



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

**Título del Proyecto**

**“INCIDENCIA DE FUGAS EN LA RED DE ABASTECIMIENTO DE  
AGUA POTABLE DE LOS CANTONES CHAMBO Y GUANO”**

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

**Autores:**

Jaramillo Salazar Jefferson Vladimir  
Oleas Tapia Fabián Alejandro

**Tutor:**

MsC. Ing. Gabriela Zúñiga R.

**Riobamba, Ecuador 2022**

## DERECHOS DE AUTORÍA

Nosotros, Jefferson Vladimir Jaramillo Salazar con CC: 1900670314, y Fabián Alejandro Oleas Tapia con CC: 1104108780, autores del trabajo de investigación titulado: "Incidencia de fugas en la red de abastecimiento de agua potable de los cantones Chambo y Guano", certificamos que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de nuestra exclusiva responsabilidad.

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

En Riobamba, 02 de diciembre de 2022.



---

Jefferson Vladimir Jaramillo Salazar  
C.C: 1900670314



---


Fabián Alejandro Oleas Tapia  
CC: 1104108780

## 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 la red de abastecimiento de agua potable de los cantones Chambo y Guano., presentado por Jefferson Vladimir Jaramillo Salazar con CC: 1900670314, y Fabián Alejandro Oleas Tapia con CC: 1104108780, 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 02 de diciembre de 2022.

Ing./Mgs. Diego Javier Barahona Rivadeneira  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE  
GRADO**



Firma

Ing./Mgs. Alfonso Patricio Arellano Barriga  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO**



Firma

Ing./Mgs. Lidia Jhoanna Gallardo Donoso  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO**



Firma

Ing./MsC. María Gabriela Zúñiga Rodríguez  
**TUTORA**



Firma

## CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación “**INCIDENCIA DE FUGAS EN LA RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE LOS CANTONES CHAMBO Y GUANO**”, presentado por **Jefferson Vladimir Jaramillo Salazar** con cédula de identidad número **1900670314** y **Fabián Alejandro Oleas Tapia** con cédula de identidad número **1104108780**, bajo la tutoría de la Ing./MgC. **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.

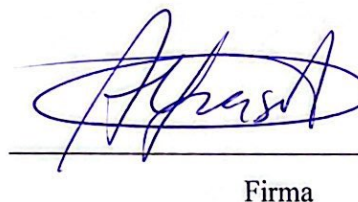
De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba, 02 de diciembre de 2022.

Ing./Mgs. Diego Javier Barahona Rivadeneira  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO**



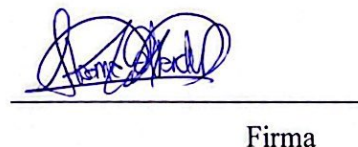
Firma

Ing./Mgs. Alfonso Patricio Arellano Barriga  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO**



Firma

Ing./Mgs. Lidia Jhoanna Gallardo Donoso  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO**



Firma





Dirección  
Académica  
VICERRECTORADO ACADÉMICO

*en movimiento*



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD  
UNACH-RGF-01-04-02.20  
VERSIÓN 02: 06-09-2021

# CERTIFICACIÓN

Que, **JEFFERSON VLADIMIR JARAMILLO SALAZAR** con CC: **1900670314** y **FABIÁN ALEJANDRO OLEAS TAPIA** con CC: **1104108780**, estudiantes de la Carrera **INGENIERÍA CIVIL, NO VIGENTE**, Facultad de **INGENIERÍA**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado **"INCIDENCIA DE FUGAS EN LA RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE LOS CANTONES CHAMBO Y GUANO"**, cumple con el **0 %**, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **OURIGINAL (URKUND)**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 02 de diciembre de 2022

MsC. María Gabriela Zúñiga Rodríguez  
TUTORA

## **DEDICATORIA**

Dedicado especialmente a mis padres Gladys S., y Alexander J., y mi tío Jorge J., por su constante apoyo y sacrificio, por sus sabias enseñanzas, consejos, por ser mi guía e inspiración durante toda mi vida, por darme fuerzas durante todo este proceso para conseguir con éxito uno de entre tantos sueños que aún me quedan por cumplir.

Así mismo a mis hermanas: Liti, Lady y Milané, por estar siempre presentes, por alentarme en cada momento y ser mi fuente de motivación durante toda esta etapa para poder alcanzar esta dichosa y muy merecida victoria en la vida

A Jennyfer P. por su apoyo moral e incondicional, por los grandiosos momentos de felicidad vividos. Te agradezco y deseo compartir contigo este y muchos otros momentos más importantes de mi vida.

Finalmente lo dedico a todas las personas que más amo, amigos cercanos y lejanos que fueron mi gran soporte en todo momento.

*Jefferson V. Jaramillo S.*

Primero quiero dedicarle este logro a Dios, por permitirme disfrutar de este momento junto a mis seres amados. A mis padres Carlos Oleas y Miriam Tapia, que mediante sus enseñanzas y amor me ayudaron a ser una persona de bien.

A mi esposa Fernanda Alcívar y mi hijo Emiliano, quienes han sido el motor y la fuente de motivación para alcanzar este sueño.

A mis hermanos Carlos y Luis quienes siempre me han apoyado de forma incondicional, además, a familiares y amigos, que han constituido parte elemental de este proceso de fortalecimiento espiritual y crecimiento personal.

*Fabián A. Oleas T.*

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos a la UNACH y todos los docentes de la prestigiosa carrera de Ingeniería Civil, quienes nos aportaron sus conocimientos y nos transmitieron sus experiencias durante todo este proceso de formación profesional.

A nuestras familias, por estar siempre presentes y ser el principal soporte y motivación que nos han impulsado a hacer realidad este sueño.

A todos nuestros amigos y compañeros de clase, con quienes pudimos compartir tiempo y grandes experiencias durante todo este proceso.

A nuestra tutora de Tesis MsC. Gabriela Zúñiga, por compartir sus conocimientos y ser la principal guía para el correcto desarrollo de nuestra investigación.

Al Ingeniero Marco Ordoñez quien nos facilitó el caudalímetro ultrasónico, equipo fundamental para la medición de datos de campo que fueron de gran relevancia.

A los municipios de los cantones Chambo y Guano que a través de los departamentos de Agua Potable nos guiaron y facilitaron información de suma importancia para el presente trabajo.

*Jefferson Jaramillo & Fabián Oleas*

## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	12
1  CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	14
1.1  Zona de estudio .....	14
1.2  Antecedentes .....	14
1.3  Planteamiento del problema.....	15
1.4  Objetivos .....	16
1.4.1  General.....	16
1.4.2  Específicos .....	16
2  CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	17
2.1  Agua Potable.....	17
2.2  Redes de abastecimiento .....	17
2.3  Pérdidas de agua .....	17
2.4  Tipos de fallas en las tuberías de distribución .....	18
2.5  Clasificación y tipos de fugas .....	18
2.6  Volúmenes de agua no contabilizada.....	19
2.7  Balance Hídrico .....	19
2.8  Estado del arte.....	20
3  CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.....	21
3.1  Descripción de la metodología .....	21
3.2  Recopilación y registro de información.....	22
3.2.1  Características sistema de abastecimiento de agua potable Guano .....	22
3.2.2  Características sistema de abastecimiento de agua potable Chambo... ..	24
3.3  Elaboración del balance hídrico técnico .....	27
3.3.1  Medición de caudales inyectados .....	28
3.3.2  Caudales inyectados por redes - Guano .....	28
3.3.3  Caudales inyectados por redes - Chambo .....	29
3.3.4  Caudales registrados - Guano .....	30
3.3.5  Caudales registrados - Chambo .....	31
3.3.6  Caudales no facturados - Guano .....	32
3.3.7  Caudales no facturados - Chambo .....	35
3.4  Rendimientos hídricos porcentuales de la red .....	37
3.5  Visitas de campo .....	38
3.6  Desarrollo de mapas de afectación de los cantones Guano y Chambo.....	38
4  CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	39
4.1  RESULTADOS .....	39



