGESEP). La zona del proyecto se identifica en la Figura 2.

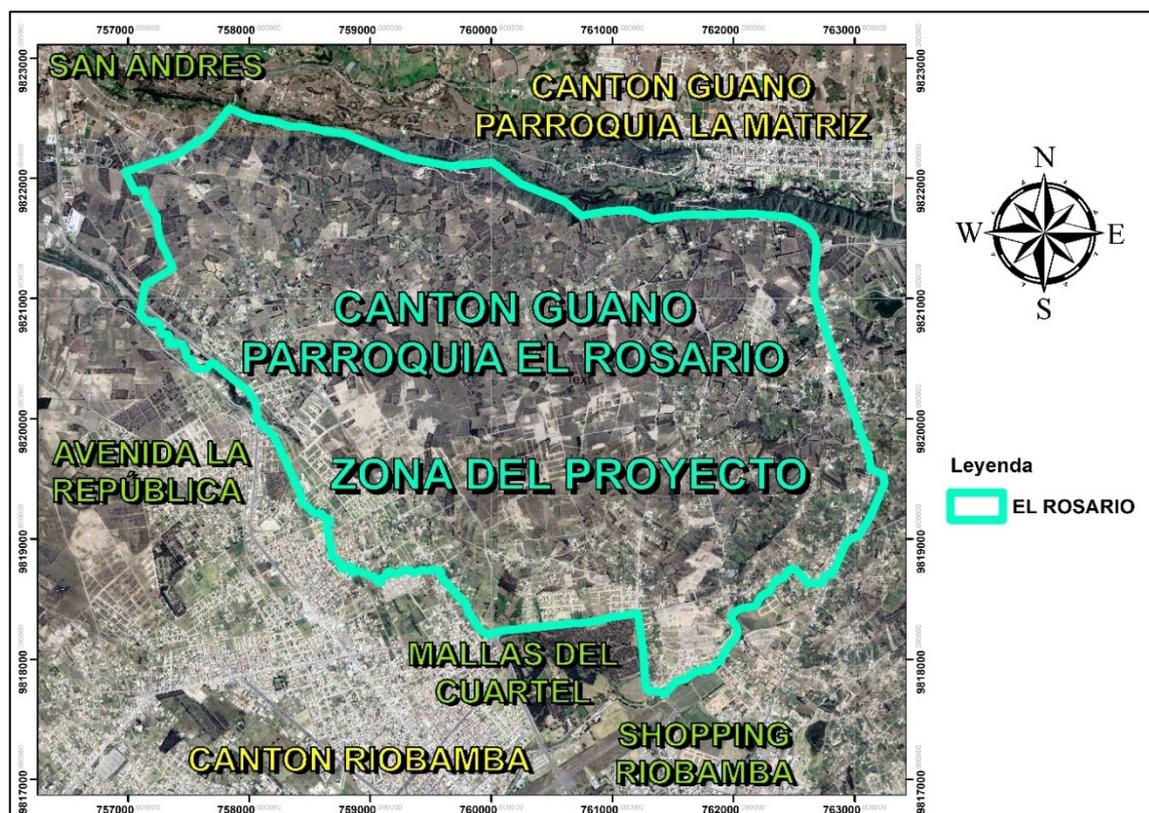


Figura 2. Ubicación de la parroquia El Rosario (Zona del proyecto)

1.1.2 Antecedentes de la investigación

A nivel mundial existen problemas con los sistemas de agua potable, ocasionando pérdidas o fugas de agua, siendo este el problema más común y frecuente que se presenta en las redes de abastecimiento de agua potable, afectando directamente y de manera abrupta a la calidad de vida de los usuarios, además este percance ocasiona pérdidas económicas considerables a las entidades encargadas de prestar este servicio.

Las pérdidas de agua que se presentan a lo largo de la red están asociadas por hurtos de agua, conexiones clandestinas y sobre todo a las fugas. El agua no contabilizada (ANC) se ha incrementado en un 5.23% en los últimos cuatro años en el Ecuador, además la mitad del agua que se potabiliza en Ecuador no es contabilizada esta información es de acuerdo a la Agencia de Regulación y Control del Agua (ARCA) (Torres, 2021).

Las fugas de agua potable son muy comunes y en su gran mayoría no son visibles. Se producen por diversos factores, provocando una pérdida económica grande para las entidades encargadas de manejar y conducir el agua potable. Los municipios y las empresas de agua potable deben mejorar el sistema de red de agua potable para minimizar el problema de ANC.

En la parroquia El Rosario existió un sistema de abastecimiento deficiente construido hace más de 10 años, con tubería de polietileno negra de diámetro no superior a los 20 mm. El servicio no era continuo las 24 horas, es decir; era intermitente en un rango de 6 a 12 horas, lo cual es inadecuado para satisfacer el suministro adecuado de agua a los usuarios (Estrada, 2019).

Cabe mencionar que DIGESEP a mediados del 2019 empezó a realizar mejoras en el servicio cambiando la tubería de polietileno negra por tubería de PVC y creó nuevos ramales en el sistema de distribución en varios barrios de la parroquia, además se instalaron micromedidores en las casas; con la finalidad de reducir el desperdicio de agua potable y para contabilizar el agua consumida por los usuarios.

Se implementó la instalación de los circuitos de agua potable de las redes principales y secundarias en algunos sectores de la parroquia el Rosario, así como las acometidas y la micromedición para cada usuario del sistema, empezando en abril del 2021 con el cobro según el volumen de consumo de agua potable, mejorando notablemente las pérdidas y brindando mejores servicios a los consumidores.

La parroquia El Rosario al ser actualmente una zona de alto crecimiento poblacional presenta varios problemas en las redes de distribución de agua potable. Algunos barrios cuentan con redes de distribución antiguas y no tienen instalados micromedidores, además al dotar de agua a la población sin control hace que los problemas de fugas se presenten continuamente.

En la parroquia “El Rosario” las fugas se presentan constantemente por lo que varios barrios se han quedado sin agua ya que las fugas han sido visibles y de gran magnitud haciendo que DIGESEP tarde varios días en su reparación. Al presentar una fuga de gran magnitud se ayudan de maquinaria pesada y al no contar el DIGESEP con esta maquinaria, hay una demora en la reparación ya que deben esperar hasta que el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón (GADM GUANO) designe la maquinaria para la reparación.

Cuando la fuga de agua potable es pequeña DIGESEP manda cuadrillas para la reparación y lo hacen manualmente con herramientas menores o de mano como: palas, picos, llaves inglesas, corta tubos, etc. Para que DIGESEP repare las fugas los usuarios deben de denunciar el problema.

En la base de registros de denuncias de DIGESEP se reconocen que 2 barrios son los que más fugas presentan desde abril de 2021 hasta diciembre de 2022. Cabe recalcar que al revisar el informe mensual del DIGESEP, se pudo observar que la mayoría de las fugas se

presentaban en los accesorios de las redes de distribución por lo que se deduce que las fugas se presentan por presiones altas.

La distribución de agua potable en la parroquia “El Rosario” se hace a través de dos redes de distribución, como se puede observar en la siguiente figura:

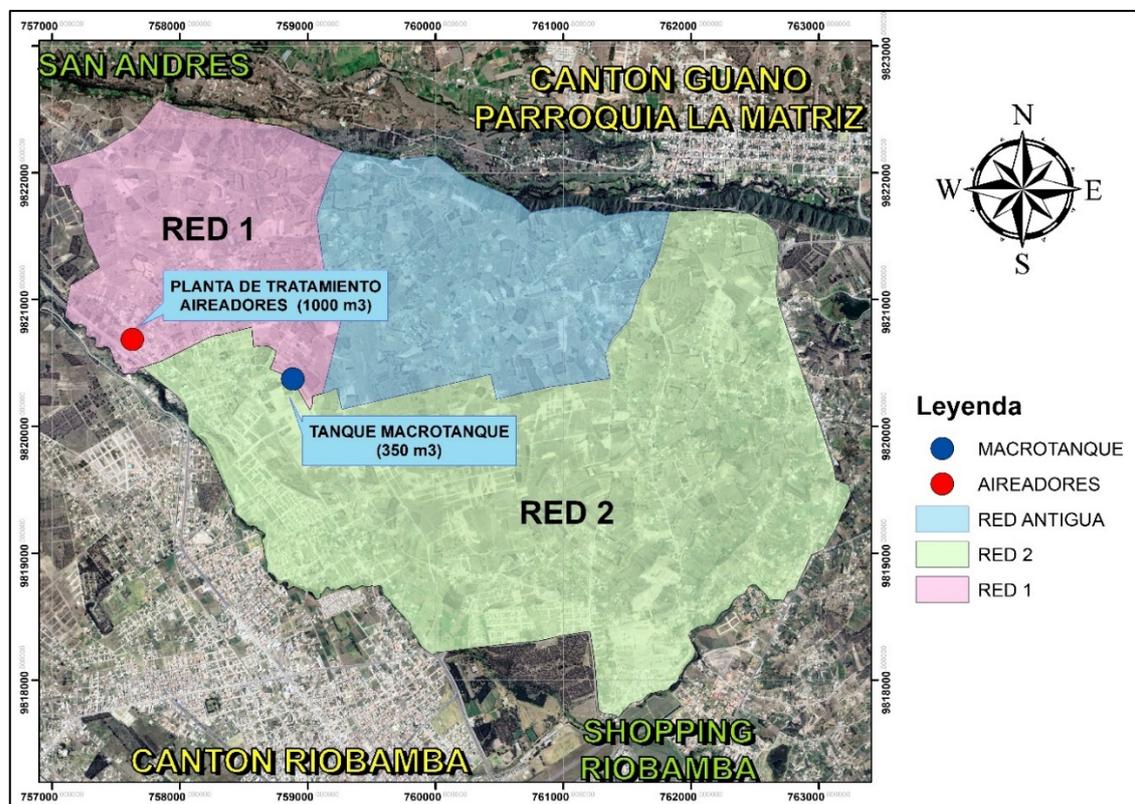


Figura 3. Ubicación de las redes de distribución de agua de la parroquia “El Rosario”

DIGESEP maneja una estrategia de reparación sencilla para garantizar a los usuarios un servicio oportuno tratando de reparar en un tiempo corto una vez puesta la denuncia de fugas en la red de distribución. Es de gran importancia mencionar que la mayor parte de fugas suceden en los accesorios de las redes de distribución como son uniones, codos, universales, reductores, etc. Además, no realizan mantenimiento en las redes de distribución del agua, por lo que al romperse las tuberías tratan de no cambiar completamente la misma, sino que la reparan con accesorios. DIGESEP no se hace cargo de las reparaciones que se presenten del micromedidor hacia adentro de la casa de los usuarios. Finalmente, cuando el daño es grande y la reparación tardará varias horas se les comunica a los usuarios para que se abastezcan de agua.

Por todo lo antes mencionado esta investigación pretende analizar la incidencia que tienen las fugas en las redes de abastecimiento de agua potable en la parroquia El Rosario perteneciente al cantón Guano, este análisis se realizará en base a los datos proporcionados por la Dirección de Gestión de Servicios Públicos (DIGESEP) y a la vez se realizará un diagnóstico del sistema. El objetivo de la investigación es determinar la cantidad de agua no contabilizada y conocer las causas por las que existen pérdidas de agua potable

empleando inspecciones in situ y finalmente se plantearan soluciones para reducir las fugas y las pérdidas económicas.

1.2 Justificación

Al ser incalculable el valor del agua para los seres vivos se debe tomar decisiones inteligentes para el manejo correcto de mismo; por lo que es necesario conocer los problemas de fugas en las redes de abastecimiento de agua potable para alcanzar una gestión equitativa y sostenible de los recursos hídricos.

Las fugas siempre van a estar presentes y aunque no se pueden evitar, se puede adoptar estrategias o medidas que ayudan a disminuir su presencia y los impactos negativos que se generan, uno de los factores primordiales es que no se hace un mantenimiento preventivo en el sistema de red lo que provoca que las tuberías y accesorio se deterioren rápidamente. Al minimizar las fugas de agua potable la calidad de vida de los seres humanos mejoraría notablemente además de brindarles un mejor servicio para garantizar el bienestar de todos.

Las entidades encargadas de dotar de agua potable solucionan las fugas al momento de que los usuarios denuncian del problema y cuando la fuga es de gran magnitud cortan el servicio, causando inconvenientes y molestias a la ciudadanía. En la parroquia El Rosario, el sistema de distribución de agua potable es un punto fundamental para su desarrollo, por lo que este tema de investigación tiene como objetivo conocer los volúmenes de ANC con la determinación de la incidencia de fugas en las redes de abastecimiento de agua potable. Así mismo conocer las zonas en donde se presenta una mayor incidencia de fugas para que el DIGESEP brinde un servicio más eficiente a los usuarios. El cumplimiento de los objetivos planteados en esta investigación beneficiará al sector en estudio, ya que las entidades competentes podrán plantear estrategias factibles para minimizar las fugas en el sistema de agua potable, lo que mejorará notablemente la calidad de vida de las personas y disminuir las pérdidas económicas.

1.3 Planteamiento del problema

Las pérdidas de agua generan un gran problema para las empresas prestadoras del servicio de abastecimiento de agua, dando como consecuencia pérdidas económicas considerables, que son trasladadas a los usuarios, elevando los costos del suministro (Bueno et al., 2019). Actualmente hay un gran desafío para los gobiernos locales y las entidades reguladoras del agua ya que deben centrarse en el mejoramiento de su gestión y de brindar un servicio de calidad con tarifas accesibles para los usuarios (Peñañiel, 2018).

El cantón Guano ha mejorado considerablemente el sistema de distribución de agua ya que se han realizado mejoras e implementación de redes de agua potable en algunos barrios de la parroquia el Rosario. Sin embargo, existe volúmenes de ANC producto de las fugas de agua y de conexiones clandestinas. No existe información suficiente para regularizar y controlar las pérdidas de agua, y al no haber un mantenimiento periódico en las redes de distribución se deterioran más rápido. Para la intervención y reparación, se presentan cortes del servicio lo que provoca inconformidad en los usuarios.

Esta investigación pretende aportar con información acerca de los volúmenes de ANC y conocer la incidencia de fugas que se presentan en los sistemas de redes de distribución de agua potable en la parroquia El Rosario. Además, localizar las causas de esta problemática para aportar al municipio con soluciones viables para minimizar las pérdidas de agua y económicas.

1.4 Objetivos

1.4.1 General

Determinar la incidencia de fugas en las redes de abastecimiento de agua potable en la parroquia El Rosario del cantón Guano.

1.4.2 Específicos

- Identificar las zonas en las que se presenta mayor cantidad de fugas en la parroquia el Rosario del Cantón Guano en base a los datos e información proporcionada por el Departamento de Agua Potable y Alcantarillado y realización del balance hídrico técnico de la zona en estudio.
- Validar mediante inspecciones el proceso de operación y mantenimiento con el que se atiende y soluciona una fuga de agua en las redes de distribución de la parroquia en estudio.
- Plantear soluciones a las posibles causas y problemáticas por las que se presentan las fugas en las redes de distribución de agua potable de la parroquia el Rosario.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Generalidades del abastecimiento de agua potable

Alvarado (2016) manifiesta que abastecer de agua potable a una población es posible debido a la gestión y operación adecuada del sistema de acueducto. La infraestructura del sistema de agua potable se compone de varios elementos como: bombas, tuberías, tanques de almacenamientos y otros, permitiendo adquirir desde la fuente hídrica al recurso (agua) para que luego sea almacenado, potabilizado y finalmente distribuido. Una vez que el agua sea contaminada el sistema de alcantarillado devuelve el recurso al medio ambiente.