4.1.1	Balance hídrico técnico general – Guano .....	39
4.1.2	Balance hídrico general – Chambo .....	41
4.1.3	Rendimiento volumétrico general – Guano .....	44
4.1.4	Rendimiento volumétrico general – Chambo .....	45
4.1.5	Balance hídrico y rendimiento por red de distribución – Guano .....	46
4.1.6	Balance hídrico y rendimiento por red de distribución – Chambo .....	49
4.1.7	Identificación zonas afectadas .....	51
4.1.8	Afectación económica anual por pérdidas de agua.....	54
4.1.9	Operación y mantenimiento de los sistemas de agua potable.....	55
4.1.10	Operación y mantenimiento del sistema - Guano .....	55
4.1.11	Operación y mantenimiento del sistema - Chambo .....	56
4.1.12	Soluciones planteadas al problema de fugas en Guano y Chambo....	57
4.2	DISCUSIÓN .....	59
5	CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	60
5.1	CONCLUSIONES .....	60
5.2	RECOMENDACIONES.....	62
	BIBLIOGRAFÍA .....	63
	ANEXOS .....	66

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1:	Información general tanques de reserva - Guano .....	23
Tabla 2:	Cobertura de agua potable por cada tanque - Guano.....	24
Tabla 3:	Información general - tanques de reserva.....	26
Tabla 4:	Cobertura de agua potable por cada red de distribución .....	27
Tabla 5:	Caudales inyectados tanques de reserva - Guano.....	29
Tabla 6:	Caudales inyectados tanques de reserva - Chambo.....	29
Tabla 7:	Caudales registrados por el Departamento de Agua Potable - Guano .....	30
Tabla 8:	Caudales registrados por el Departamento de Agua Potable - Chambo.....	31
Tabla 9:	Volúmenes de agua no facturados - Instituciones municipales.....	32
Tabla 10:	Volúmenes de agua no facturados - Instituciones educativas .....	33
Tabla 11:	Volúmenes de agua no facturados - Instituciones de salud.....	33
Tabla 12:	Volúmenes de agua no facturados - Instituciones de seguridad y emergencias..	33
Tabla 13:	Volúmenes de agua no facturados – Instituciones religiosas .....	33
Tabla 14:	Volúmenes de agua no facturados – Áreas deportivas y de recreación .....	34
Tabla 15:	Volúmenes de agua no facturados – Baños públicos .....	34

Tabla 16: Volúmenes de agua no facturados por categoría - Guano.....	34
Tabla 17: Volúmenes de agua no facturados – Instituciones municipales.....	35
Tabla 18: Volúmenes de agua no facturados – Áreas deportivas y de recreación .....	36
Tabla 19: Volúmenes de agua no facturados – Baños públicos .....	36
Tabla 20: Volúmenes de agua no facturados por categoría - Chambo.....	36
Tabla 21: Rangos de eficiencia del sistema en función del rendimiento. ....	38
Tabla 22: Balance hídrico general - Guano .....	39
Tabla 23: Balance hídrico general – Chambo .....	42
Tabla 24: Rendimiento volumétrico general - Guano .....	44
Tabla 25: Rendimiento volumétrico general – Chambo.....	45
Tabla 26: Balance hídrico – La Inmaculada.....	46
Tabla 27: Balance hídrico – Barrios Altos .....	47
Tabla 28: Balance hídrico – Lluishi .....	47
Tabla 29: Calificación de la gestión de cada red basada en su rendimiento - Guano .....	47
Tabla 30: Balance hídrico Red 1 .....	49
Tabla 31: Balance hídrico Red 2 .....	49
Tabla 32: Balance hídrico Red 3 .....	49
Tabla 33: Calificación de la gestión de cada red basada en su rendimiento – Chambo.....	50
Tabla 34: Costes anuales debido a fugas de agua en el sistema .....	54

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación de los cantones Guano y Chambo .....	14
Figura 2: Perdidas existentes en un sistema de agua potable. ....	18
Figura 3: Esquema metodológico .....	22
Figura 5: Zonas abastecidas por lo tanques de reserva.....	24
Figura 6: Tanques de abastecimiento de agua – cantón Chambo.....	25
Figura 7: Sectores abastecidos por cada tanque .....	26
Figura 8: Balance hídrico técnico propuesto por Cabrera. ....	27
Figura 9: Equipo de medición de flujo ultrasónico empleado en la medición .....	28
Figura 10: Caudales inyectados por redes - Guano .....	29
Figura 11: Caudales inyectados por redes - Chambo .....	30
Figura 12: Caudales registrados Guano periodo agosto 2021 – julio 2022.....	31
Figura 13: Caudales registrados Chambo periodo agosto 2021 – julio 2022.....	32

Figura 14: Volúmenes de agua no facturados por categoría - Guano .....	35
Figura 15: Volúmenes de agua no facturados por categoría - Chambo.....	37
Figura 16: Comparativa caudales inyectados vs caudales registrados - Guano .....	40
Figura 17: Caudal incontrolado fugado - Guano .....	41
Figura 18: Volúmenes anuales de abastecimiento.....	41
Figura 19: Comparativo caudal inyectado vs caudal registrado – Chambo .....	42
Figura 20: Caudal incontrolado fugado – Chambo .....	43
Figura 21: Volúmenes anuales de abastecimiento - Chambo.....	43
Figura 22: Rendimiento global del sistema - Guano .....	45
Figura 23: Rendimiento global del sistema – Chambo .....	46
Figura 24: Rendimiento por red - Guano .....	48
Figura 25: Caudal incontrolado fugado por red – Guano.....	48
Figura 26: Rendimiento por red – Chambo .....	50
Figura 27: Caudal incontrolado fugado por red – Chambo.....	51
Figura 28: Afectación por caudal incontrolado fugado en cada red - Guano.....	52
Figura 29: Afectación por caudal incontrolado fugado en cada red – Chambo .....	53
Figura 30: Volúmenes de agua incontrolados en Guano y Chambo .....	54
Figura 31: Costes anuales de agua incontrolada en Guano y Chambo.....	55
Figura 32: Etapas para la reparación de un problema de fugas - Guano.....	56
Figura 33: Etapas para la reparación de un problema de fugas - Chambo .....	57
Figura 34: Plan de acción para reducir niveles de agua no contabilizada .....	58

## RESUMEN

En Ecuador, las pérdidas económicas debido a volúmenes de agua no contabilizada causadas por fugas alcanzan los 320 millones de dólares correspondientes al desperdicio de 696.2 millones de m<sup>3</sup> al año (Diario Primicias, 2021), problema que se ha ido empeorando con el paso de los años. Por lo tanto, el objetivo de la presente investigación, es determinar la incidencia de las fugas en las redes de abastecimiento de agua potable de los cantones Guano y Chambo. Para la obtención de resultados se aplicará una metodología mixta (cuantitativa y cualitativa), mediante recopilación de datos, mediciones en campo e inspecciones, para el desarrollo del balance hídrico técnico, con el cual se determinará el porcentaje de caudal fugado y los rendimientos e identificar la red de abastecimiento de agua potable más afectada, como también la incidencia económica generada por fugas a las entidades encargadas del control del agua en cada cantón. Del análisis de resultados se pudo determinar que el sistema de abastecimiento del cantón Guano, presenta un porcentaje de caudal incontrolado fugado de 50.79% y un rendimiento global del sistema de 46.01%, con una calificación de “Inaceptable” cuya red más afectada es “Lluishi”, mientras que el sistema de abastecimiento de agua potable de Chambo, tiene un porcentaje de caudal incontrolado fugado de 75.75%, un rendimiento global de 23.26%, y una calificación de “Inaceptable”, siendo la red más afectada, la denominada “Red 1”. De las visitas realizadas en campo se determinó la eficiencia con la que se desarrolla el proceso de operación y mantenimiento de los sistemas de agua potable y finalmente se desarrolló un plan de acción que ayude a los Departamentos de Agua Potable a reducir los niveles de agua no contabilizada y mejorar el rendimiento de sus sistemas.

**Palabras claves:** Fugas, rendimiento, balance, hídrico, redes

## ABSTRACT

In Ecuador, economic losses due to unaccounted water volumes caused by leaks reached 320 million dollars corresponding to a waste of 696.2 million m<sup>3</sup> per year (Diario Primicias, 2021). This problem has been worsening over the years. Therefore, this research aims to determine the incidence of leaks in the drinking water supply networks of the Guano and Chambo cantons. To obtain the results, mixed methodology (quantitative and qualitative) will be applied, through data collection, field measurements, and inspections, for the development of the technical water balance, which will determine the percentage of leaked flow and yields and identify the most affected drinking water supply network, as well as the economic impact generated by leaks to the entities in charge of water control in each canton. The analysis of the results determined that the Guano canton's water supply system has an uncontrolled leakage rate of 50.79% and an overall system yield of 46.01%, with a rating of "Unacceptable," whose most affected network is "Lluishi. "In comparison, the drinking water supply system of Chambo has a percentage of the uncontrolled leaked flow of 75.75%, an overall yield of 23.26%, and a rating of "Unacceptable," with the most affected network being "Red 1". From the field visits, determined the efficiency of the operation and maintenance process of the potable water systems. Finally, developed an action plan to help the Potable Water Departments to reduce the levels of unaccounted-for water and improve the performance of their systems.

**Keywords:** Leakage, performance, balance, water, networks.



firmado electrónicamente por:  
**MARIA FERNANDA  
PONCE MARCILLO**

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

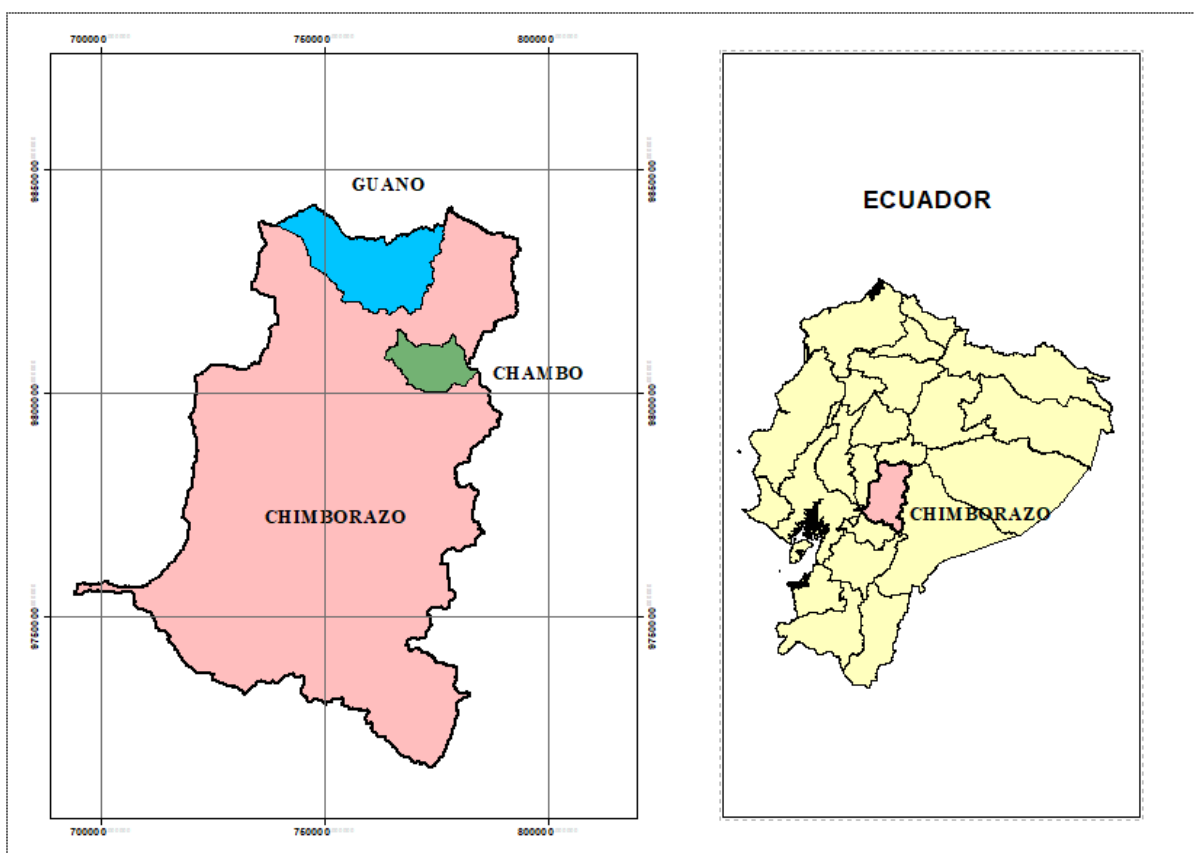
# 1 CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.

## 1.1 Zona de estudio

Los cantones Guano (UTM E 763577.22N; N 9822126.42) y Chambo (UTM E 768876.11; N 9808242.77), pertenecen a la provincia de Chimborazo, ubicada al centro sur de la región Interandina del Ecuador, según la Figura 1. La zona de estudio de Chambo tiene 4459 habitantes (GADM Chambo, 2014), mientras el área de estudio de Guano concentra 7758 habitantes (GADM Guano, 2010). Para los cantones analizados, las zonas de estudio corresponden a la parte urbana de cada cantón.

**Figura 1:**

*Ubicación de los cantones Guano y Chambo*



**Elaborado por:** (Jaramillo & Oleas, 2022)

El sistema de abastecimiento de agua potable (SAAP) del cantón Guano abastece a un total de 5019 usuarios. A la vez que el sistema de Chambo beneficia a 2415 personas, información que ha sido proporcionada por los Departamentos de Agua Potable hasta el mes de julio de 2022.

## 1.2 Antecedentes

En Ecuador, las pérdidas económicas debido a volúmenes de agua no contabilizada (ANC) alcanzan los 320 millones de dólares correspondientes al desperdicio de 696.2 millones de m<sup>3</sup> al año. Se estima, además, que los municipios en todo el país desperdician



cerca de 8 millones de m<sup>3</sup> de agua, equivalentes a 26.6 millones de dólares; problema que ha empeorado conforme pasan los años (Diario Primicias, 2021).

Los boletines estadísticos de la Agencia de Regulación y Control del Agua (ARCA) muestran que en 2016, el porcentaje de ANC en el país era del 42.97%, mientras que en 2020 de 53.9%, evidenciando el aumento significativo de fugas en las redes de distribución (Diario Primicias, 2021).

Actualmente, los municipios, así como las empresas de agua potable, deben enfrentar la crítica tarea reducir los niveles de ANC, que pueden ser causados por varios factores incluidos fugas, medidores inexactos y el uso clandestino e inapropiado del agua (OPEN, 2017). Por esta razón es necesario que los GADM de Guano y Chambo, tengan conocimiento de los volúmenes de ANC y la eficiencia con la que están operando actualmente sus sistemas de distribución y en base a esto destinar los recursos necesarios y desarrollar técnicas o procedimientos según las características específicas de sus redes, que les permitan mitigar las pérdidas. Este control oportuno garantizará una mejora en la gestión del abastecimiento de agua potable y una disminución de los costos operativos para la entidad gestora.

### **1.3 Planteamiento del problema**

La gran cantidad de agua que se pierde debido a fugas en los sistemas de distribución urbanos, así como los volúmenes de ANC debido a pérdidas de agua reales y aparentes junto con el consumo no autorizado, son factores que complican el suministro óptimo de agua, específicamente en los cantones Chambo y Guano, que, a pesar de las mejoras realizadas con la implementación de los Planes Maestros de Agua Potable y Alcantarillado, aún presentan un deficiente desempeño en la gestión y recuperación de las pérdidas de ANC.

En los cantones en análisis, las autoridades no cuentan con un adecuado sistema de información o mecanismos que les permitan una tarea de regulación y control óptima para la recuperación de pérdidas de agua. El problema de las fugas se ve agravado con la deficiente planificación en el mantenimiento de los sistemas de agua potable, que se refleja en las constantes reparaciones e intervenciones a las redes de tuberías, lo que provoca el corte del servicio y genera complicaciones en las actividades cotidianas de los usuarios.