2.2 Red de distribución

La red de distribución es el conjunto de tuberías que tienen como función dotar de agua a cada beneficiario, mediante hidrante de toma pública o a base de toma domiciliaria. La distribución comienza en el tanque de almacenamiento y las tuberías que la conforman son de diferentes diámetros, que van enterrados en la vía pública, a los que se conectan tuberías de pequeños diámetros para introducir el agua a las viviendas (Guaman & Taris, 2017).

2.2.1 Tipos de fallas en las tuberías de distribución

Las posibles causas que provocan roturas de tubería se deben a factores externos, es decir el entorno en el que se hallan ubicadas las tuberías; factores intrínsecos referidos características propias de las tuberías, y factores operacionales, relacionados en la forma de operación de cada red. En las tuberías en general, las principales causas de fallo son corrosión, sobrepresiones o maniobras no habituales. En las acometidas, el fallo más frecuente está asociado a defectos de la tubería y material (Martínez et al., 2018).

2.3 Fugas

Según Fonseca y Rodríguez (2017) las fugas son un escape físico de agua en cualquier tramo del sistema de agua potable o alcantarillado; esto se puede presentar en conducciones, redes de distribución y dentro de las casas de los usuarios.

2.3.1 Fugas en las redes de distribución

La mayor y principal amenaza que se presenta en las pérdidas de agua en las redes de distribución de agua potable son las fugas en las tuberías, diversos autores cuantifican estas pérdidas en un rango entre el 70 % y 90 % de las pérdidas reales de la red (Lobos, 2022).

Dependiendo del volumen de agua que se fuga se puede determinar si el servicio que brindan las empresas encargadas de dotar agua es deficiente o excelente, conociendo que en las redes de distribución de agua potable las fugas son constates y predominantes por lo cual es importante saber el punto de ocurrencia de la fuga (Huanchuari & Montero, 2018).

2.3.2 Clasificación de fugas

Según Lobos (2022) las fugas se clasifican en dos grupos:

- Clasificación de fugas según su ubicación

En tuberías de transporte y distribución: pueden ocurrir en las tuberías, uniones y válvulas, generan flujos de mediana a alta tasa.

En sistemas de arranque: es el tramo entre la matriz de distribución y el medidor de agua potable ubicado en la propiedad del usuario, son considerados como puntos débiles de la red producto de la alta tasa de falla que tienen sus uniones y accesorios.

En estanque de almacenamiento: causadas por defectos en sensores de nivel y permeabilidad de paredes del estanque, son de fácil detección y alto costo de reparación.

- Clasificación de fugas según tamaño y permanencia

Fugas reportables o visibles: se manifiestan en las principales tuberías de la red de distribución producto de fallas en las tuberías o conexiones.

Fugas no reportadas o no visibles: son fugas cuyo caudal supera los 250 l/h a 50 m de presión, debido a condiciones desfavorables, no se manifiestan en la superficie.

Fugas de fondo: son fugas con caudales menores a 250 l/h a 50 m de presión, estas pequeñas fugas no se detectan con instrumentos de detección acústica de fugas y asumen que gran parte de estas permanecen sin reparación hasta que la pieza falle (Lobos, 2022).

2.3.3 Causas que provocan las fugas

Las causas que provocan las fugas son varias como la elección del material, condiciones de instalación, presión exagerada del agua, entre otras; además, es recomendable realizar mantenimientos periódicos en las redes (Huanchuari & Montero, 2018).

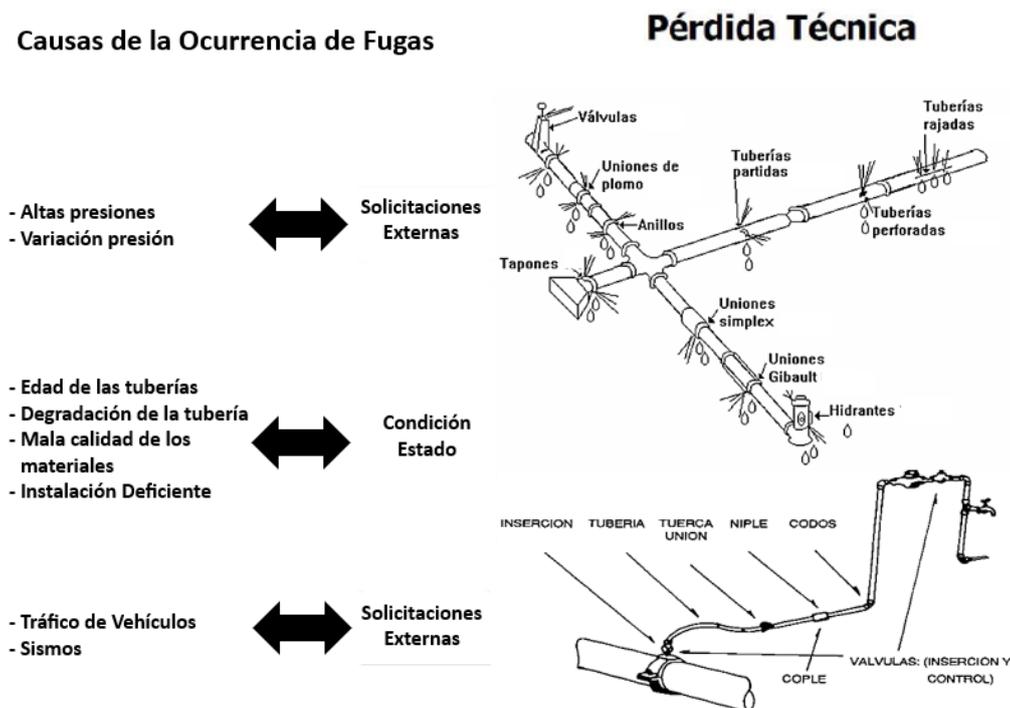


Figura 4. Vista grafica de las pérdidas operativas
Fuente. (Durando, 2018)

2.4 Balance hídrico de la red

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 de este, a través de rendimientos volumétricos porcentuales, los cuales miden el nivel y el volumen de agua perdida, entonces es la relación que existe entre la ganancia y pérdida del agua (Achache & Gómez, 2022).

Cabrera et al. (1999) manifiestan que el balance hídrico se realiza a partir del caudal inyectado a un sistema, el mismo que va a servir para dotar a los usuarios definidos dentro de una sola red. En la Figura 5 se puede observar el balance hídrico propuesto por Cabrera.

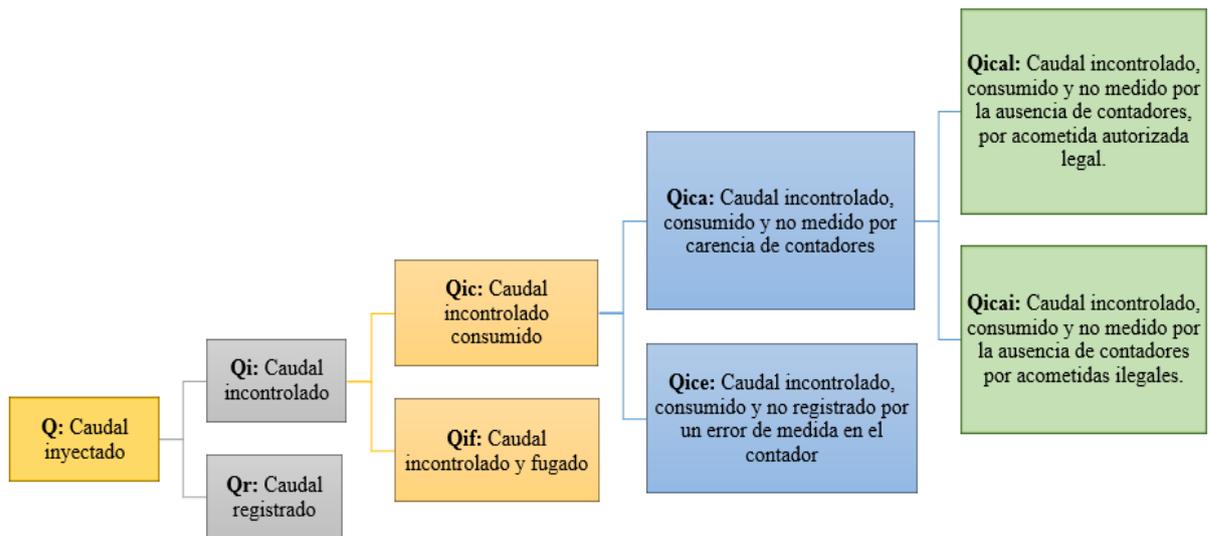


Figura 5. Balance hídrico técnico propuesto por Cabrera
Fuente. (Cabrera et al., 1999)

2.5 Regulación vigente en Ecuador

Desde el 2014 la Agencia de Regulación y Control de Agua (ARCA) se encarga de recopilar información de todo el Ecuador sobre la prestación de los servicios públicos de agua potable y saneamiento de todos los cantones pertenecientes a este país. ARCA emite cada año boletines estadísticos en los que muestran la evaluación integral y eficiencia de las empresas prestadoras de servicio de agua potable (ARCA, 2021). Uno de los indicadores que se muestran en los boletines estadísticos es el agua no contabilizada, lo que nos permite conocer el porcentaje de volumen de agua que no se factura y por ende se pierde a lo largo del sistema de red, mientras menor sea este valor mejor será el desempeño de las empresas prestadoras de servicio. El ARCA (2021) establece una tabla en el que muestran tres categorías según la regulación 003 definida por el ARCA, a continuación se muestran los niveles de desempeño según el porcentaje de agua no contabilizada:

Tabla 1. Niveles de desempeño según el porcentaje de agua no contabilizada establecido por la Regulación 003 de la ARCA

Rango I – Alto ANC \leq 30% Categorías: Ninguno	La gestión del servicio y el estado de la infraestructura se encuentran dentro de niveles aceptables de desempeño, con un menor grado de intervención.
Rango II – Medio 30 < ANC \leq 45% Categorías: A y B	La gestión del servicio y el estado de la infraestructura no se encuentran dentro de niveles aceptables de desempeño y se debe considerar en estado de alerta con un grado de intervención moderado.
Rango III – Bajo ANC > 45% Categorías: C y D	La gestión del servicio y el estado de la infraestructura se encuentran dentro de niveles inaceptables de desempeño, por lo que se considera en estado de emergencia con un alto grado de intervención.

Fuente. (ARCA, 2021)

2.6 Estado del arte

Fernández y Salazar (2021) mencionan que el acceso a los servicios de agua potable es un derecho fundamental y se considera como un servicio público, además cada entidad gubernamental deberá proveer de agua potable a toda la población y a su vez deberá garantizar que cada usuario cuente con la cantidad necesaria para su uso y consumo.

Las fugas de agua generan desperdicios considerables del líquido vital, inflan las planillas de pago, inundan espacios públicos, también bloquean la movilidad en algunas arterias viales, donde el adoquín o pavimento queda destruido (Heredia, 2023).

Benavides (2018) menciona en su investigación que las fugas de agua ocurren en cualquier tramo de la red y aunque se pueden plantear soluciones factibles para evitar estas pérdidas no se pueden eliminar por completo de los sistemas de abastecimiento, por lo que siempre va a existir un volumen mínimo de pérdidas reales que van a ser inevitables y otro volumen de pérdidas potencialmente recuperables, por lo que se recomienda plantear soluciones eficientes para minimizar las fugas existentes y evitar futuras.

Las pérdidas de agua potable generan un impacto negativo en varios aspectos ya que es el agua que se desperdicia por diversos motivos como las condiciones del suelo, la calidad de las tuberías y accesorios, la mano de obra, entre otros (Vasquez, 2023). Estas fugas o pérdidas de agua afectan considerablemente la economía de las empresas encargadas de dotar de agua. En Ecuador es común este tipo de problemas en todos los cantones (Torres, 2021).

El Banco Mundial estimó en promedio que el 45% del agua producida es agua no facturada. En el mundo, más de 32 billones de m³ de agua potable se fugaron de sistemas de abastecimiento al año, con un costo superior a los USD 18.000 millones (Bueno et al., 2019).

La Agencia de Regulación y Control del Agua (ARCA) dijo que la cobertura del servicio de agua potable en el Ecuador hasta el año 2021 alcanzó el 78.8%. La continuidad de la prestación del servicio de agua potable (CS) tomando en cuenta la cantidad de horas diarias en que el servicio fue interrumpido por cortes programados o no programados equivale a 22 horas de servicio de agua potable al día (ARCA, 2021).

Cedeño et al. (2021) en su artículo científico “Plan estratégico para la reducción de pérdidas de agua potable en Portoviejo” se enfocó en abordar la problemática que generan las pérdidas de agua potable, bajo una visión pragmática que haga énfasis en la investigación de posibles soluciones que permitirían obtener resultados positivos para la empresa prestadora del servicio de agua potable en la ciudad de Portoviejo. Se utilizan métodos cualitativos con el fin de proyectar un desempeño futuro del sistema a través de estrategias y buenas prácticas orientadas a la reducción de las pérdidas de agua potable.

Rosero (2019) en su trabajo de maestría titulado “Agua potable no contabilizada en el cantón Pangua y programa de control de pérdidas” recopiló todo tipo de información en oficina y campo, relacionada a la prestación del servicio de agua potable en la ciudad de El Corazón. Se verificó el caudal tratado que sale de la planta de tratamiento y los valores de volúmenes facturados y medidos. Adicionalmente se analizó la infraestructura del sistema para la prestación del servicio de agua potable, para luego sistematizar la información y determinar el agua potable no contabilizada.

Bueno et al. (2019) en su investigación titulada “Análisis de agua no contabilizada en el sistema de abastecimiento urbano del municipio de Facatativá, Colombia” su objetivo principal fue desarrollar investigaciones que estudien los factores que incrementan las pérdidas de agua en sistemas de abastecimiento para poder tener acueductos más eficientes y sustentables. El porcentaje de pérdidas en función del índice de agua no contabilizada es uno de los métodos de mayor utilidad para evaluar financiera y técnicamente estos sistemas de abastecimiento, permitiendo desarrollar programas más eficientes para la prevención, reducción y control de pérdidas.

CAPÍTULO III. METODOLOGIA

3.1 Tipo y diseño de investigación

El método de esta investigación tiene un enfoque mixto, lo cual significa que se aplica un enfoque cualitativo y cuantitativo, lo que permite un adecuado análisis del tema de investigación. Salas (2019) dice que el enfoque mixto es un proceso que recolecta, analiza y vierte datos cuantitativos y cualitativos, en un mismo estudio.

En el estudio a realizarse se aplica una investigación no experimental transversal, esto es porque el periodo que se va a analizar ya está establecido o definido.

Primero se empieza con una amplia y minuciosa investigación bibliográfica en fuentes confiables como Novasinergia, Scielo, Scopus, repositorios de Universidades, Web of Science entre otros; esto se realizará con el fin de aclarar y ampliar algunos puntos claves sobre el tema en estudio. Posteriormente se recolecta información y datos que serán otorgados por la entidad encargada de Guano, además se realizan visitas en campo para evaluar el proceso de operación y mantenimiento que se les da a las redes de distribución de agua y se analiza los lugares más críticos en donde se presentan fugas constantemente. Finalmente se propone instalar macromedidores, micromedidores y válvulas automáticas reguladoras de presión para controlar el caudal inyectado en las redes de distribución de agua potable y para que se reduzcan las fugas existentes.

En la Figura 6 se puede observar detalladamente la metodología plateada para esta investigación que dará cumplimiento a los objetivos planteados.