Es por ello que en la presente investigación se busca aportar con información actualizada sobre volúmenes de ANC y determinar la incidencia que representan las fugas en las redes de abastecimiento de agua potable, además identificar las posibles causas que las provocan y reconocer las redes más afectadas, y con ello orientar a los municipios a desarrollar mejores estrategias para reducir al mínimo las pérdidas de agua y de dinero que ocasiona la deficiente gestión de sus sistemas de abastecimiento.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 General**

- Determinar la incidencia de fugas en redes de abastecimiento de agua potable en los cantones Chambo y Guano pertenecientes a la provincia de Chimborazo.

### **1.4.2 Específicos**

- Reconocer las zonas que presentan mayor cantidad de fugas en los cantones Chambo y Guano de acuerdo a los datos proporcionados por el Departamento de Agua Potable y alcantarillado de los municipios correspondientes.
- Usar sistemas de información geográfica en complemento con el plano de la red de distribución de agua potable de los cantones Chambo y Guano para identificar cuantitativamente las zonas afectadas por el problema en análisis.
- Identificar mediante inspecciones el proceso de operación y mantenimiento con el que se atiende un problema de fuga de agua en las distintas redes de los cantones en estudio.
- Determinar en base a los resultados obtenidos la relevancia del problema y discutir las posibles causas del mismo, permitiendo plantear soluciones que eviten el incremento de fugas de agua en las redes de distribución de agua potable de los cantones en estudio.

## 2 CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.

### 2.1 Agua Potable

El agua es el elemento más abundante en la tierra, pero debido a su mal uso se ha convertido en un recurso único y escaso. Para que el agua sea apta para el consumo humano tiene que someterse a procesos que la depuren permitiendo que la misma tenga características incoloras, insípida e inodoras, además, que no debe presentar materia orgánica, patógenos o microorganismos que la puedan contaminar (Chulluncuy-Camacho, 2011). El proceso para que la calidad del agua sea adecuada para el uso doméstico es la potabilización, el cual se encargará de purificar el agua y que los parámetros o características que está presente sean adecuados según los límites permisibles en aspectos físicos, químicos, radiológicos y bacteriológicos del agua potable (NTE INEN, 2011).

### 2.2 Redes de abastecimiento

Los mecanismos de distribución de agua potable tienen como objetivo brindar un servicio de manera continua y de calidad, sin embargo, este proceso en ocasiones no puede cumplir su meta debido a incidentes en la red de abastecimiento causada por problemas en las tuberías o fugas, provocando que el servicio se interrumpa o no se desarrolle de manera eficaz. Las partes que conforman estos sistemas según Ronald & Salazar, (2021) son:

**Cuenca hidrográfica:** Es la zona donde drena el agua hacia un punto de salida.

**Fuentes de captación:** Es el lugar en donde se encuentra el agua de forma natural, entre ellos pueden encontrarse ríos, acuíferos entre otros.

**Sistema de tuberías:** Estas redes se encargan de trasladar el agua desde la zona de captación hasta las plantas de tratamiento y posteriormente la distribuye a los diferentes usuarios.

**Planta de tratamiento:** Lugar donde se purifica el agua para que la misma sea apta para el consumo humano y para los fines que se hayan planificado en el proyecto.

**Depósitos de almacenamiento:** Principalmente reservorios, tanques o torres de agua.

### 2.3 Pérdidas de agua

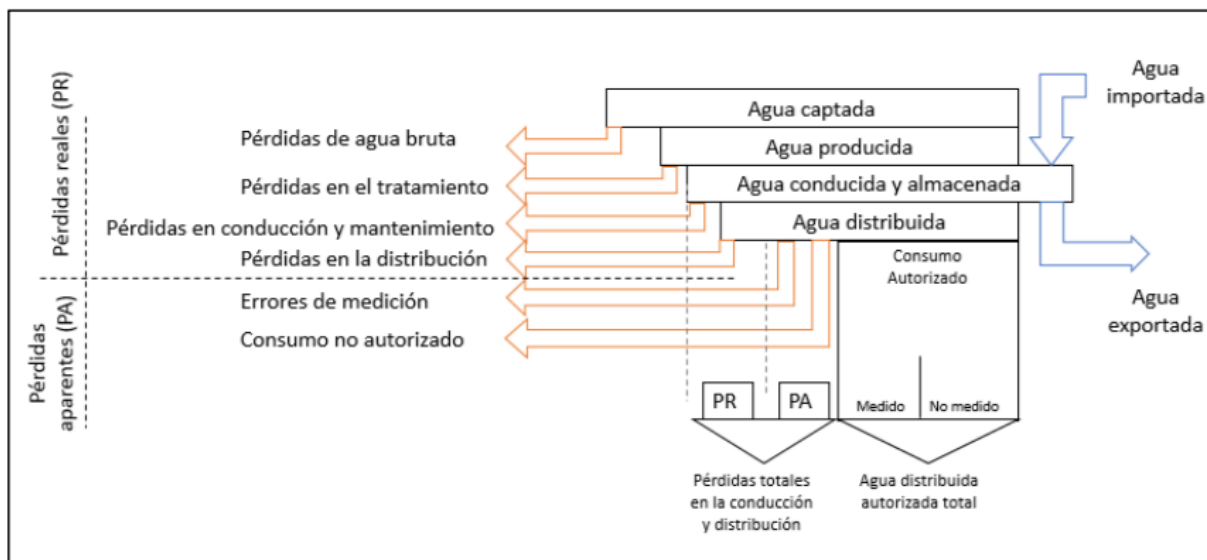
Las pérdidas de agua son un problema frecuente que deben enfrentar las empresas de agua potable, ya que se consideran inevitables; traduciéndose en pérdidas económicas y en problemas ambientales (Peñañiel Valla, 2018). Se tiene dos tipos de pérdidas de agua como se observa en la Figura 2.

**Pérdidas reales:** Constituyen el volumen de agua que se tiende a perder a lo largo de la red en un sistema a presión hasta su llegada a un medidor o contador de agua.

**Pérdidas aparentes:** Estas corresponden a imprecisiones asociadas a la medición del agua consumida y producida, también debido a consumos no autorizados o conexiones clandestinas.

**Figura 2:**

*Pérdidas existentes en un sistema de abastecimiento de agua potable.*



**Fuente:** (Peñañiel Valla, 2018)

## 2.4 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. Adicionalmente, se pueden diferenciar los factores debido a la instalación, que tiene en cuenta las condiciones de instalación de las tuberías (Martínez Codina et al., 2018).

En las tuberías en general, las principales causas de fallo son corrosión, sobrepresiones o maniobras no habituales. La corrosión se asocia al modo de fallo en forma de agujeros, y las presiones se ligan a las roturas longitudinales y de tipo explosivas. En las acometidas, el fallo más frecuente está asociado a defectos de la tubería y material, presentando roturas de forma circular (Martínez Codina et al., 2018).

## 2.5 Clasificación y tipos de fugas

Según el volumen de agua producida en las fugas, estas se pueden clasificar en tres categorías (Campaña, 2016):

**Categoría 1:** Abarca los volúmenes de agua muy pequeños, y que pueden presentarse en las uniones o juntas de las tuberías y se caracterizan porque se manifiestan mediante sudor o goteos. Se pueden detectar con una inspección visual.

**Categoría 2:** Los volúmenes de agua en esta categoría son mayores que en la categoría 1, y su desperdicio contribuye de manera significativa en las pérdidas totales de un sector. Se pueden evidenciar realizando una inspección detallada.

**Categoría 3:** Esta categoría abarca fugas más grandes, que se perciben a simple vista ya que pueden aflorar en la superficie del terreno por donde atraviesa la conducción. Estas pueden ser causadas por roturas en la tubería provocando disminución en la presión, y falta de agua en las edificaciones.

## **2.6 Volúmenes de agua no contabilizada**

El agua no contabilizada es la diferencia entre el volumen total de agua que ingresa a la red del sistema y el agua facturada a los usuarios. Indicando de este modo la cantidad de agua que no fue aprovechada por los municipios, y que se ve reflejado en una pérdida de agua entre su captación y distribución (ARCA, 2017). Lo anterior no solo genera pérdidas económicas, sino también que no se tenga un control y aprovechamiento del recurso hídrico (SEAPAL, 2017).