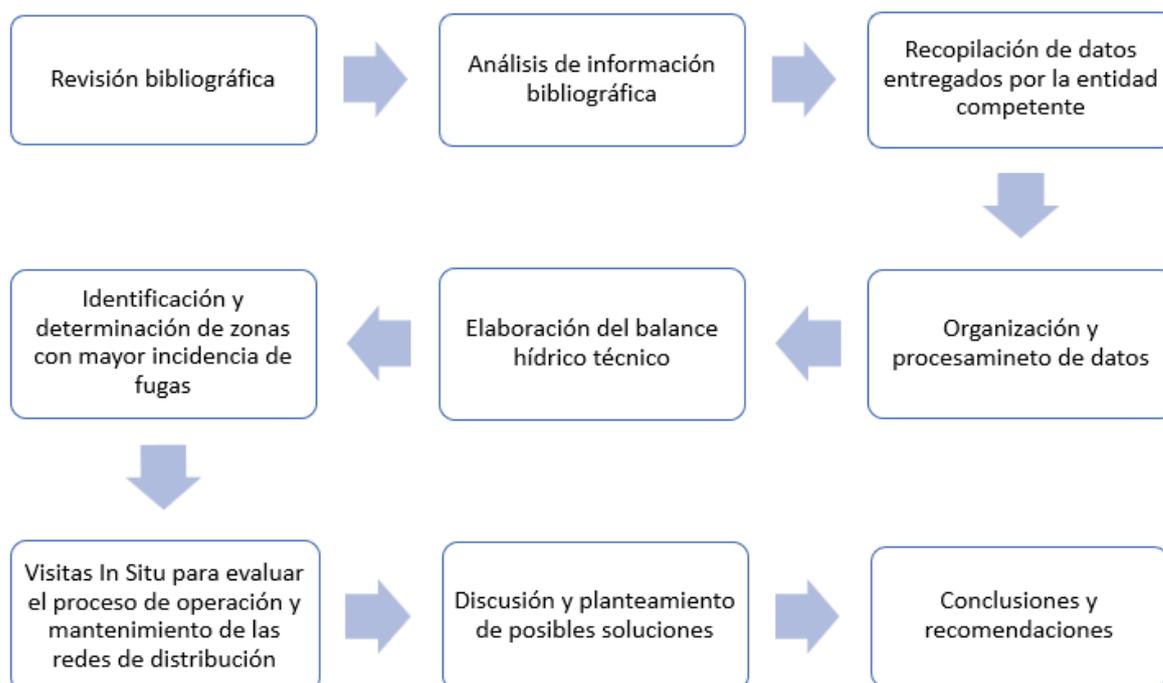


Figura 6. Metodología propuesta

3.2 Recopilación de información

Para el desarrollo del presente proyecto de investigación se solicita información veraz y útil a la entidad encargada de dotar agua potable en el cantón Guano DIGESEP, por lo que mediante un oficio se pide información, con respecto a la prestación del servicio en la parroquia El Rosario:

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

La información fue entregada por el departamento DIGESEP y el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Guano (GADM-GUANO).

3.2.1 Características del sistema de abastecimiento de agua potable

En la Figura 7, se visualiza que la parroquia El Rosario perteneciente al cantón Guano cuenta con un tanque de reserva (Macrotanque) y una planta de tratamiento (Aireadores).

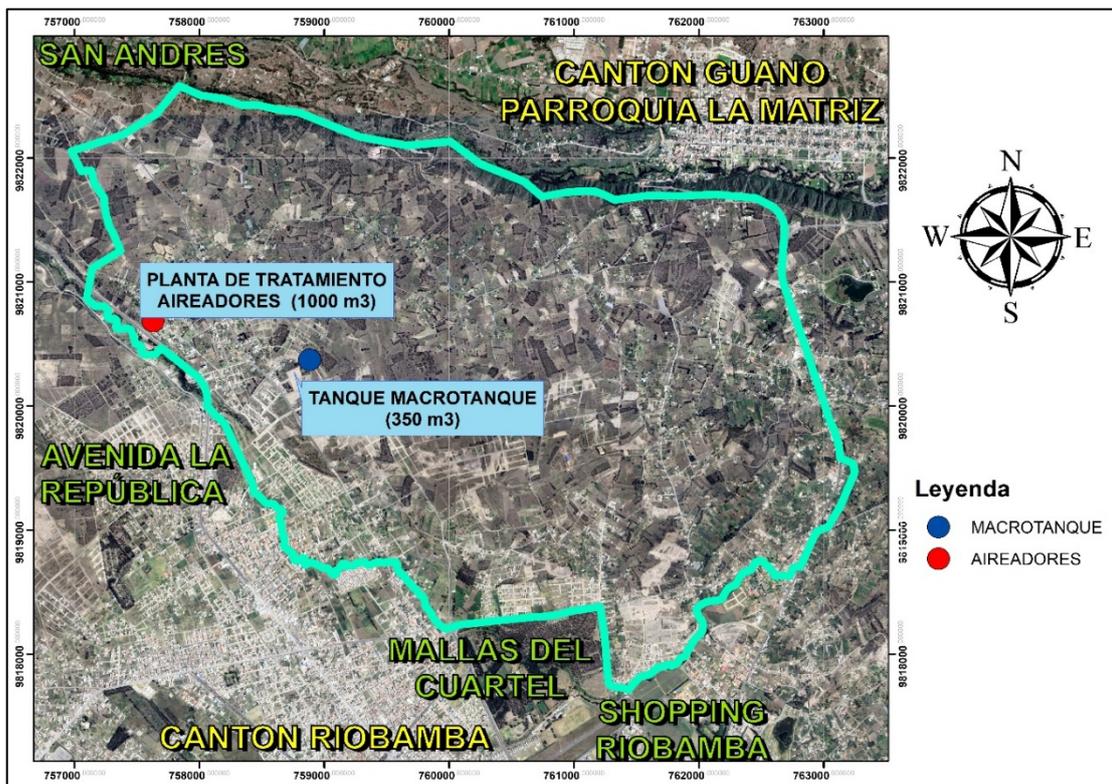


Figura 7. Identificación de la planta de tratamiento y del tanque de reserva de la parroquia El Rosario

La planta de tratamiento potabilizadora de agua potable denominada Aireadores dota de agua a toda la parroquia El Rosario, de la cual cuatro barrios pertenecientes a la parroquia en estudio utilizan el agua directamente de la planta de tratamiento potabilizadora, mientras que los demás barrios tienen un tanque llamado Macrotanque, en el que almacenan el agua para luego ser distribuida.

En la Tabla 2, se describen características e información necesaria del tanque y de la planta de tratamiento.

Tabla 2. Información general de los tanques de reserva del cantón Guano

Tanque / Planta de Tratamiento	Capacidad (m ³)	Coordenadas UTM zona 17s	Altura (m.s.n.m)	Geometría
Macrotanque	350	758873.28 m E; 9820362.81 m S	2919	Circular
Aireadores	1000	757623.29 m E; 9820684.99 m S	2954	Rectangular

En la Figura 8 se puede identificar la ubicación de las 2 redes de distribución que abastecen de agua a la parroquia El Rosario.

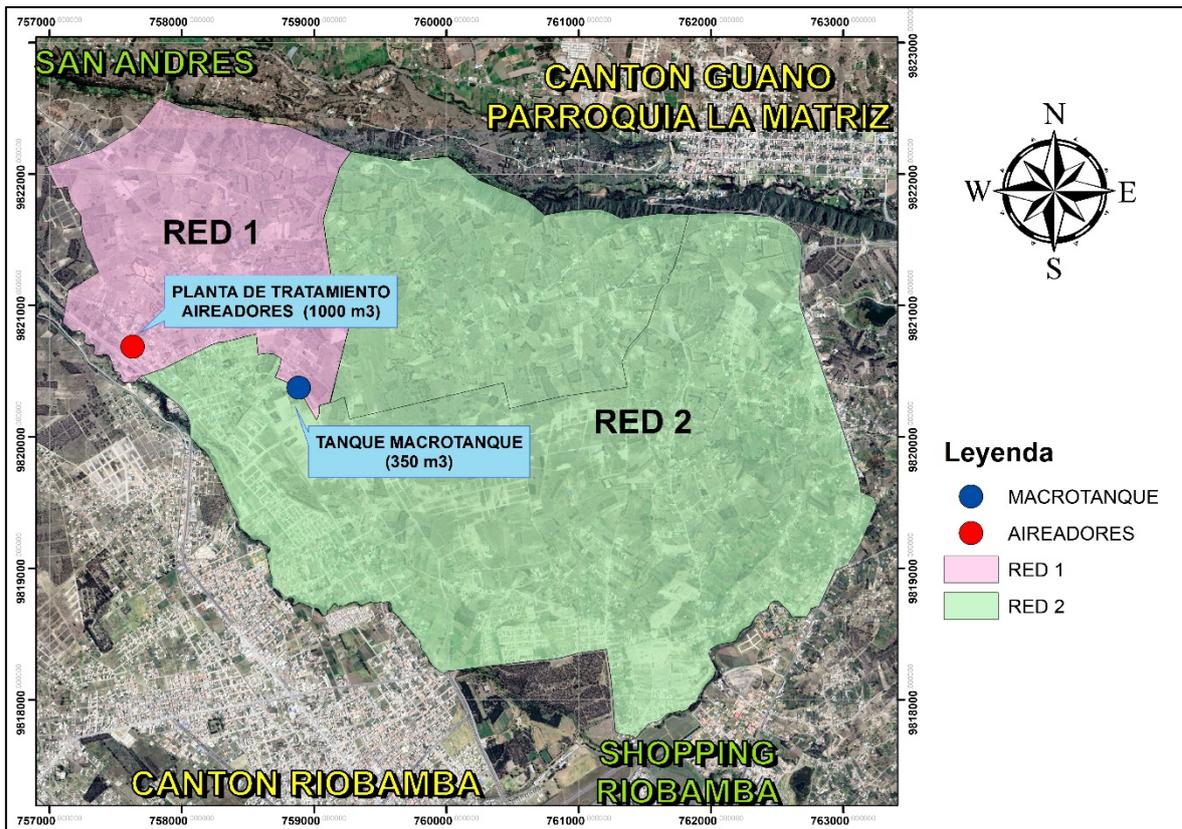


Figura 8. Identificación de las redes de distribución de la parroquia el Rosario

3.2.2 Caudales registrados Qr

3.3 Población de estudio

La población en estudio son todos los usuarios de la parroquia el Rosario que están registrados en el departamento de agua potable del cantón Guano. Por lo que se solicita información a DIGESEP y el área de tecnologías, el cual indica que hasta el mes de diciembre del 2022 existe un registro de 1895 usurarios de la parroquia el Rosario como se puede observar en la Tabla 3. Existen dos redes de distribución que son: el “Macrotanque” que tiene 1605 usuarios y la planta de tratamiento potabilizadora de agua potable “Aireadores” perteneciente al EMAPAR cuenta con 290 usuarios.

Tabla 3. *Usuarios registrados por categoría en el cantón Guano parroquia El Rosario*

Categoría	Nº de usuarios	Porcentaje que representa
Residencial	1720	90.77 %
Comercial	152	8.02 %
Industrial	19	1.00 %
Otros	4	0.21 %
Total	1895	100%

3.4 Procesamiento y análisis de datos

3.4.1 Balance hídrico técnico

Para realizar el cálculo del balance hídrico se procede a procesar los datos otorgados por el DIGESEP desde abril del 2021 hasta diciembre del 2022. El análisis que se realiza es conocer el porcentaje de agua fugada en las redes de abastecimiento de agua potable en la parroquia El Rosario para lo cual se aplica el método de Cabrera et al. (1999).

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 facturado o cuantificado por los medidores instalados en las acometidas domiciliarias de cada usuario.

Caudal incontrolado (Qi): Volumen de agua que no se registra por lo que se desconoce su destino y no existe recaudación por parte de la entidad de agua potable.

$$Q_i = Q + Q_r \quad [1]$$

Donde:

Q: Caudal Inyectado (m^3/mes)

Q_r : Caudal registrado (m^3/mes)

Q_i : Caudal incontrolado (m^3/mes)

Caudal incontrolado fugado (Q_{if}): Volumen de agua incontrolado que se pierde por causa de las fugas en el sistema (uniones, tuberías, etc).

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

Donde:

Q_{if} : Caudal incontrolado fugado (m^3/mes)

Q_{ic} : Caudal incontrolado consumido (m^3/mes)

Caudal suministrado (Q_s): Caudal de agua suministrado a todos los usuarios del sistema de agua potable.

$$Q_s = Q - Q_{if} = Q_r + Q_{ic} \quad [3]$$

Donde:

Q_s : Caudal suministrado (m^3/mes)

3.4.2 Rendimientos hídricos porcentuales

Para calcular los rendimientos hídricos porcentuales se utiliza el método de Cabrera et al. (1999), el mismo que se detalla a continuación:

$$\eta_s = \frac{Q_r}{Q} \quad [4]$$

Donde:

η_s : Rendimiento global del sistema

Q_r : Caudal registrado

Q : Caudal inyectado

$$\eta_r = \frac{Q_s}{Q} \quad [5]$$

Donde:

η_r : Rendimiento de la red

Q_s : Caudal suministrado [$Q_r + Q_{ic}$]

$$\eta_g = \frac{Q_r}{Q_s} \quad [6]$$

Donde:

η_g : Rendimiento de la gestión técnico-administrativa

En la Tabla 4 se presenta una escala de rangos de eficiencia del sistema en función del rendimiento, la misma que ayuda a determinar el estado en el que se encuentra la red, estos rangos fueron definidos por Cabrera et al. (1999).

Tabla 4. Rangos de *eficiencia del sistema en función del rendimiento*

Rango	Calificación
$\eta_s > 0.9$	Excelente
$0.8 < \eta_s < 0.9$	Muy buena
$0.7 < \eta_s < 0.8$	Bueno
$0.6 < \eta_s < 0.7$	Regular
$0.5 < \eta_s < 0.6$	Malo
$0.5 < \eta_s$	Inaceptable

Fuente. (Cabrera et al., 1999)

3.4.3 Índice de agua no contabilizada

El índice de agua no contabilizada se calcula aplicando la ecuación del ARCA (2021), en el que se ocupa el volumen inyectado y el volumen registrado de todos los usuarios. Para realizar el cálculo se utiliza la Ecuación [7]:

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

Donde:

V_s : Volumen inyectado (m^3)

V_r : Volumen registrado (m^3)

Los rangos de desempeño según el indicador de agua no contabilizada se pueden observar en la Tabla 5.

Tabla 5. Rangos de *desempeño según el indicador de agua no contabilizada*

Categoría	Rango
Rango I – Alto	$4.8 \leq IANC \leq 30$
Rango II – Medio	$30 \leq IANC \leq 45$
Rango III - Bajo	$IANC > 45$

Fuente. (ARCA, 2021)

3.4.4 Caudal inyectado

Para conocer el volumen de agua inyectado al sistema de abastecimiento de agua potable se utiliza un equipo llamado caudalímetro ultrasónico portátil (TDS-100H) como se ve en la Figura 9, el mismo trabaja con un error de $\pm 1.0\%$. Se realiza la medición de los caudales inyectados debido a que el tanque Macro tanque no tiene instalado macromedidores, para lo cual se toman varias mediciones en cada red para obtener la media y de esa manera obtener datos confiables. El caudal inyectado



Figura 9. Caudalímetro ultrasónico portátil
Fuente. (Jaramillo & Oleas, 2022)

En la Tabla 6 y en la Figura 10 se presentan los caudales inyectados a las redes de distribución de agua potable de la parroquia El Rosario. La medición se realiza en el mes de mayo del 2023 durante 3 días, en donde Q1, Q2 y Q3 representan el caudal de cada día; finalmente se calcula el caudal promedio (Q promedio) con el fin de conseguir datos confiables.

Tabla 6. Caudales inyectados en las redes de distribución de la parroquia El Rosario

Nombre	Material tubería	Diámetro [mm]	Q1	Q2 [l/s]	Q3	Q promedio [l/s]	Q [m³/mes]
RED 1	PVC	160	2.518	2.000	3.793	2.77	7180.70
RED 2		200	23.930	23.560	23.316	23.60	61176.38
Q total						26.37	68357.38

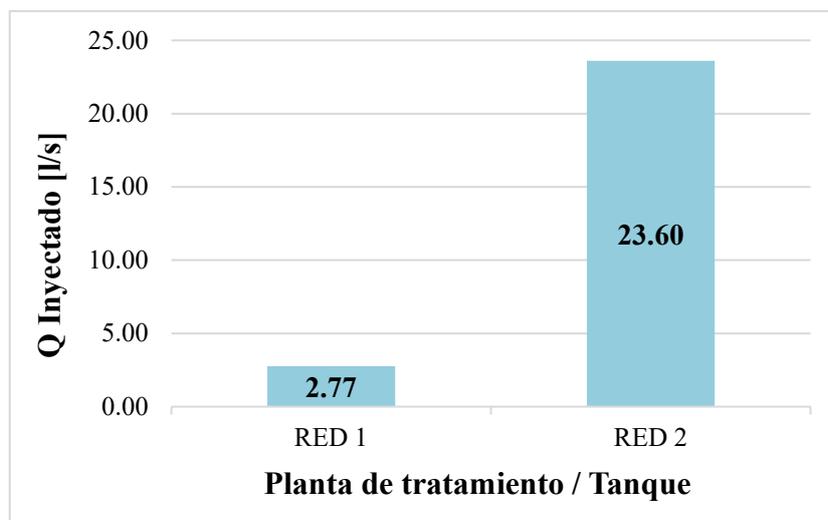


Figura 10. Caudales inyectados en las redes de distribución de la parroquia El Rosario

3.4.5 Caudal registrado

En la Tabla 7 se muestran los valores de los caudales registrados en m³/mes desde abril del 2021 hasta diciembre del 2022. Estos valores fueron otorgados por DIGESEP y por el departamento de tecnologías del cantón Guano.

Tabla 7. *Caudales registrados de la parroquia el Rosario de las 2 redes*

Qr (m3/mes) – Volumen mensual total de las 2 redes		
Mes / año	2021	2022
Enero	-	31093.46
Febrero	-	32131.94
Marzo	-	29773.37
Abril	12463.62	23270.59
Mayo	12296.09	30770.49
Junio	19480.30	28534.21
Julio	33265.08	29474.50
Agosto	25116.98	29443.60
Septiembre	31420.34	33578.48
Octubre	40079.47	38560.22
Noviembre	16924.71	31869.03
Diciembre	9871.55	28685.00

3.4.6 Caudales incontrolados consumidos

En la parroquia **El Rosario** hay varias instituciones que consumen agua y los valores consumidos no se facturan ni se registran, por lo que en la Tabla 8, Tabla 9, Tabla 10 y Tabla 11 se muestra los valores de los caudales incontrolados consumidos (Qic) para lo cual se enlista a las instituciones y se utilizan las “Dotaciones para edificaciones de uso específico” de la norma NEC-11 del manual de instalaciones hidrosanitarias de la página 16 y 17.

Para calcular el caudal incontrolado de las instituciones religiosas se investiga la cantidad de personas que asisten a la iglesia regularmente para no sobredimensionar los cálculos y aunque las iglesias permiten un aforo máximo aproximadamente de 160 personas porque son construcciones pequeñas, cabe recalcar que en la actualidad la mayor parte de personas ya no acuden a la iglesia como antes, por lo que la mayor parte de las iglesias no llegan ni a la mitad de visitantes del aforo máximo permitido, por lo tanto se considera únicamente a la cantidad de personas que asiste regularmente a cada iglesia; por ejemplo a la iglesia católica del 20 de Diciembre regularmente asisten 55 personas o visitantes y así sucesivamente para cada institución religiosa.

Tabla 8. Caudal incontrolado de instituciones religiosas

Tipo de Edificación	Cantidad	Unidad	Dotación NEC 11	Dotación [l/s]	Volumen mensual [m ³ /mes]
Iglesia Católica del 20 de Diciembre	55	l/concurrente/día	7	0.004	11.55
Iglesia Católica de San Gabriel del Aereopuerto	40	l/concurrente/día	7	0.003	8.40
Iglesia Católica de Langos San Miguel	70	l/concurrente/día	7	0.006	14.70
Iglesia Católica de La Nube	30	l/concurrente/día	7	0.002	6.30
Iglesia Católica de Langos Chico	40	l/concurrente/día	7	0.003	8.40
Iglesia Católica de San Pedro	35	l/concurrente/día	7	0.003	7.35
Iglesia Católica San Alfonso	45	l/concurrente/día	7	0.004	9.45
Iglesia Católica de la Inmaculada	46	l/concurrente/día	7	0.004	9.66
Iglesia Católica La Dolorosa	30	l/concurrente/día	7	0.002	6.30
Iglesia Cristiana Bíblica	40	l/concurrente/día	7	0.003	8.40
Subtotal					90.51

Tabla 9. Caudal incontrolado de instituciones de seguridad y emergencia

Tipo de Edificación	Cantidad	Unidad	Dotación NEC 11	Dotación [l/s]	Volumen mensual [m ³ /mes]
Unidad de policía comunitaria UPC	6	l/persona/día	250	0.017	45.00
Subtotal					45.00

Tabla 10. Caudal incontrolado de instituciones barriales

Tipo de Edificación	Cantidad	Unidad	Dotación NEC 11	Dotación [l/s]	Volumen mensual [m ³ /mes]
Casa Barrial del 20 de Diciembre	45	l/concurrente/día	7	0.004	9.45
Casa Barrial de San Gabriel del Aereopuerto	35	l/concurrente/día	7	0.003	7.35
Casa Barrial de Langos San Miguel	65	l/concurrente/día	7	0.005	13.65

Casa Barrial de La Nube	25	l/concurrente/día	7	0.002	5.25
Casa Barrial de Langos Chico	30	l/concurrente/día	7	0.002	6.30
Casa Barrial de San Pedro	35	l/concurrente/día	7	0.003	7.35
Casa Barrial de la Inmaculada	45	l/concurrente/día	7	0.004	9.45
Casa Barrial La Dolorosa	25	l/concurrente/día	7	0.002	5.25
Casa Barrial de El Carmen	30	l/concurrente/día	7	0.002	6.30
Casa Barrial de El Rosal	40	l/concurrente/día	7	0.003	8.40
Casa Barrial de Las Colinas	25	l/concurrente/día	7	0.002	5.25
Casa Barrial de El Cisne	20	l/concurrente/día	7	0.002	4.20
Subtotal					88.20

Tabla 11. *Caudal incontrolado de baños públicos*

Tipo de Edificación	Cantidad	Unidad	Dotación NEC 11	Dotación [l/s]	Volumen mensual [m ³ /mes]
Baños de San Miguel	4	L/mueble sanitario/día	300	0.014	36.00
Subtotal					36.00

En la Tabla 12 y Figura 11 se muestra una síntesis de los caudales incontrolados consumidos, en el que se presenta la categoría y el valor del caudal incontrolado por red, dándonos como resultado que las instituciones religiosas son la que mayor agua consumen.

Tabla 12. *Total de caudal incontrolado consumido en la parroquia El Rosario*

Institución o categoría	Volumen mensual [m ³ /mes]
Religiosas	90.51
Seguridad y emergencia	45.00
Casas Barriales	88.20
Baños públicos	36.00
Total	259.71

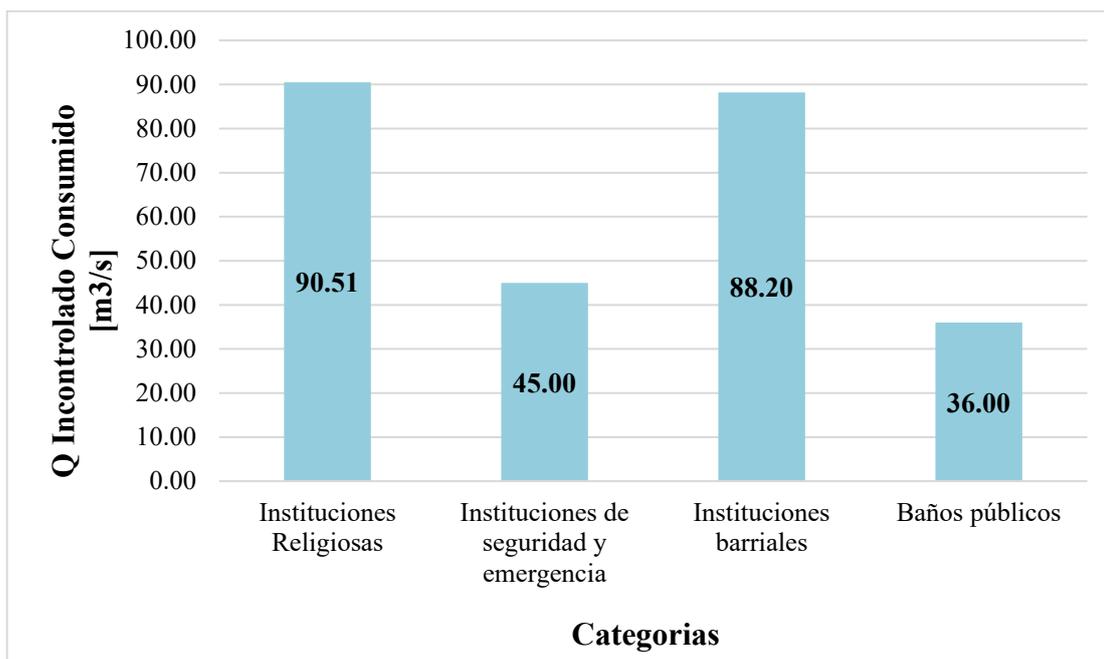


Figura 11. Total de caudal incontrolado consumido en la parroquia El Rosario

3.5 Identificación de sectores críticos con presencia de fugas en la red de distribución

La entidad encargada de dotar agua a la parroquia El Rosario (DIGESEP) lleva un registro de las denuncias de los ciudadanos sobre las fugas que se presentan como se observa en la Figura 12, en la cual, se registra la fecha, hora, nombre y apellido, número de cédula, teléfono, dirección domiciliaria, motivo de la denuncia y firma.

 GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DEL CANTÓN GUANO DIRECCIÓN DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO REGISTRO DE USUARIO 							
FECHA	HORA	NOMBRES Y APELLIDOS	NUMERO DE CEDULA	TELEFONO	DIRECCION DOMICILIARIA	MOTIVO DE VISITA	FIRMA
08-05-2018	9:30	Eernande Anzualo		0987663602	Santa Teresita	Alto consumo	
08-05-2018	9:50	Mauco Sevilla			Langos La Inmaculada	Inspecciones	
08-05-2018	10:32	Pablo Sanchez			San Gabriel	Ruptura de tubería	
08-05-2018	10:55	Angel Paquay			San Pedro	Instalación nueva	
08-05-2018	11:20	Victor Manuel Gualpi			Balsayan	Fuga de Agua en la vía	
09-05-2018	11:45	Jose Isacc Cordova		0973662325	San Miguel	No tiene agua desde el jueves 04-05-2018	Tambien hay 2 conexiones clandestinas
09-05-2018	12:10	Monica Fonseca			San Gabriel	Fuga de Agua y Nutrición	
09-05-2018	14:50	Carmen Villa			San Gabriel	Ruptura cerca del medidor	
09-05-2018	05:00	Rosa Adriano			San Pablo	Acometida Nueva	
10-05-2018	05:15	Santos Domingo			San Miguel	Fuga de Agua	

Figura 12. Registro de las denuncias realizadas por los usuarios

La Figura 13 muestra el informe de actividades mensuales, en el que se presenta registros de las reparaciones realizadas de forma general de todo el cantón Guano. Este informe es elaborado por el director del DIGESEP, para ser entregado al alcalde del cantón. Para analizar los sectores que presentan más fugas en las redes de distribución, se procede a contabilizar por barrio las denuncias.

GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DEL CANTÓN GUANO			
Art. 7 de la Ley Orgánica de Transparencia y Acceso a la Información Pública - LOTAIP			
Literal a4) Las metas y objetivos de las unidades administrativas de conformidad con sus programas operativos			
Descripción de la unidad	Objetivo de la unidad	Indicador	Meta cuantificable
PROCESOS GOBERNANTES / NIVEL DIRECTIVO			
La unidad desarrolla varias actividades en beneficio de la población Guaneña en cuanto al agua potable, alcantarillado y laboratorio.	Planifica, controla y garantiza la prestación eficiente del servicio de agua potable, alcantarillado y aseo para el cantón, que debe caracterizarse por la cantidad, calidad y continuidad del servicio de agua potable.	1 Número de solicitudes en cuanto al requerimiento del servicio de agua potable y alcantarillado	100%
PROCESOS AGREGADORES DE VALOR / NIVEL OPERATIVO			
MES DE DICIEMBRE DEL 2022			
DIRECCIÓN DE GESTIÓN DE SERVICIOS PÚBLICOS	ABASTECER DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO, GARANTIZANDO LA CALIDAD, CANTIDAD, CONTINUIDAD Y COBERTURA A FIN DE CONTRIBUIR AL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DE VIDA DE LA POBLACION DEL CANTON GUANO	# 28 INSPECCIONES PARA EMITIR CERTIFICADOS DE FACTIBILIDAD DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO	100% - 28 INSPECCIONES REALIZADAS POR PARTE DE LOS INSPECTORES EN DIFERENTES LUGARES
		# 03 FACTIBILIDADES PARA AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO	100% - 03 SE ENTREGA AL USUARIO EL CERTIFICADO DE FACTIBILIDAD DESPUES DE RECIBIR EL INFORME DE LOS INSPECTORES POSTERIOR A ELLO SE ANALIZA CON EL JEFE DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO PARA ASI EL SR. DIRECTOR RATIFICA O NIEGA.
		# 30 CERTIFICADOS EMITIDOS PARA BENEFICIOS DE LA TERCERA EDAD	100% - 30 CERTIFICACIONES REALIZADAS Y ENTREGADAS A LOS SEÑORES USUARIOS QUE REQUIEREN EL SERVICIO
		# 10 CAMBIO DE CATEGORIA PREVIO A LA INSPECCIÓN E INFORME DEL INSPECTOR DESIGNADO	100% - 10 SE REALIZA EL CAMBIO DE CATEGORIA EN EL SISTEMA UNA VEZ QUE SE RECEPTA EL INFORME DEL INSPECTOR
		# 20 ACTUALIZACIÓN DE DATOS EN EL SISTEMA	100% - 20 UNA VEZ ENTREGADA LA INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN REQUERIDA SE PROCEDE A ACTUALIZAR EN EL SISTEMA
		# 10 TRASPASO DE CUENTA A NUEVO USUARIO	100% 10 TRASPASOS DE USUARIOS EN DIFERENTES SECTORES DEL CANTÓN
		# 80 ARREGLO DE FILTRACIONES DE AGUA POTABLE	100% - 80 ARREGLOS DE FILTRACIONES EN DIFERENTES LUGARES DEL CANTÓN GUANO.
		REGULACIÓN DE VÁLVULAS DE LOS TANQUES DISTRIBUIDORES DE AGUA PARA EL CANTÓN GUANO	100% SE REGULO NORMALMENTE LAS VÁLVULAS DE LOS DIFERENTES TANQUES DISTRIBUIDORES DE AGUA POTABLE
		280 ATENCIÓN AL USUARIO	100% SE ATENDIO AL PÚBLICA POR LLAMADAS TELEFÓNICAS Y EN LA OFICINA DE LA DIRECCIÓN DE GESTIÓN DE SERVICIOS PÚBLICOS. FUERON ATENDIDOS 280 USUARIOS
		# 01 FISCALIZACIÓN Y RECEPCIÓN	01 CONVENIOS ENTREGA DE LAS ACTAS DE LAS SUBDIVISIONES APROBADAS Y URBANIZACIONES EN LA PARROQUIA "EL ROSARIO" PARA INICIO Y FIN DE OBRA
# 5220 TOMA DE LECTURAS	100% SE A RELIZADO LA TOMA DE LECTURAS DE TODAS LAS CUENTAS REGISTRADAS EN EL SISTEMA GESTION COMERCIAL DE SERVICIOS "GCS".		
CONTROLAR LA CALIDAD DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO A NIVEL URBANO Y		# DE ANALISIS DE AGUA REALIZADOS EN LOS SISTEMAS DE AGUA A CARGO DE LA MUNICIPALIDAD/ PROGRAMADOS	17 ANALISIS DE AGUA REALIZADOS DE LOS SISTEMAS DE LLUSHIG E INMACULADA, MACROTANQUE Y SIGSPAMBA - MIRAFLORES, 100 % EJECUTADO
		# DE PROCESOS DE CLORACION Y CONTROL DE CLORO RESIDUAL EN LA CABECERA CANTONAL SISTEMA LLUSHIG / PROCESOS PROGRAMADOS	31 PROCESOS REALIZADOS. 100 % EJECUTADO

Figura 13. Informe de actividades mensuales

3.6 Inspecciones in situ para el control, reparación de fugas

Se realiza inspecciones in situ para determinar la causa de la fuga y a la vez observar el proceso de operación y mantenimiento con el que se atiende y soluciona una fuga de agua en las redes de distribución. Para las inspecciones se acompaña a la cuadrilla a atender varias fugas, también se registran las visitas en una ficha técnica, la misma que consta de: fecha, hora, barrio, causas, tiempo de reparación, observaciones y anexo, como se puede observar en la Figura 14.