## **2.7 Balance Hídrico**

El balance hídrico tiene el objetivo de equilibrar de manera estandarizada la cantidad total de agua que ingresa al sistema con los volúmenes de agua requeridos por los usuarios, mediante este proceso se determina el rendimiento de la red y la cantidad de agua no facturada o fugada (Zúñiga, 2019).

## 2.8 Estado del arte

Investigaciones a nivel mundial estiman que la cantidad de agua fugada de los sistemas de abastecimiento sobrepasa los 32 billones de m<sup>3</sup> al año, equivalente a una pérdida económica de USD 18000 millones (Bueno Herrera et al., 2020).

En la región de Latinoamérica el promedio de agua no contabilizada se halla en el rango del 35% y 50%, debido a la baja calidad en la gestión de los servicios públicos (Banco de Desarrollo de América Latina, 2015).

La cobertura del servicio de agua potable en el Ecuador hasta el año 2020 alcanzó el 79.28%, además, la continuidad de la prestación del servicio de agua potable (AP) tomando en cuenta los cortes planificados y no planificados, tiene un valor promedio de 91%, equivalente a 21.84 horas del día (ARCA, 2020).

A nivel nacional, el valor promedio de agua no contabilizada en las redes de distribución de agua potable alcanza el 47.69%, mientras que a nivel provincial el promedio de agua no facturada en el 2020 es de 55.84%; sin tomar en cuenta los cantones: Alausí, Colta y Guano, ya que presentan datos fuera de rango, y no se registran datos en los cantones Guamote y Cumandá, según el último boletín presentado por la Agencia de Regulación y Control del Agua (ARCA) (ARCA, 2020).

Estudios realizados en el sistema que distribuye agua potable al cantón Palora, provincia de Morona Santiago, determinaron que existen pérdidas cuyos valores de agua no contabilizada alcanzaron el 72%, causando inconformidades en la población, debido a la falta de mantenimiento y mal estado de las tuberías que conforman la red (Rodríguez, 2011).

En la provincia de Loja del análisis de balance hídrico realizado en el distrito hidrométrico Ruta 46, se determinó que del volumen total que ingresa a la red, el 45.98% es agua no facturada, es decir que se fuga o se pierde (González González, 2016).

Un análisis sobre la calidad del servicio de agua potable en el subsistema de la Empresa de Agua Potable de la ciudad de Ambato (EP-EMAPA-A), estimó mediante el cálculo de indicadores de desempeño un porcentaje del 47,67% de agua no facturada, cuyo indicador clasifica la gestión en cuanto a control de fugas como adecuado (Peñafiel Valla, 2018).

El boletín estadístico publicado por el ARCA en año 2019, estimó que en el cantón Chambo existía un 58.70% de agua no contabilizada (ANC), mientras que el año 2020 el porcentaje de ANC fue de 53.8% (ARCA, 2019).

En el cantón Guano, estudios del año 2019 realizados por el ARCA determinaron que existió un 58.58% de agua potable fugada, valor que supera el promedio de ANC del mismo año a nivel provincial, cuyo promedio tomando en cuenta los cantones que reportan datos en Chimborazo alcanzó un 48.30% de ANC (ARCA, 2019).



### **3 CAPÍTULO III. METODOLOGÍA**

#### **3.1 Descripción de la metodología**

Para el desarrollo de la presente investigación se seguirá el esquema metodológico de la Figura 3, basado en una amplia recopilación bibliográfica de distintas fuentes científicas. Se empleará una metodología de tipo descriptiva la cual permitirá analizar y explicar el fenómeno de estudio, resaltando la importancia de las fugas en redes de abastecimiento de agua potable en los cantones de Chambo y Guano.

El estudio realizado corresponde a una investigación no experimental transversal, debido a que los datos analizados corresponden a un periodo de tiempo definido (agosto 2021 - julio 2022).

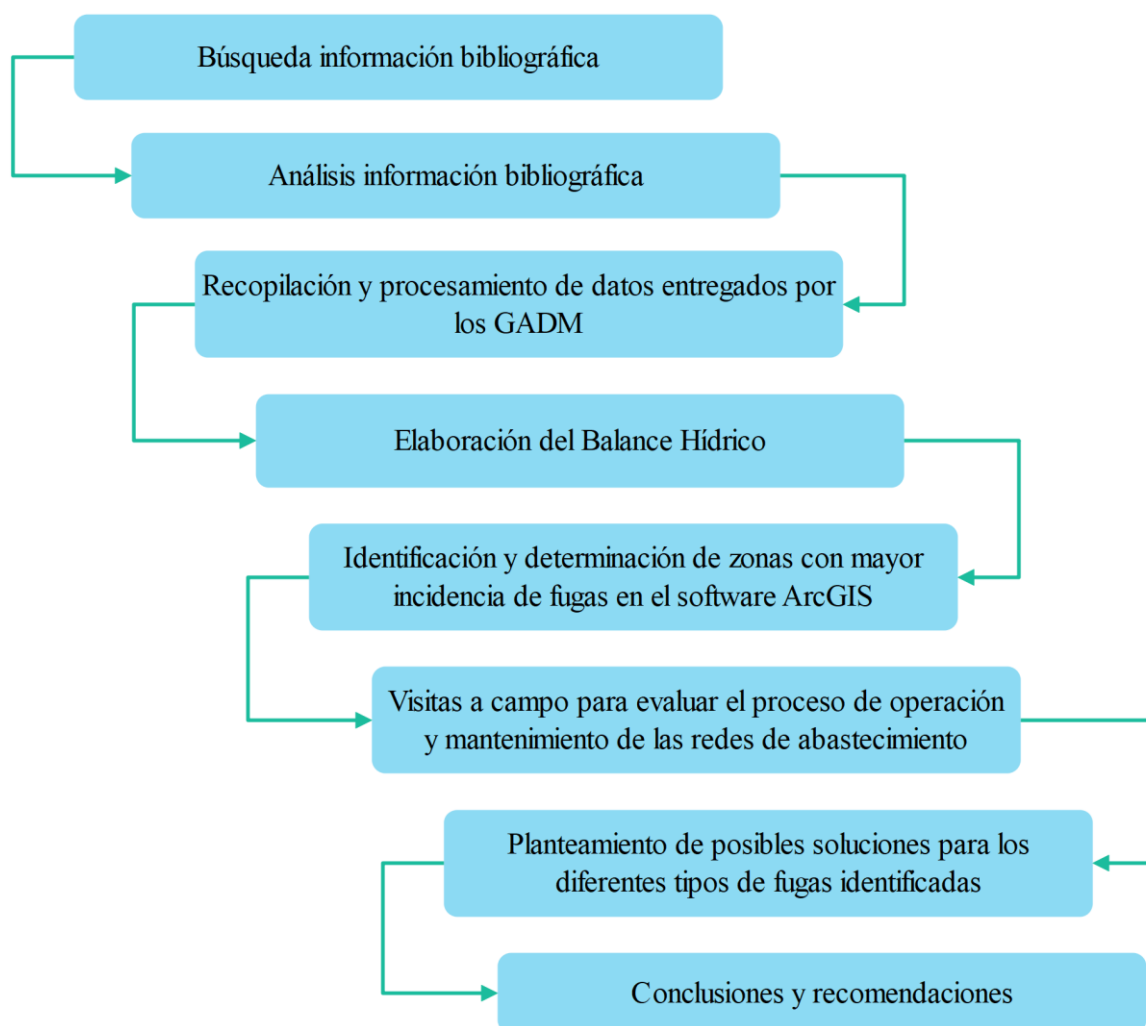
El método tendrá un enfoque mixto, es decir cuantitativo y cualitativo, lo que permitirá una correcta obtención de datos y análisis de resultados.

Mediante sistemas de georreferenciación (ArcGIS), en conjunto con planos de los cantones en estudio, se procederá a identificar y cuantificar las zonas afectadas por la presencia de fugas, las mismas que se reflejarán en volúmenes de agua no contabilizados, datos que se obtendrán de los Departamento de Agua Potable de los cantones correspondientes.

El método cualitativo ayudará al momento de realizar visitas de campo, con el objetivo de identificar el proceso de operación y mantenimiento de las tuberías y con ello determinar la eficiencia con la que se atiende los diferentes problemas de fugas de agua, para el planteamiento de posibles soluciones con el fin de disminuir las pérdidas de agua en las redes de abastecimiento en los cantones en estudio.