			
TRABAJO DE TITULACIÓN			
Ficha técnica de inspección del control de fugas			
Fecha:	Nº Ficha:	Hora:	
Tiempo de reparación:	Barrio:		
Cuadrilla			
Causas:			
Observaciones:		Anexo:	

Figura 14. *Ficha técnica de inspección del control de fugas*

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

4.1.1 Balance hídrico técnico general

El balance hídrico técnico de la parroquia El Rosario se presenta en la Tabla 13 y Tabla 14 mostrando los valores obtenidos del año 2021 y 2022 respectivamente. El caudal inyectado (Q) se usa del mes de mayo del 2023 y es constante al igual que el caudal incontrolado consumido (Qic), esto se debe a que no había registro de los datos antes mencionado en el departamento de Dirección de Gestión y Servicio Públicos del cantón Guano. En el balance hídrico se puede identificar el caudal registrado (Qr), el caudal incontrolado (Qi), el caudal fugado (Qif) y finalmente el porcentaje del caudal fugado (%Qif).

Tabla 13. Balance hídrico técnico mensual del año 2021

Año 2021						
Fecha	Caudal Inyectado	Caudal Registrado	Caudal Incontrolado	Caudal Incontrolado Consumido	Caudal fugado	Porcentaje Caudal fugado
Mes	Q [m ³ /mes]	Qr [m ³ /mes]	Qi [m ³ /mes]	Qic [m ³ /mes]	Qif [m ³ /mes]	Qif [%]
Abril	68357.38	12463.62	55893.76	259.71	55634.05	81.39%
Mayo	68357.38	12296.09	56061.29	259.71	55801.58	81.63%
Junio	68357.38	19480.30	48877.08	259.71	48617.37	71.12%
Julio	68357.38	33265.08	35092.30	259.71	34832.59	50.96%
Agosto	68357.38	25116.98	43240.40	259.71	42980.69	62.88%
Septiembre	68357.38	31420.34	36937.04	259.71	36677.33	53.66%
Octubre	68357.38	40079.47	28277.91	259.71	28018.20	40.99%
Noviembre	68357.38	16924.71	51432.67	259.71	51172.96	74.86%
Diciembre	68357.38	9871.55	58485.83	259.71	58226.12	85.18%
Total/año	615216.42	200918.14	414298.28	2337.39	411960.89	602.66%
Promedio	68357.38	22324.24	46033.14	259.71	45773.43	66.96%

En el año 2021 desde el mes de abril hasta el mes de diciembre se registra un caudal incontrolado fugado total de 411960.89 m³/año y un porcentaje de caudal fugado de 66.96%. También se observan picos del caudal fugado, en el mes de diciembre el pico más alto es 85.18% y en el mes de octubre es el pico más bajo con 40.99%.

Tabla 14. Balance hídrico técnico mensual del año 2022

Año 2022						
Fecha	Caudal Inyectado	Caudal Registrado	Caudal Incontrolado	Caudal Incontrolado Consumido	Caudal fugado	Porcentaje Caudal fugado
Mes	Q [m ³ /mes]	Qr [m ³ /mes]	Qi [m ³ /mes]	Qic [m ³ /mes]	Qif [m ³ /mes]	Qif [%]
Enero	68357.38	31093.46	37263.92	259.71	37004.21	54.13%
Febrero	68357.38	32131.94	36225.44	259.71	35965.73	52.61%
Marzo	68357.38	29773.37	38584.01	259.71	38324.30	56.06%
Abril	68357.38	23270.59	45086.79	259.71	44827.08	65.58%
Mayo	68357.38	30770.49	37586.89	259.71	37327.18	54.61%
Junio	68357.38	28534.21	39823.17	259.71	39563.46	57.88%
Julio	68357.38	29474.50	38882.88	259.71	38623.17	56.50%
Agosto	68357.38	29443.60	38913.78	259.71	38654.07	56.55%
Septiembre	68357.38	33578.48	34778.90	259.71	34519.19	50.50%
Octubre	68357.38	38560.22	29797.16	259.71	29537.45	43.21%
Noviembre	68357.38	31869.03	36488.35	259.71	36228.64	53.00%
Diciembre	68357.38	28685.00	39672.38	259.71	39412.67	57.66%
Total/año	820288.56	367184.89	453103.67	3116.52	449987.15	658.29%
Promedio	68357.38	30598.74	37758.64	259.71	37498.93	54.86%

En el año 2022 desde el mes de enero hasta el mes de diciembre se registra un caudal incontrolado fugado total de 37498.93 m³/año y un porcentaje de caudal fugado de 54.86%, siendo el menor porcentaje de agua fugada en comparación al año anterior. También se observa que el porcentaje de caudal fugado en el mes de abril es el más alto con 65.58% y en el mes de octubre es el más bajo con 43.21%. En el mes de octubre del año 2021 y 2022 se presentan los picos del caudal fugado más bajos.

La Figura 14 se muestran los volúmenes mensuales promedios de los años en estudio (abril 2021 hasta diciembre 2022) en la parroquia El Rosario. Se logra visualizar que el porcentaje en los dos años analizados superan el 50% del caudal fugado, sin embargo, en el año 2022 se reduce el porcentaje de caudal fugado más o menos en 12%.

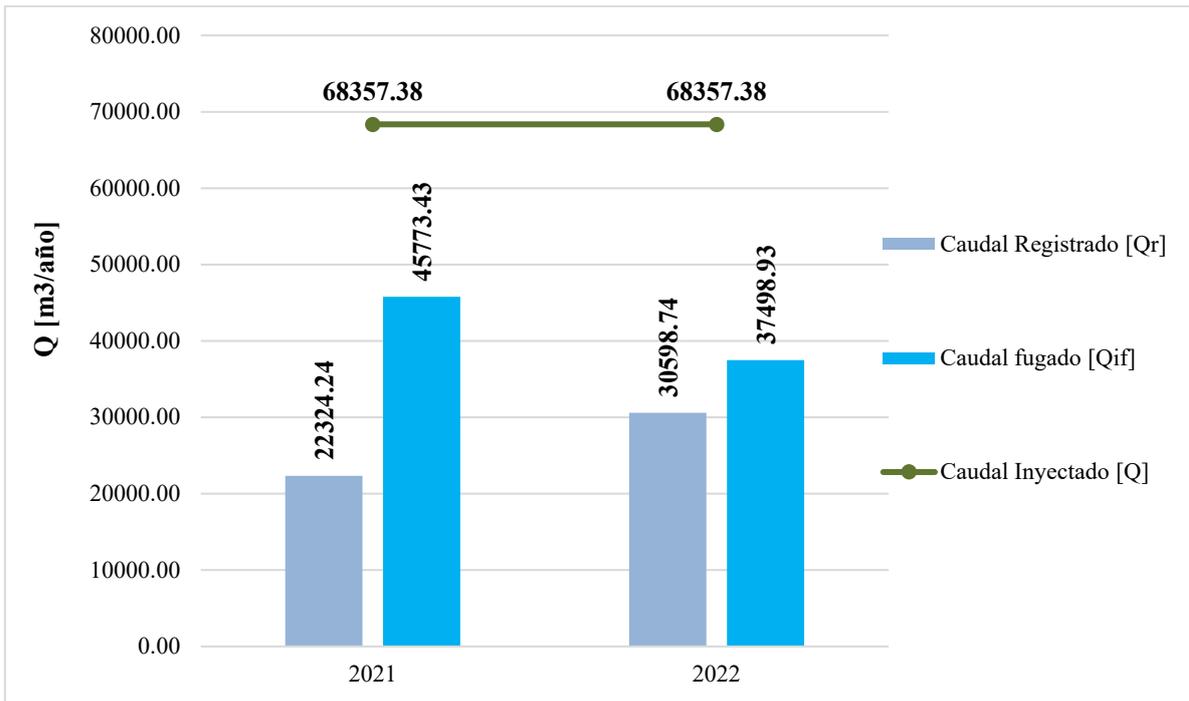


Figura 15. Balance hídrico técnico por años de la parroquia El Rosario

En la Figura 16 se observan de manera general los porcentajes del caudal fugado desde abril 2021 hasta diciembre 2022, observando que el máximo porcentaje del caudal fugado es de 85.18% en el mes de diciembre de 2021, mientras que el mínimo porcentaje del caudal fugado es de 40.99% en el mes de octubre del mismo año.

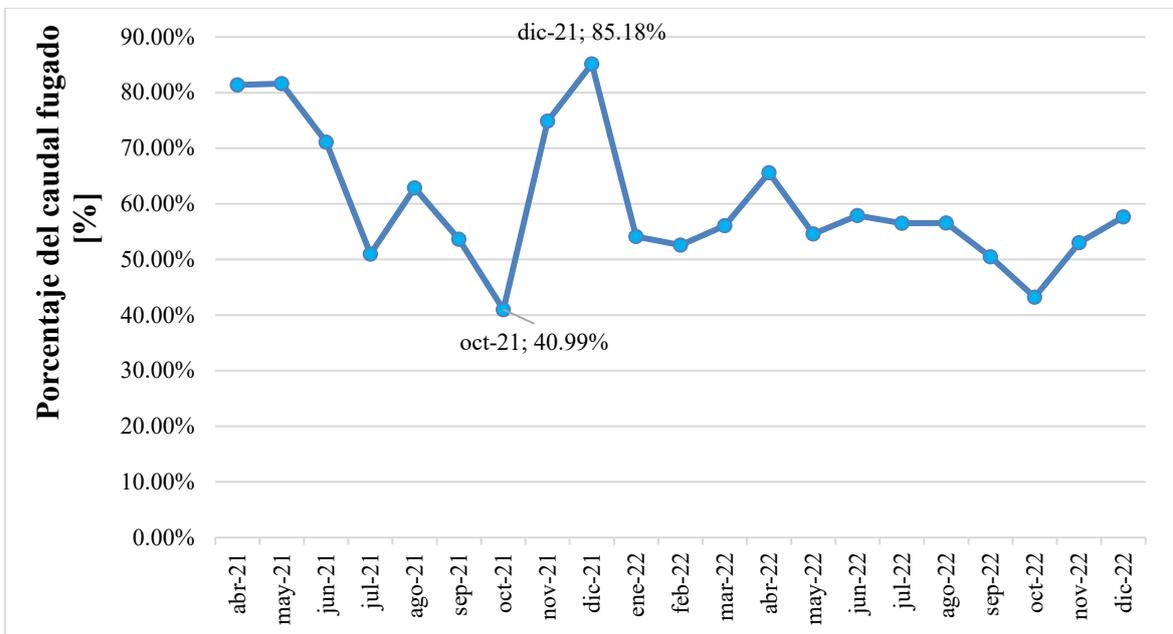


Figura 16. Porcentaje del caudal fugado mensual

En la Figura 17 se muestra el porcentaje de caudal fugado por año, en la que se ve claramente que en el año 2022 el porcentaje del caudal fugado es menor al año 2021.

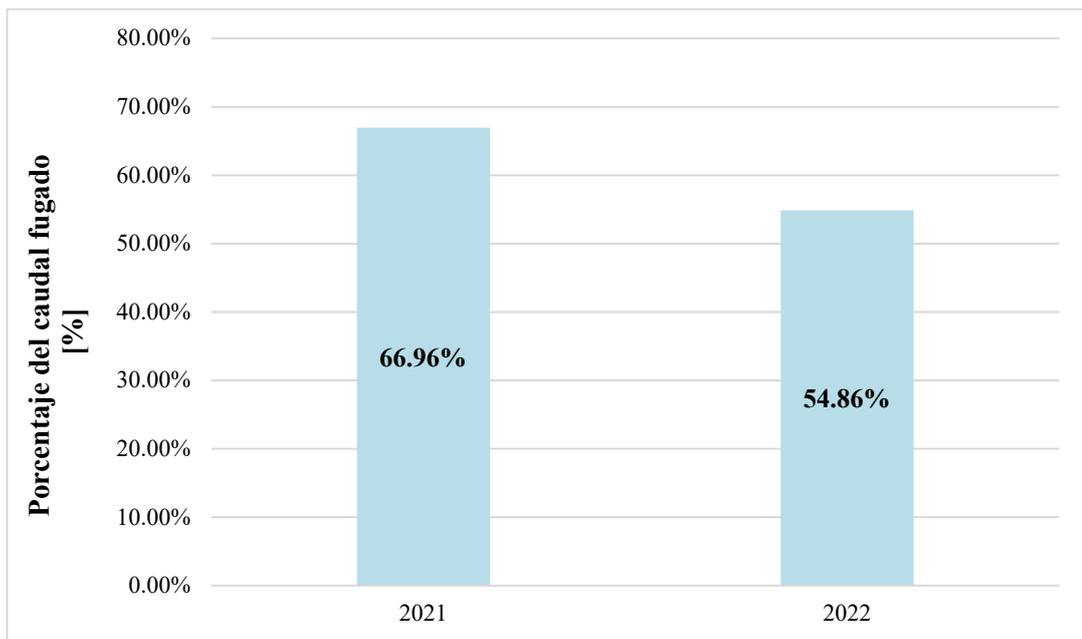


Figura 17. Porcentaje de caudal fugado por año

4.1.2 Índice de agua no contabilizada (IANC)

La Figura 18 presenta el índice de agua no contabilizada por año, en el cual se observa que los valores del indicador de agua no contabilizada exceden el valor promedio nacional propuesto por el ARCA (2021) que es de 48.35%. Además, se observa que los valores obtenidos están en el rango III, lo que significa que muestran un porcentaje mayor al promedio nacional por lo que se encuentran en un nivel de desempeño “Bajo”. Al estar en el rango III se requiere de una intervención urgente por parte de DIGESEP.

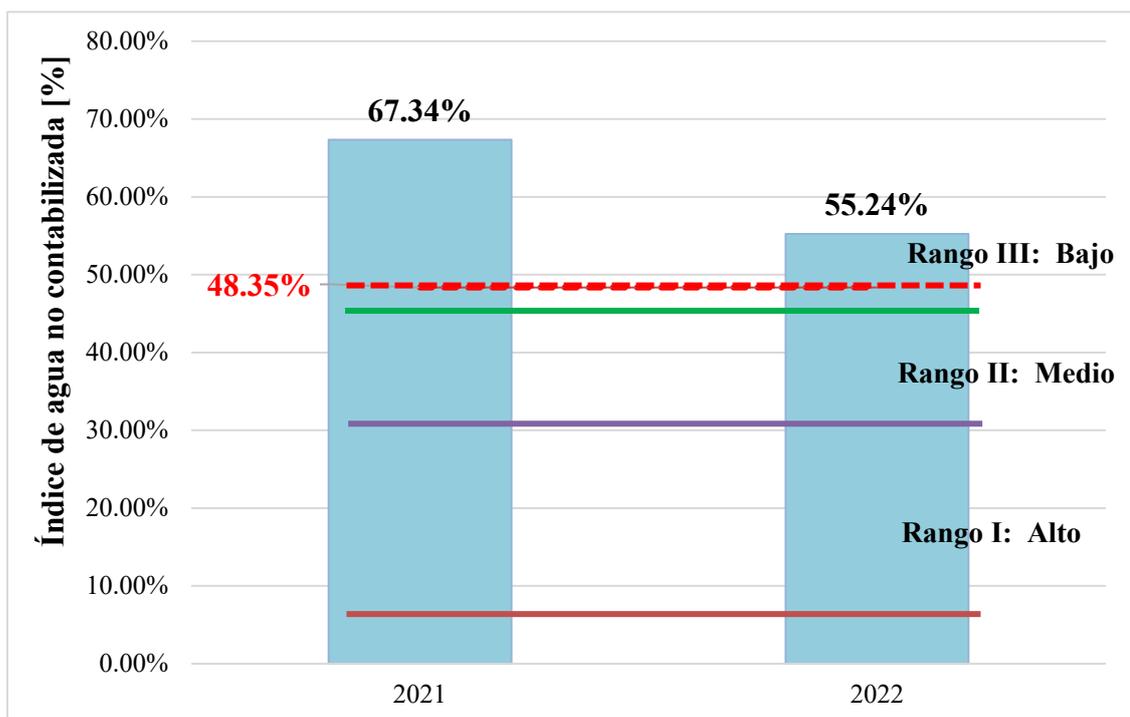


Figura 18. Índice de agua no contabilizada por año

4.1.3 Rendimientos hídricos porcentuales

Los rendimientos hídricos porcentuales nos permiten identificar la eficiencia hídrica y a la vez saber el trabajo que realizan las entidades que están a cargo de dotar de agua potable. En la Tabla 15, se observan los rendimientos hídricos porcentuales de la parroquia El Rosario, en donde el rendimiento global, rendimiento de la red y el rendimiento de la medición menor se presentan en el año 2021 con 32.66%, 33.04% y 98.58% respectivamente.

Tabla 15. Rendimientos hídricos porcentuales por año

Año	Rendimiento global del sistema (η_s)	Rendimiento de la red (η_r)	Rendimiento de la medición (η_g)	Calificación
2021	32.66%	33.04%	98.58%	Inaceptable
2022	44.76%	45.14%	99.15%	Inaceptable

La Figura 19 presenta el rendimiento global del sistema (η_s) de cada mes desde abril de 2021 hasta diciembre de 2022. Se observa que en octubre de 2021 tiene 58.63% siendo el valor más alto, mientras que diciembre de 2021 posee el menor valor, así mismo la mayor parte de los rendimientos globales están por debajo del 50%.

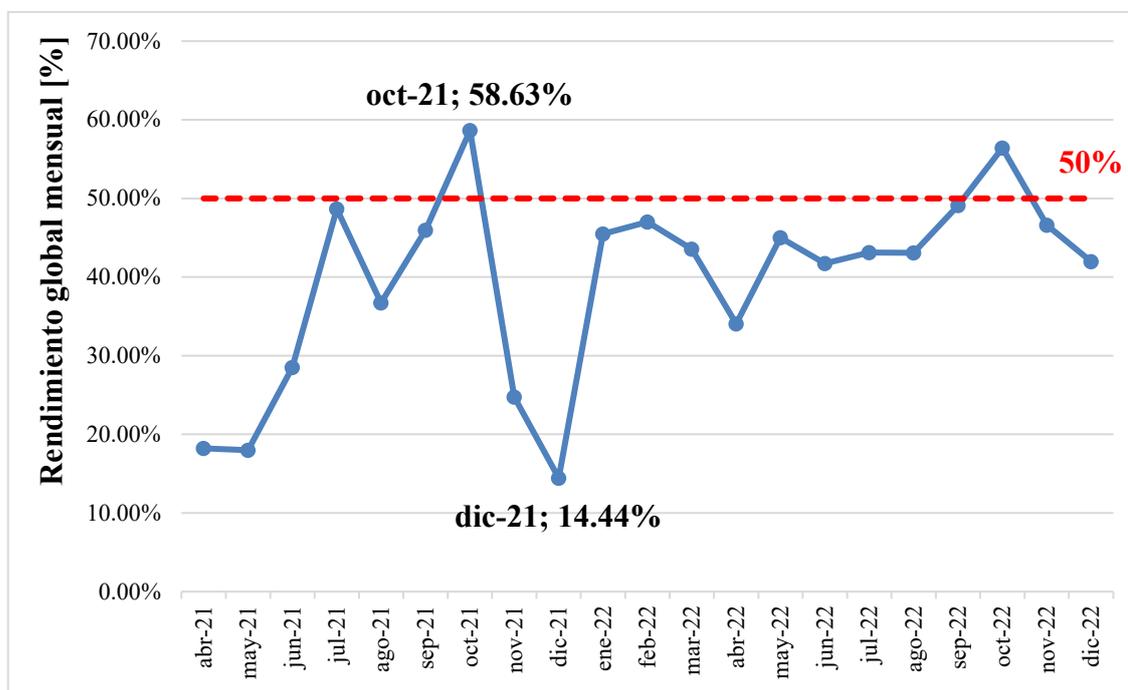


Figura 19. Rendimiento global del sistema mensual

En la figura 20 se analiza el rendimiento global del sistema (η_s) de los años en estudio en la cual se calificó en función de los criterios propuestos por Cabrera et.al, (1999), obteniéndose que en el periodo de estudio analizado se presentó una gestión “Inaceptable”. Siendo el año 2021 en donde se mostró el porcentaje más bajo que es de 32.66%.

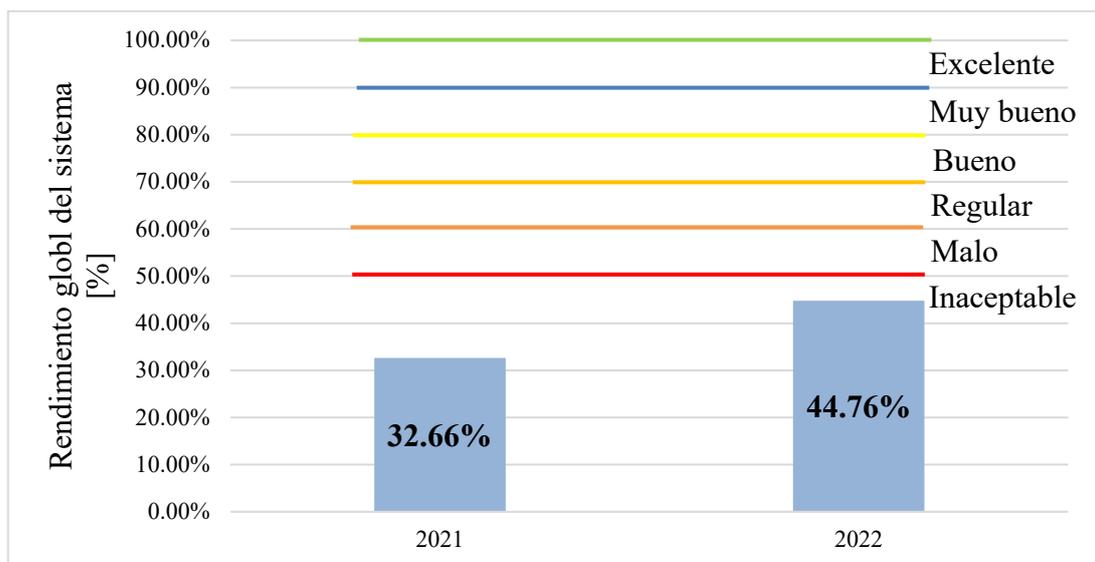


Figura 20. Rendimiento global del sistema por año

4.1.4 Afectación económica por volumen incontrolado de agua

En la Tabla 16 se presenta la afectación económica por agua fugada en la parroquia El Rosario. Para calcular se consideró la tarifa básica residencial por m³ de agua del cantón Guano que es de \$0.55, esta tarifa es en base a una ordenanza del cantón que fue aprobada por la máxima autoridad y por los miembros del consejo cantonal; esta ordenanza fue aprobada en 2020.

Tabla 16. Pérdida económica por agua fugada

Años	Caudal fugado [m ³ /año]	Tarifa básica residencial [USD/año]	Costo [\$ /año]
2021	411960.89	0.55	226578.49
2022	449987.15		247492.93

La Figura 21 muestra la afectación económica por volúmenes incontrolados de agua en la parroquia el Rosario perteneciente al cantón Guano.

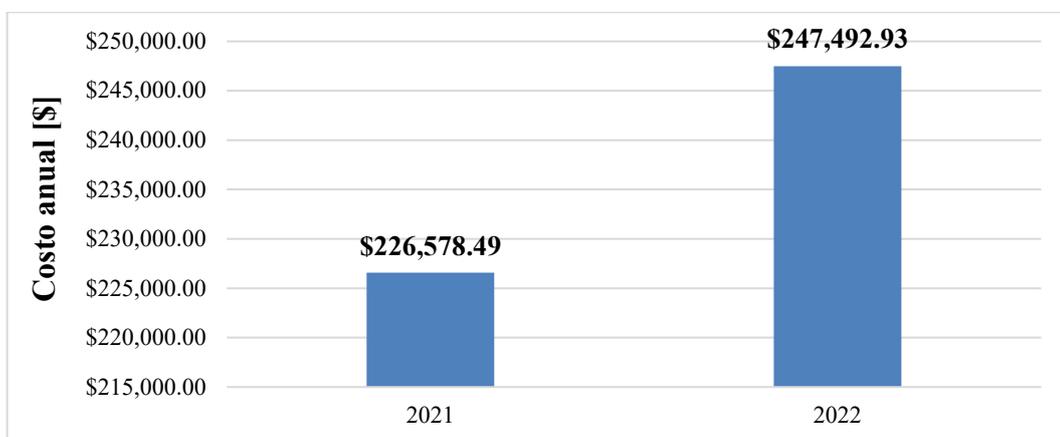


Figura 21. Costo anual de volumen incontrolado de agua

Es importante conocer una proyección de las personas que serían beneficiarias del servicio de agua potable, si se aprovechara todo el volumen de caudal fugado por día. Para poder realizar el cálculo se emplea la dotación que utiliza el GADM-GUANO cuando realizan estudios del cantón, en la Tabla 17 se observa las dotaciones recomendadas por el INEN.

Tabla 17. *Dotaciones recomendadas*

Población [habitantes]	Clima	Dotación Media Futura [lt/hab/día]
Hasta 5000	Frío	120 – 150
	Templado	130 – 160
	Cálido	170 – 200
5000 a 50000	Frío	180 – 200
	Templado	190 – 220
	Cálido	200 – 230
Más de 50000	Frío	>200
	Templado	>220
	Cálido	>230

Fuente. (CPE INEN 005-9-1, 2003)

Para estudios en el cantón Guano, manejan una dotación media futura de 200 lt/hab/día, en base a la población que es mayor a 5000 habitantes y el clima que es frío. Para el cálculo se utiliza el volumen del caudal fugado por día del mes de diciembre de 2022 y la proyección de habitantes se realiza con la relación entre el volumen del caudal fugado y la dotación.

Tabla 18. *Proyección de dotación de agua a habitantes*

Años	Volumen Fugado [lt/día]	Dotación [lt/hab/día]	Habitantes
2022	1313755.67	200	6568.78

En la parroquia el Rosario perteneciente al cantón Guano se presenta un volumen fugado de 1313755.67 lt/día, con ese volumen fugado los habitantes a los que se beneficiarían serían alrededor de 6568 habitantes.

Según el boletín estadístico de agua potable y saneamiento del año 2021, la cobertura del servicio de agua potable es del 98.01% en Guano, mientras que en Ecuador es del 78.80%. Con el volumen fugado se puede aumentar la cobertura alrededor de 1824 usuarios (medidores) considerando que hay 3 o 4 personas por vivienda.

4.1.5 Identificación de barrios con mayor presencia de fugas en la red de distribución

Para identificar los barrios con mayor presencia de fugas en la red de distribución en la parroquia El Rosario se realiza un conteo del total de denuncias en base a los registros del DIGESEP obteniendo que el barrio San Miguel de Langos presenta 26.56% de fugas y el barrio San Gabriel del Aeropuerto tiene 19.53% de fugas, como se observa en la Figura 22.

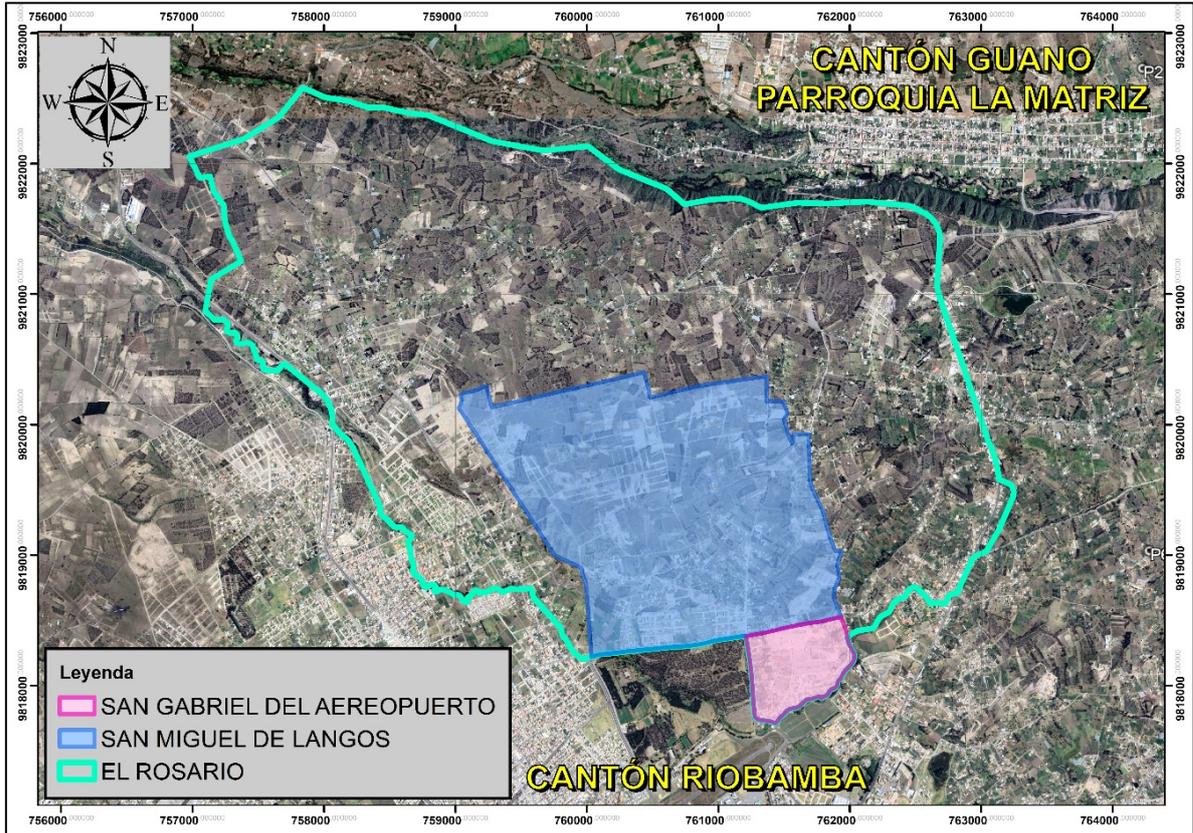


Figura 22. Barrios con mayor con mayor presencia de fugas en la red de distribución

4.1.6 Operación y mantenimiento de fugas

La reparación de la red de distribución de agua consta de cuatro fases empezando por la notificación al DIGESEP, luego la verificación, después la reparación del problema y finalmente el registro de la reparación como se observa en la Figura 23.