**Figura 3:**

*Esquema metodológico*



**Elaborado por:** (Jaramillo & Oleas, 2022)

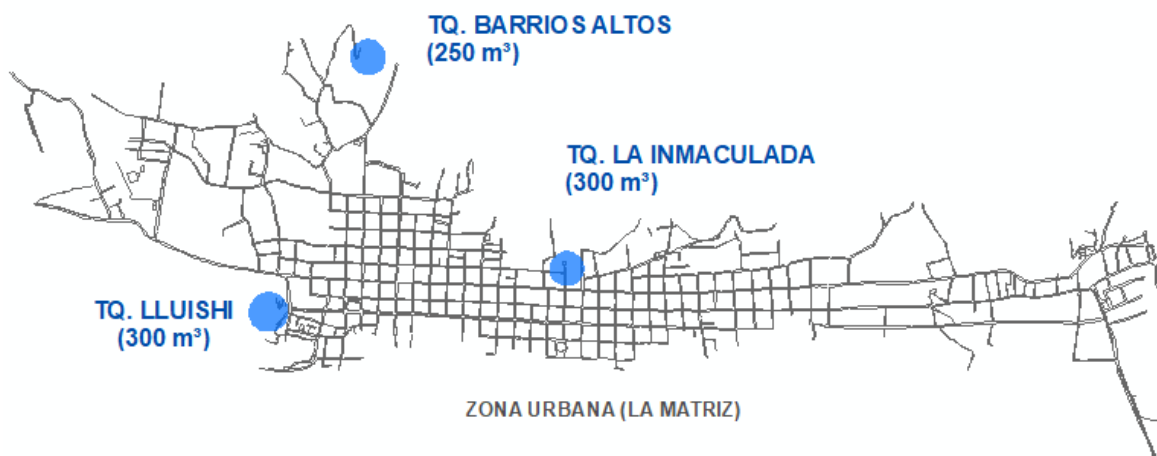
## **3.2 Recopilación y registro de información**

### **3.2.1 Características sistema de abastecimiento de agua potable Guano**

En la Figura 4, se observa que la cabecera del cantón Guano cuenta con 3 tanques de abastecimiento de agua potable para la zona urbana del cantón.

**Figura 4:**

*Identificación tanques de reserva de agua potable en zona de estudio “La Matriz”*



**Elaborado por:** (Jaramillo & Oleas, 2022)

Estos tanques de abastecimiento suplen las necesidades de los usuarios pertenecientes a la zona de estudio denominada “La Matriz”; esto gracias a su ubicación geográfica y capacidad de reserva y distribución como se describe en Tabla 1.

**Tabla 1:**

*Información general tanques de reserva - Guano*

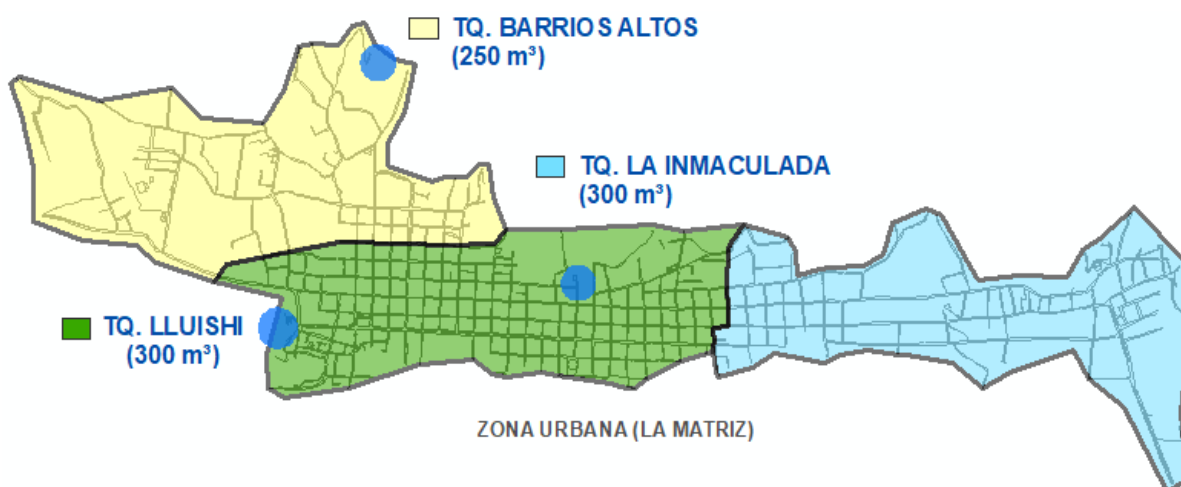
<b>Tanque</b>	<b>Capacidad (m3)</b>	<b>Sistema WGS84 coordenadas UTM zona 17s</b>	<b>Altura (m.s.n.m)</b>
Tanque Lluishi	360	761600.00E - 9822174.85N	2 784.14
Tanque La Inmaculada	362	763138.31E - 9822362.17N	2 704.50
Tanque Barrios Altos	440	762099.66E - 9823469.57N	2 859.33

**Fuente:** (GADM Guano, 2017)

En la Figura 5 se presenta la distribución de las zonas beneficiadas por los tanques de agua, las cuales poseen el mismo nombre y son: Barrios Altos, Lluishi y La Inmaculada. Los mismos que reciben agua desde cuatro captaciones: Guaycos 1, Guaycos 2, y Guaycos 3.

**Figura 5:**

*Zonas abastecidas por los tanques de reserva*



**Elaborado por:** (Jaramillo & Oleas, 2022)

La red de abastecimiento de agua potable del cantón Guano fue mejorado a partir del año 2015, mediante el proyecto “Plan Maestro de Alcantarillado y Agua Potable”, teniendo cambios significativos en la constitución de su sistema; como el reemplazo de tuberías antiguas de asbesto-cemento por tuberías de PVC, con el fin de mejorar la calidad, cobertura y continuidad del servicio en el cantón. Gracias a la ejecución del proyecto se logra cubrir una totalidad de 324.10 ha, lo cual representa el 100% de cobertura de agua potable en la zona urbana, según lo describe la Tabla 2.

**Tabla 2:**

*Cobertura de agua potable por cada tanque - Guano*

Tanque	Cobertura (ha)	% De abastecimiento	Zona servida
Tanque Lluishi	152.55	47.07	Urbana
Tanque La Inmaculada	90.13	27.81	
Tanque Barrios Altos	81.42	25.12	
<b>Total</b>	<b>324.10</b>	<b>100%</b>	

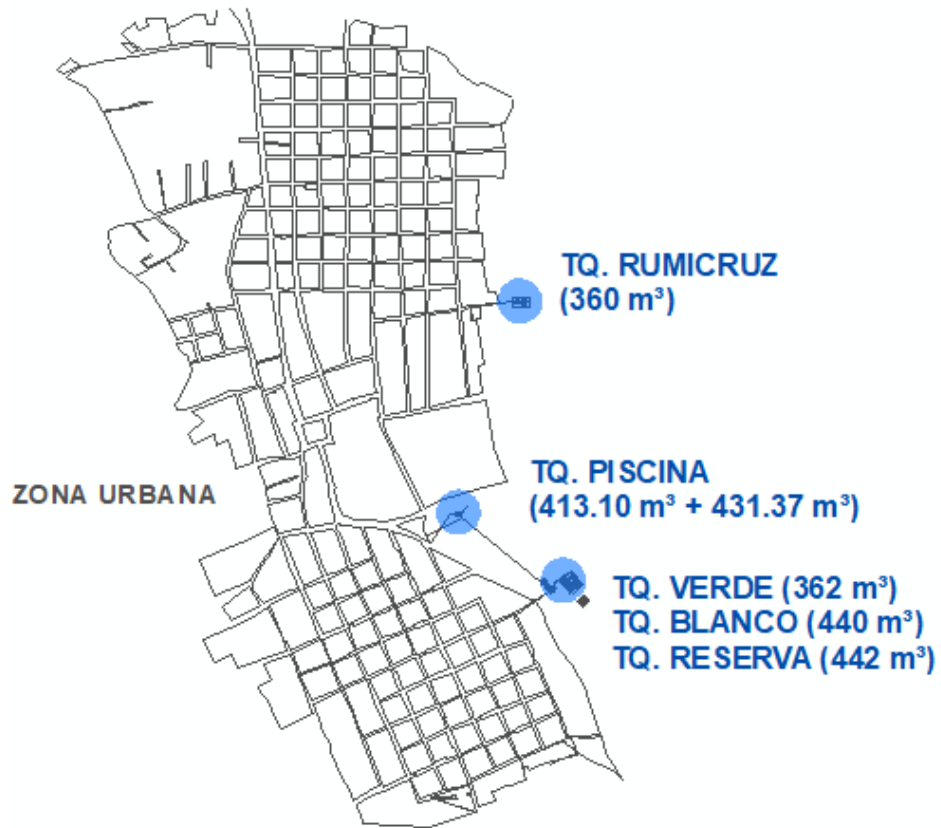
**Fuente:** (GADM Guano, 2017)