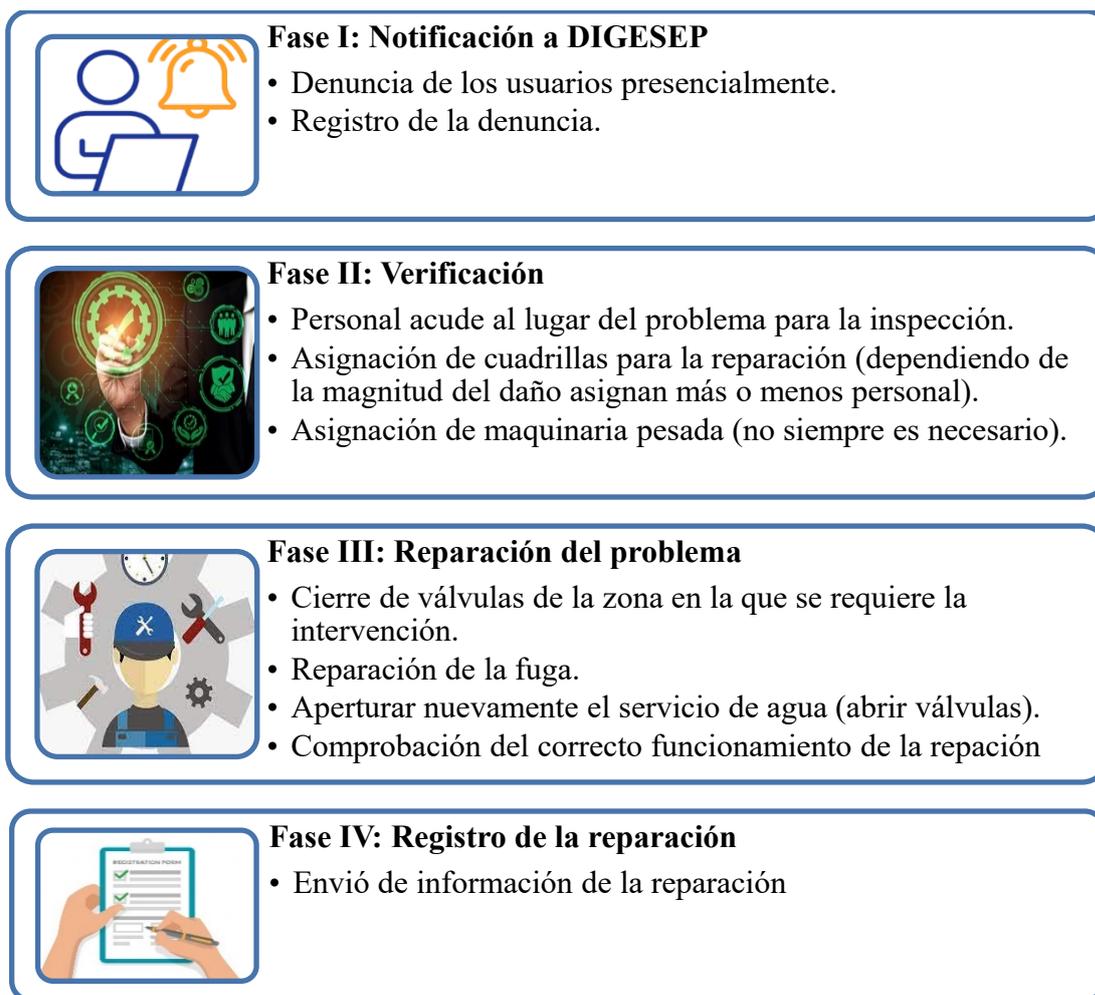


Figura 23. *Proceso de reparación de la red de distribución por parte de DIGESEP*

4.1.7 Presión de los sectores críticos con presencia de fugas en la red de distribución

Se toma la presión con la que el agua potable llega a los usuarios, debido a que las fugas se presentaban en su mayoría en accesorios de la red de distribución. Para lo cual, en varias casas de los barrios con mayor presencia de fugas en la red de distribución de agua potable se midió la presión en dos horarios de horas pico (11:30 a 13:30 y de 18:30 a 20:30), en donde las presiones deberían ser más bajas debido a que la mayoría de las personas utilizan el agua potable en ese horario.

La norma CPE INEN 005-9-1:1992 “Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1 000 habitantes” estableció que la presión mínima debe ser mayor a 10 mca (14.22 psi), mientras que la presión máxima no puede ser mayor a 50 mca (71.11 psi).

La Figura 24 muestra el aparato que se usó para tomar la presión, el mismo que estuvo conformado por un manómetro, una manguera de gas, un adaptador para manguera hembra $\frac{3}{4}$ ” y 2 abrazaderas.



Figura 24. *Aparato para medir la presión*

En la Tabla 19 y Figura 25 se observan las presiones tomadas en las casas de los barrios que presentan mayor incidencia de fugas. Los dos barrios sobrepasan la presión máxima establecida en la norma que es de 50 mca, en la cual San Miguel de Langos tiene 56.65 mca, mientras que San Gabriel del Aeropuerto presenta 51.41 mca. Además, San Miguel presenta el pico más alto de presión con 77.36 mca y el pico más bajo es 22.50 mca, mientras que San Gabriel del tiene una presión máxima de 74.54 mca y una presión mínima de 31.65 mca. Cabe recalcar que las presiones tomadas son altas y sobrepasan la presión máxima pese a que las presiones se tomaron en horas de mayor consumo.

Tabla 19. *Presión que ingresa a las casas de los usuarios de San Miguel y San Gabriel*

N° de Casas	Presión de San Gabriel		Presión de San Miguel	
	PSI	mca	PSI	mca
1	60	42.19	108	75.95
2	65	45.71	98	68.92
3	69	48.52	105	73.84
4	106	74.54	95	66.81
5	66	46.41	82	57.67
6	75	52.74	32	22.50
7	76	53.45	85	59.77
8	80	56.26	110	77.36
9	50	35.16	73	51.34
10	53	37.27	85	59.77
11	97	68.21	50	35.16
12	45	31.65	51	35.86
13	105	73.84	75	52.74
14	75	52.74	99	69.62
15	50	35.16	45	31.65
16	65	45.71	109	76.65
17	50	35.16	70	49.23
18	84	59.07	90	63.29
19	99	69.62	60	42.19
20	92	64.70	89	62.59
Total	1462.00	1028.13	1611	1132.91
Promedio	73.10	51.41	80.55	56.65

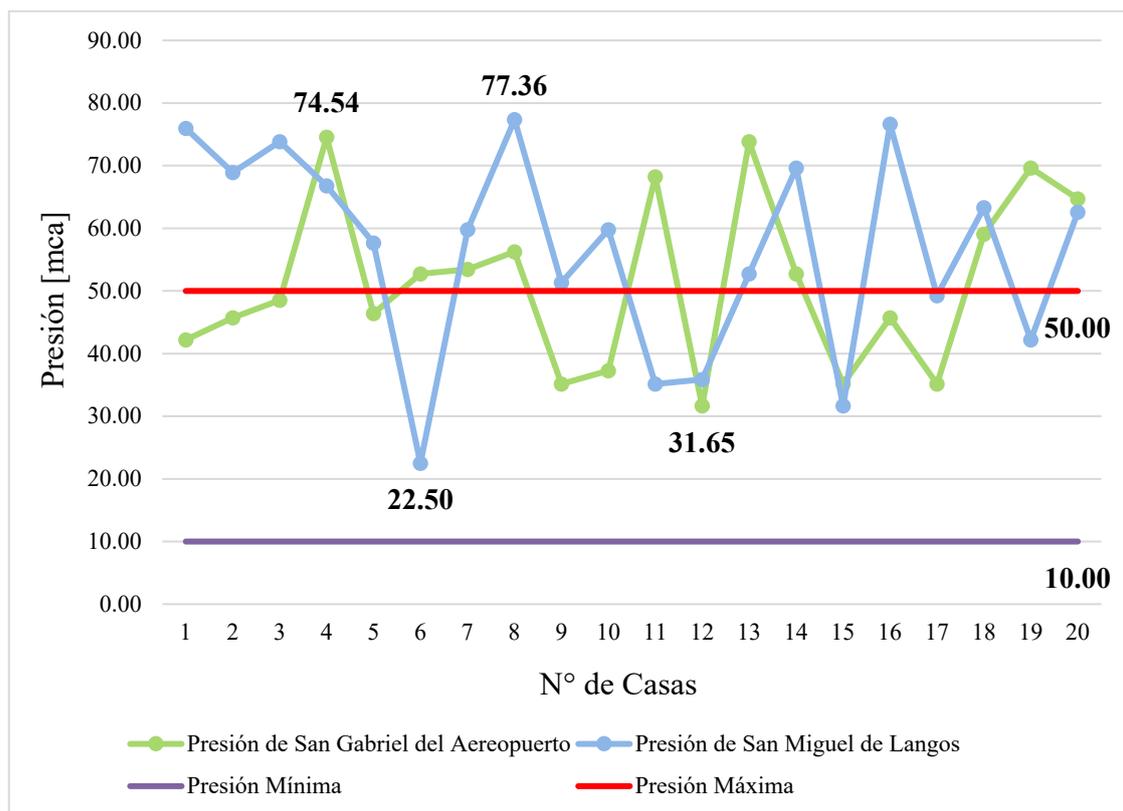


Figura 25. Presión que ingresa a las casas de los usuarios de San Miguel y San Gabriel

4.1.8 Soluciones planteadas para la adecuada gestión de fugas

En la parroquia El Rosario se debe realizar mantenimiento preventivo en las redes de abastecimiento de agua para garantizar a los usuarios continuidad, calidad, atención permanente y oportuna en el servicio de agua potable. Además, se debe regular o reducir la presión, con el fin de evitar fugas por los accesorios al presentar una presión superior a la que establece la normativa vigente. También se debería implementar macromedidores a la salida del Macrotanque para tener control de la cantidad de agua que se brinda a los usuarios. Asimismo, sería de gran utilidad la instalación válvulas automáticas reguladoras de presión para proteger las instalaciones de las redes de abastecimiento y ajustar la presión en base a la normativa. La parroquia El Rosario al ser una zona de alto crecimiento urbano se deberá actualizar el catastro constantemente y a la vez se debe clasificar a los usuarios según las redes de distribución de agua potable. Así mismo, es fundamental realizar las redes de distribución de agua potable en todos los barrios. Se debe capacitar al personal de DIGESEP para brindar un mejor servicio que sea más eficiente y reparar el daño en el menor tiempo posible. Finalmente se debe socializar a los usuarios, con el adecuado manejo del agua y denuncia de fugas para evitar desperdiciar el agua potable.

En la Figura 26 se muestran las soluciones planteadas para la correcta gestión de fugas en la parroquia El Rosario.



Mantenimiento preventivo y correctivo

- Realizar visitas y controles periódicos para actuar de forma rápida ante un fallo en el sistema de distribución de agua y mejorar el nivel operativo.



Válvulas automáticas reguladoras de presión y detector de fugas

- Mantener la presión adecuada en el sistema evitando la sobrepresión y deterioro en la red de distribución.
- Instalar un sistema que tenga detectores de fugas con una válvula automática de cierre para que al identificar daños en el sistema, el mismo no permita el paso del agua potable.



Dispositivos de medición

- Instalación de macromedidores y micromedidores de agua para saber y controlar la cantidad de agua que se dota a las redes de distribución y a cada usuario.



Materiales e instalación óptima

- La calidad de instalación y de los materiales garantizan la vida útil y el correcto funcionamiento de las redes de distribución de agua.



Actualización de información de los usuarios

- La actualización de catastros ayudará a realizar un ahorro de recursos e identificar la ubicación de los usuarios y las redes clandestinas.



Ejecución de redes de distribución

- Implementar en la parroquia El Rosario nuevas redes de distribución con tubería calificada de PVC para evitar fugas por el uso de la tubería de polietileno.



Preparación del personal

- Capacitar al personal para mejorar los conocimientos y habilidades para la control, repación y mantenimiento de las redes de distribución de agua.



Capacitación y socialización de los usuarios

- Instruir a los usuarios sobre como evitar desperdicios y pérdidas de agua, además hablar sobre la importancia del correcto uso del agua.



Control de servicio continuo

- Chequear que todos los usuarios tengan agua potable las 24 horas del día y que sea la cantidad suficiente para uso doméstico y personal.



Verificación de rendimientos hidráulicos

- Examinar constantemente la efectividad de las redes de distribución de agua potable para mejorar la eficiencia del servicio.

Figura 26. Soluciones planteadas para la adecuada gestión de fugas

4.2 Discusión

El promedio de agua no contabilizada según el ARCA (2021) manifiesta que en Ecuador es 48.35%, para la provincia de Chimborazo es de 44.50% y para el cantón Guano es de 72.07%. También Jaramillo & Oleas (2022) que en los cantones de Guano (La Matriz) y Chambo los porcentajes son de 50.79% y 75.75% respectivamente de índice de agua no contabilizada (IANC), así mismo Saigua & Vimos (2023) indican que en los cantones Alausí y Colta presentan porcentajes de 37.77% y 65.08%. En Guano (El Rosario) el porcentaje del caudal de agua no contabilizada o fugada es de 66.96% y de 54.86% en los años 2021 y 2022 respectivamente por lo que se debe realizar una estrategia para minimizar las fugas.

El ARCA en el último boletín publicado en el año 2021 establece 3 rangos “Alto”, “Medio” y “Bajo” con categorías A, B, C y D, los cuales son representados como “Eficiente”, “Bueno”, “Aceptable” y “Regular”. Los indicadores a nivel provincial del ARCA (2021) indican la evaluación cantonal en la cual indican que Guano se encuentra en rango “Bajo” con categoría “C”. El dato nacional de agua no contabilizada que propone el ARCA (2021) es de 48.35% y al comparar con los porcentajes obtenidos en la investigación realizada el año 2021 y en año 2022, son de 67.34% y de 55.24% respectivamente, dando como resultado que la parroquia El Rosario corresponde a un rango “Bajo” con una categoría C y D.

Cabrera et al. (1999) presenta una escala de rangos de eficiencia del sistema en función del rendimiento, para determinar el estado en el que se encuentra la red. Al realizar un análisis comparativo de los rendimientos obtenidos en la provincia de Chimborazo se obtuvo en la investigación que la parroquia El Rosario tiene un rendimiento global del sistema que es “Inaceptable”. Al compararlo con otros cantones se halló que el cantón Riobamba tiene una calificación “Regular” (Achache & Gómez, 2022), mientras que Alausí se encuentra en el mismo rango (Saigua & Vimos, 2023), en cambio Colta presenta una calificación “Inaceptable”, así mismo Chambo y Guano (La Matriz) alcanzaron la misma calificación (Jaramillo & Oleas, 2022) al igual que Guano (El Rosario). De las seis zonas analizadas, dos de ellas se encuentran con calificación “Regular”, por el contrario, cuatro zonas se localizan en el rango “Inaceptable, estos efectos muestran que se debe realizar cambios eficientes en el manejo, operación y distribución del agua potable para evitar fugas en las redes de distribución, optimizando el agua potable y por ende evitar pérdidas económicas gigantescas.

La CPE INEN 005-9-1:1992 (INEN, 1992) establece que la presión mínima debe ser mayor a 10 mca (14.22 psi), mientras que la presión máxima no puede ser mayor a 50 mca (71.11 psi); al tomar la presión en los dos barrios que presentan mayor incidencia se fugas de la parroquia El Rosario, se obtuvo que la presión tiene un promedio de 51.41 mca en San Gabriel del Aeropuerto y de 56.65 mca en San Miguel de Langos, estos valores sobrepasan el valor de presión máxima establecido por la normativa vigente en el Ecuador, debido a que existe presiones altas en estas zonas, la mayor parte de fugas suceden en los accesorios de la red de distribución de agua potable.

La realización del balance hídrico permite conocer el consumo de agua de cada una de las redes, estos datos son clave para la entidad encargada ya que permiten tomar mejores decisiones para el manejo oportuno del sistema de distribución de agua potable.

En el boletín estadístico de Agua Potable y Saneamiento (2021) se manifiesta que al momento de brindar mantenimiento a las instalaciones de agua potable se debe realizar de manera oportuna para prevenir daños abruptos en la misma y así operar correctamente para brindar un servicio continuo y de calidad a los usuarios. ARCA (2021) expresa que cuando existan peticiones, quejas y reclamos (PQRs) por parte de la ciudadanía se deberá atender de manera idónea y solucionar el conflicto en un periodo máximo de 15 días evitando dejar sin servicio por un tiempo prolongado a los usuarios para no causar molestia y desabastecimiento de agua potable en la zona afectada.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

En la parroquia El Rosario del cantón Guano se obtuvo un porcentaje promedio de caudal del agua incontrolada fugada de 61.29% al efectuar el balance hídrico técnico (Cabrera et al., 1999). El porcentaje del rendimiento global de la red de El Rosario es de 38.71% colocándose en una calificación “Inaceptable” perteneciendo a un rango “Bajo” con una categoría C y D.

En el cantón Guano se empezó a cobrar por consumo desde el mes de abril del 2021 y al analizar las pérdidas económicas existentes en la parroquia en estudio, la cual tiene una tarifa básica de \$0.55 por m³ consumido, se ha registrado que la mayor pérdida que se presenta es en el año 2022 con \$247 492.93.

La red de distribución de la parroquia El Rosario no tiene macromedidores instalados a la salida del tanque denominado Macrotanque y el GADM Guano no cuenta con un caudalímetro portátil por lo que no se pueden realizar mediciones para conocer el caudal que inyectan a las redes. Además, al no existir micromedidores de agua en todos los barrios, pagan una cuota estándar de \$4.00 sin importar el volumen consumido, por ese motivo los usuarios no toman conciencia de cuidar el agua, dando mal uso a este recurso vital, regar con agua potable en los sembríos.

Para los procesos de inspección, operación y mantenimiento se maneja un registro en el que constan las denuncias de los usuarios. El director del DIGESEP se basa en el registro de denuncias para mandar a una cuadrilla a inspeccionar el daño y la gravedad de la fuga, con la finalidad de que posteriormente se repare la misma.

Al analizar los porcentajes del caudal fugado mensual, se observa un comportamiento similar en todos los meses, en el cual la mayor parte de los meses es superior al 50% de caudal fugado.

Se presentan dos barrios con mayor incidencia de fugas según las denuncias registradas en DIGESEP que son San Miguel de Langos y San Gabriel del Aeropuerto obteniéndose un porcentaje de 26.56% y 19.53% respectivamente. En los registros existentes se presenta que la mayor parte de fugas que suceden en los dos barrios antes mencionados se presentan en los accesorios de las redes de distribución de agua potable y al tomar la presión en algunas casas pertenecientes a los barrios con mayor incidencia de fugas se obtuvo presiones que superan el rango establecido por la normativa CPE INEN 005-9-1:1992; por lo que se deduce que las fugas existentes en la parroquia El Rosario se presentan por presiones altas en la red de distribución.

5.2 Recomendaciones

Se recomienda que se lleve un control y registro del caudal inyectado, caudal consumido controlado y caudal consumido incontrolado para hallar el caudal fugado realizándose de manera periódica balances hídricos en las redes de los sistemas, con el fin de implementar planes adecuados para minimizar el caudal fugado, para conservar el agua potable y disminuir pérdidas económicas en el cantón.

Se debe emplear mantenimiento preventivo para evitar fallas muy complejas en el sistema de distribución de agua potable y a la vez garantizar un funcionamiento adecuado. También se debe realizar mantenimientos correctivos con el propósito de mejorar la operatividad del sistema de distribución de agua potable empezando por corregir errores o fallas complejas en el menor tiempo posible, garantizando el buen funcionamiento.

Se recomienda la colocación de válvulas reductoras de presión (VRPs) para que este dentro del parámetro sugerido por la normativa, de esa manera se evitará daños en las redes de distribución de agua potable además que se garantizará el correcto flujo de agua en los sistemas.

Se debe pedir información constantemente a EMAPAR del caudal inyectado a las redes de abastecimiento de agua potable de la parroquia El Rosario con el fin de garantizar continuidad del servicio a los usuarios, ya que hay ocasiones en la que se inyecta muy poco caudal por parte de la entidad encargada de dotar el agua.

Se aconseja instalar macromedidores, micromedidores y ejecutar un plan maestro para construir nuevas redes de abastecimiento en la red antigua para evitar que los usuarios hagan mal uso del agua potable.

DIGESEP desconoce el caudal inyectado que recibe de EMAPAR (Planta de tratamiento Aireadores) hacia la red 1 y para el Macrotanque, por lo que no pueden llevar un control oportuno del agua. Para mejorar el servicio de agua potable en la parroquia el Rosario es de gran importancia tomar en cuenta las soluciones planteadas ante las problemáticas que presentan, de esa manera se minimizarían las pérdidas de agua, económicas y a la vez se aprovechará de mejor manera este recurso que es vital para todos los seres vivos.

BIBLIOGRAFÍA

- Achache, N., & Gómez, S. (2022). *Incidencia de fugas en la red de abastecimiento de agua potable del cantón Riobamba*.
- Alvarado, C. (2016). *Propuesta metodológica para localizar tuberías de distribución de agua potable con mayor probabilidad de presentar fugas no visibles*. 8.
- ARCA. (2021). *Benchmarking de prestadores públicos de los servicios de agua potable y saneamiento en el Ecuador - Boletín estadístico 2021*. 31–45.
- Benavides, H. (2018). “ *El agua no cobrada en sistemas de abastecimiento urbanos .*” November 2013.
- Bueno, D., Monroy, E., & Zafra, C. (2019). Análisis de agua no contabilizada en el sistema de abastecimiento urbano del municipio de Facatativá, Colombia. *Tecnura*, 24(63), 84–98. <https://doi.org/10.14483/22487638.15333>
- Cabrera, E., Almandoz, J., Arregui, F., & García-Serra, J. (1999). Auditoría de redes de distribución de agua. *Ingeniería Del Agua*, 6(4), 387. <https://doi.org/10.4995/ia.1999.2794>
- Cedeño, C., Molina, X., & Perero, M. (2021). Plan estratégico para la reducción de pérdidas de agua potable en Portoviejo. *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 8(SPE3). <https://doi.org/10.46377/DILEMAS.V8I.2736>
- CPE INEN 005-9-1. (2003). *Código Ecuatoriano de la construcción C.E.C. Normas para estudio y diseño de sistemas de aa potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores 1000 habitantes*. <https://studylib.es/doc/4963692/cpe-inen-005-9-1--código-ecuatoriano-de-la-construcción-c...>
- Durando, M. (2018). *Pérdidas de agua, otra forma de llamar la ineficiencia operativa*. <https://www.openintl.com/es/perdidas-de-agua-otra-forma-de-llamar-la-ineficiencia-operativa/>
- Fernández, C., & Salazar, B. (2021). “*ANÁLISIS DE LOS CONSUMOS HISTÓRICOS DE AGUA POTABLE EN CANTONES DEL NAPO Y PASTAZA*.” 1–88.
- Fonseca, J., & Rodríguez, J. (2017). *Detección y localización de fugas en las redes de agua potable del acueducto Acuararrayan San Francisco, Cundinamarca mediante electroacústica y análisis de presiones*. 20–42. https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_civil/131
- Guaman, J., & Taris, M. (2017). Diseño del sistema para el abastecimiento del agua potable de la comunidad de Mangacuzana, cantón Cañar, provincia de Cañar. *Ucv*, 0–116.
- Gutiérrez, E. (2016). *Análisis y determinación de agua no facturada (ANF) en el sistema de abastecimiento de agua potable en la sub zona Larapa EN LA E.P.S. Sedacusco S.A.*
- Heredia, K. (2023). *Fugas de agua: un sigiloso malestar para los capitalinos*. <https://www.expreso.ec/quito/fugas-agua-sigiloso-malestar-capitalinos-146783.html>
- Huancahuari, R., & Montero, M. (2018). *Análisis de fugas en redes secundarias para mejorar la red de distribución de agua potable, San Martín de Porres, 2018*. 27–33.
- INEN. (1992). *Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1 000 habitantes*. <https://archive.org/details/ec.cpe.5.9.1.1992/page/n1/mode/2up>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2010). *Población y Demografía*. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda/>
- Jaramillo, J., & Oleas, F. (2022). Incidencia de fugas en la red de abastecimiento de agua potable de los cantones Chambo y Guano. *Braz Dent J.*, 33(1), 1–12.
- Lobos, J. (2022). *Detección y localización de fugas en redes de distribución de agua potable en una gran ciudad de Chile mediante un algoritmo de clasificación de redes*

- neuronales*. 1–17.
- Martínez, Á., Gómez, P., & De la Fuente, G. (2018). Relación entre las causas y los modos de fallo de tuberías en la red de distribución de Canal de Isabel II en Madrid. *Ribagua*, 5(1), 16–28. <https://doi.org/10.1080/23863781.2018.1442188>
- Medina, G. (2009). *Políticas para el control activo de fugas*. 112. [https://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/1347/3/Medina medina Glenda.pdf](https://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/1347/3/Medina%20medina%20Glenda.pdf)
- Peñañiel, L. (2018). *Análisis de las pérdidas de agua en el sistema de abastecimiento: Caso de estudio EP-EMAPA*.
- Rosero, C. (2019). *Agua potable no contabilizada en el cantón Pangua y programa de control de pérdidas*. 21.
- Salas, D. (2019). *El enfoque mixto de investigación: algunas características*. <https://investigaliacr.com/investigacion/el-enfoque-mixto-de-investigacion/>
- Torres, W. (2021). *Ecuador pierde USD 320 millones al año por fugas y robo de agua potable*. <https://www.primicias.ec/noticias/economia/perdidas-agua-fugas-ecuador-municipios/>
- UNESCO. (2021). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2021: el valor del agua*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000378890>
- Vasquez, R. (2023). *El Agua No Facturada (ANF): Análisis en Profundidad de las Pérdidas Aparentes*. <https://es.linkedin.com/pulse/el-agua-facturada-anf-análisis-en-profundidad-de-las-vasquez-silva>

ANEXOS

Anexo 1.

Información del caudal inyectado desde la planta de tratamiento de Aireadores



EP-EMAPAR-DGO-2023-00138-M
Trámite Nro. 610354
Riobamba, 17 de Mayo de 2023

PARA: Ing. EDWIN PATRICIO GARCIA ROJAS
GERENTE GENERAL DE LA EP-EMAPAR (E)
ASUNTO: INFORMACIÓN PARA PROYECTO DE INVESTIGACION

Luego de expresarle un cordial saludo, me permito dar atención al trámite SIIM N.- 610354, suscrito por la Ing. María Gabriela Zuñiga **DOCENTE Y TUTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACION DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO**, en el que solicita se les facilite la siguiente información:

- Volumen de agua total inyectado que se entrega a la conducción a cargo del GAD Canton Guano desde la reserva denominada Aireadores durante 5 días

Con respecto de, informar el volumen de agua total inyectado que se entrega a la conducción a cargo del GAD canton Guano desde la reserva denominada Aireadores; me permito indicar que, el volumen de agua que se entrega es de:

2 litros/segundo que son enviados al sector de Langos La Paz, El Cisne y,
26.80 litros/segundo que son enviados al tanque ubicado en el sector de Langos.

Es todo cuanto puedo informar con respecto de lo solicitado.

Atentamente,



Firmado digitalmente por:
EDGAR ROLANDO LARA CACHOTE
2023-05-18T07:26:59-05:00

Ing. EDGAR ROLANDO LARA CACHOTE
DIRECTOR DE GESTIÓN DE OPERACIONES (E) EP-EMAPAR

Anexo 2.

Tanque de abastecimiento y planta de tratamiento



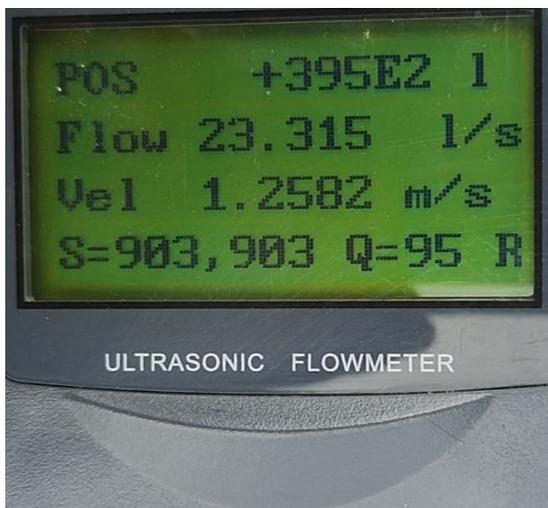
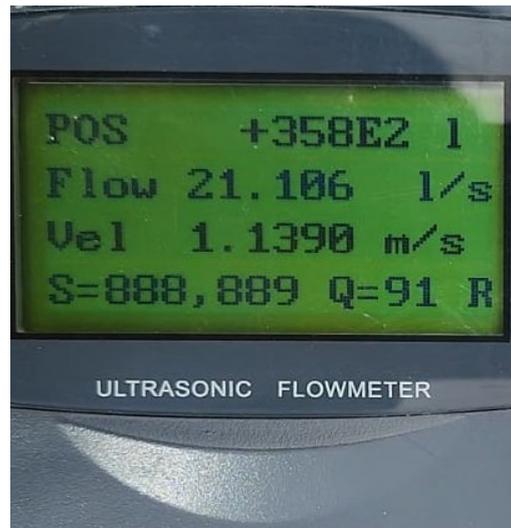
Tanque Macrotanque



Planta de tratamiento Aireadores

Anexo 3.

Medición de caudales inyectados en la parroquia el Rosario



Anexo 4.

Toma de presión en los barrios San Miguel y San Gabriel del Aeropuerto



Anexo 5.

Inspecciones IN SITU de mantenimiento y operación