### 3.2.2 Características sistema de abastecimiento de agua potable Chambo

En el cantón Chambo existen 5 tanques de abastecimiento para la zona urbana, como se ilustra en la Figura 6, que son abastecidos por las vertientes de Catequilla, Galtén y Cubillín.

**Figura 6:**

*Tanques de abastecimiento de agua – cantón Chambo*

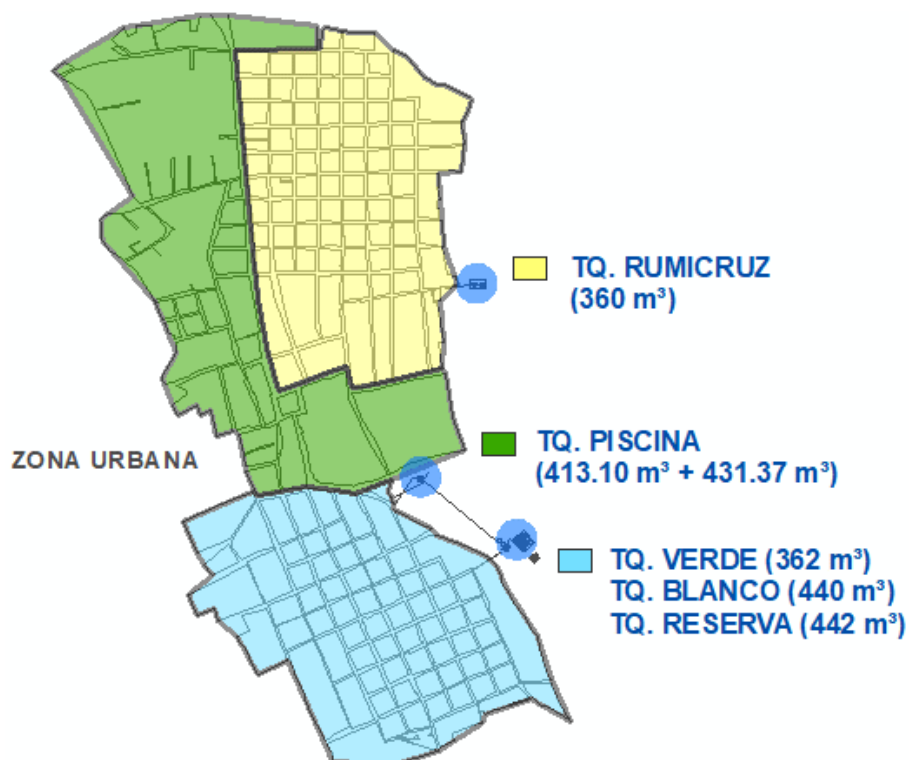


**Elaborado por:** (Jaramillo & Oleas, 2022)

El tanque de Rumicruz, denominada “Red 2”, provee agua al sector del mismo nombre, además de Santo Cristo, el Tambo, Ulpán, y se une a otra red en el sector El Carmen para completar el caudal necesario para el barrio la Dolorosa, Llio y San Jorge. Los tanques denominados Verde y Blanco, conforman la “Red 1”, mientras que los tanques Reserva y Piscina, la “Red 3”, siendo las tres redes mencionadas las que proveen agua a los sectores céntricos y periféricos del cantón, según se observa en la Figura 7.

**Figura 7:**

*Sectores abastecidos por cada tanque*



**Elaborado por:** (Jaramillo & Oleas, 2022)

En la Tabla 3 se detalla la capacidad y ubicación geográfica de cada uno de los tanques con los que cuenta el cantón. El tanque denominado “Piscina”, está conformado por depósitos con capacidades de 413.10 m<sup>3</sup> y 431.37 m<sup>3</sup> respectivamente, pero que dispone de solo una tubería de salida a la red de distribución.

**Tabla 3:**

*Información general - tanques de reserva*

<b>Nombre tanque</b>	<b>Capacidad (m3)</b>	<b>Sistema WGS84 coordenadas UTM Zona 17S</b>	<b>Altura (m.s.n.m)</b>
Tanque Rumicruz	360	768483.43 E ; 9809022.86 N	2 815.10
Tanque (Verde)	362	767959.41 E ; 9808126.70 N	2 809.02
Tanque (Blanco)	440	767954.94 E ; 9808133.08 N	2 809.52
Tanque (Reserva)	442	767947.48 E ; 9808135.09 N	2 807.86
Tanque Piscina	413.10	767671.07 E ; 9808264.62 N	2 771.24
	431.37	767669.51 E ; 9808266.84 N	2 771.47

**Fuente:** (GADM Chambo, 2022)

La cobertura de abastecimiento de agua potable de las tres fuentes alcanza a cubrir un total de aproximadamente 165.65 ha, abasteciendo en su totalidad la parte urbana del cantón, como se presenta en la Tabla 4, según los últimos datos proporcionados por el Departamento de Agua Potable del cantón Chambo.



**Tabla 4:**

*Cobertura de agua potable por cada red de distribución*

Tanque	Cobertura (ha)	% De abastecimiento	Zona servida
Tanque Rumicruz	52.64	31.78	Urbana
Tanque Piscina y Reserva	59.96	36.20	
Tanque Verde y Blanco	53.05	32.03	
<b>Total</b>	<b>165.65</b>	<b>100%</b>	

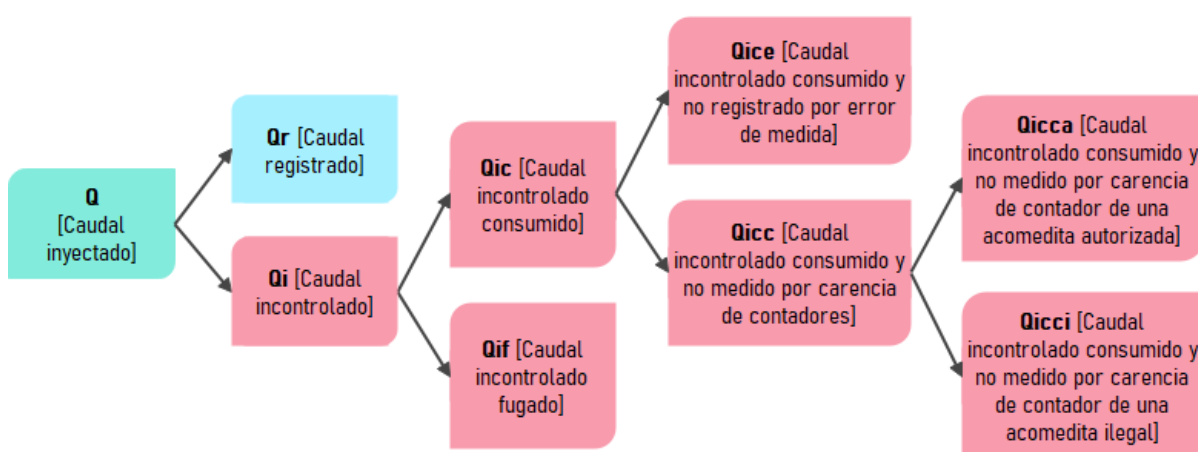
Fuente: (GADM Chambo, 2022)

### 3.3 Elaboración del balance hídrico técnico

En esta investigación se empleará la terminología y el balance hídrico técnico propuesto por Cabrera et al., (1999), como se ilustra en la Figura 8.

**Figura 8:**

*Balance hídrico técnico propuesto por Cabrera.*



Fuente: (Cabrera et al., 1999)

El cálculo de este balance durante periodos definidos, por lo general de un año, servirá de base a las entidades reguladoras para determinar los volúmenes de agua fugados del sistema y rendimientos de los sistemas de distribución de agua potable (SDAP) correspondientes a las zonas de estudio.

A continuación, se presenta una breve descripción de los componentes y la terminología empleada para realizar el balance hídrico técnico.

**Caudal inyectado (Q)**, obtenido mediante caudalímetros o macromedidores localizados en los puntos de salida de los tanques que conforman cada red.

**Caudal registrado (Qr)**, volumen de agua cuantificada por los medidores instalados en las acometidas de agua potable de cada usuario.

**Caudal incontrolado ( $Q_i$ )**, volumen que no es cuantificado y cuyo destino es desconocido, por lo que no existe recaudación por la entidad reguladora.

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

**Caudal incontrolado consumido ( $Q_{ic}$ )**, volumen que es consumido por los usuarios pero que no es registrado por el Departamento de Agua Potable.

**Caudal incontrolado fugado ( $Q_{if}$ )**, volumen de agua incontrolada y que se pierde debido a fugas en el sistema.

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

**Caudal suministrado ( $Q_s$ )**, definido como el caudal que es suministrado a los usuarios

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

### 3.3.1 Medición de caudales inyectados

Para la obtención del volumen de agua inyectado al sistema, se utilizó un equipo de medición de flujo ultrasónico (TDS - 100H), como se aprecia en la Figura 9, debido a que los tanques no cuentan con macro medidores para el registro de caudales. Se tomaron 3 medidas en cada red, a fin de obtener un valor promedio que asegure la fiabilidad de los datos, el margen de error del equipo es de  $\pm 1.0\%$ .

**Figura 9:**

*Equipo de medición de flujo ultrasónico empleado en la medición*



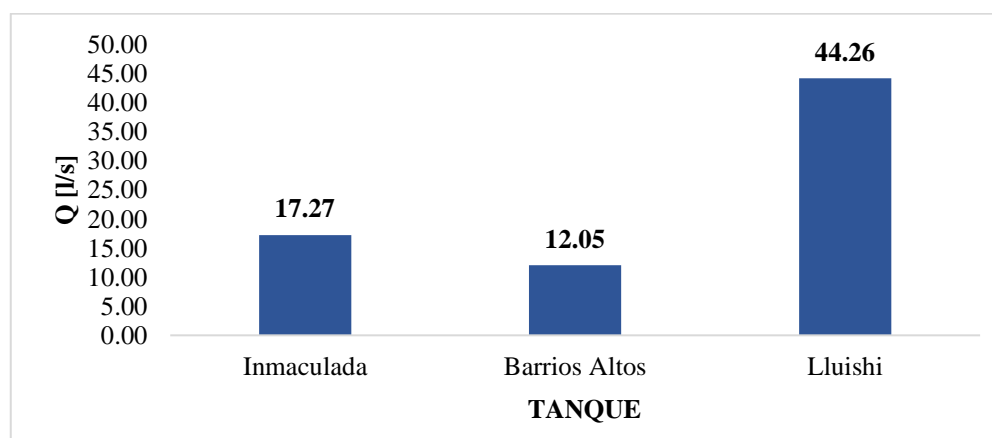
**Elaborado por:** (Jaramillo & Oleas, 2022)

### 3.3.2 Caudales inyectados por redes - Guano

El abastecimiento de agua potable en la zona urbana del cantón Guano, depende de las redes de distribución derivada de los tanques: La Inmaculada, Barrios Altos y Lluishi, que dotan un total de 73,57 l/s. Los caudales inyectados ( $Q_1$ ,  $Q_2$ ,  $Q_3$ ) fueron medidos en julio de 2022 por Jaramillo & Oleas, y se detallan en la Tabla 5, además se realiza una comparación en la Figura 10.

**Tabla 5:***Caudales inyectados tanques de reserva - Guano*

Nombre Tanque	Material tubería	Diámetro [mm]	Q1	Q2 [l/s]	Q3	Q promedio [l/s]	Q [m³/mes]
La Inmaculada	PVC	200	16.743	17.166	17.901	17.27	44 763.84
Barrios Altos	Acero	114,3	12.015	12.055	12.073	12.05	31 227.55
Lluishi	Acero	219,1	43.914	44.380	44.477	44.26	114 714.14
<b>Q total</b>						<b>73.57</b>	<b>190 705.54</b>

**Elaborado por:** (Jaramillo & Oleas, 2022)**Figura 10:***Caudales inyectados por redes - Guano***Elaborado por:** (Jaramillo & Oleas, 2022)

### 3.3.3 Caudales inyectados por redes - Chambo

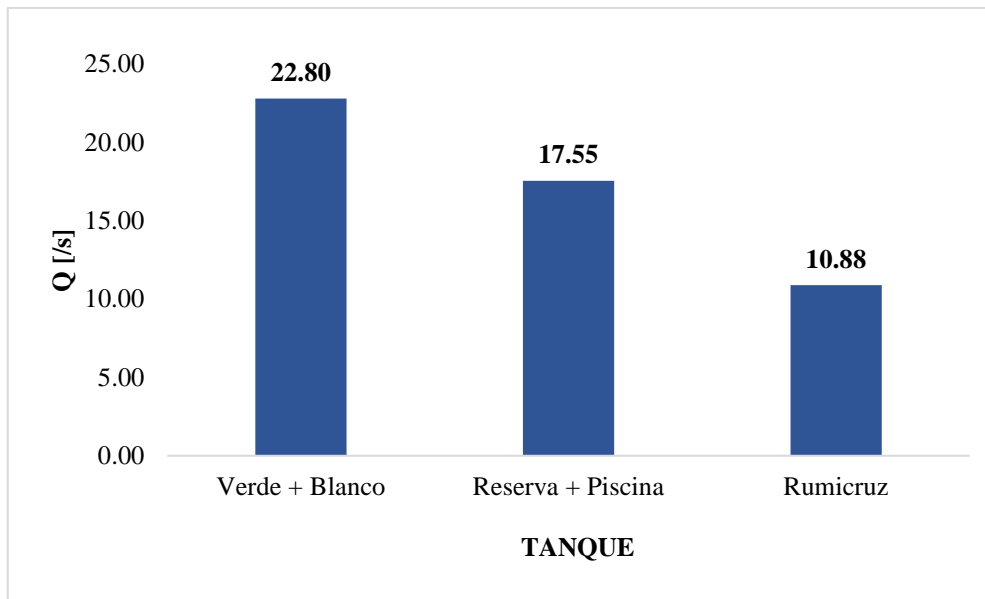
El abastecimiento de agua potable en la cabecera cantonal de Chambo depende de las siguientes redes de distribución: Red 1 (tanque “Verde” y “Blanco”), Red 2 (tanque “Reserva” y “Piscina”), Red 3 (tanque “Rumicruz”), como se ilustra en la Figura 11, y que inyectan un total de 51,23 l/s. Las mediciones de caudales inyectados se realizaron en el mes de Julio de 2022 por los autores, como se aprecia en la Tabla 6.

**Tabla 6:***Caudales inyectados tanques de reserva - Chambo*

Nombre Tanque	Material tubería	Diámetro [mm]	Q1	Q2 [l/s]	Q3	Q promedio [l/s]	Q [m³/mes]
Verde	PVC	110	9.821	9.923	10.018	9.92	25 714.37
Blanco	PVC	110	12.529	12.988	13.130	12.88	33 391.01
Reserva	Acero	114,3	1.084	1.125	1.138	1.12	2 891.64
Piscina	Asbesto	180	15.750	16.454	17.090	16.43	42 590.02
Rumicruz	PVC	110	10.796	10.884	10.973	10.88	28 212.19
<b>Q total</b>						<b>51.23</b>	<b>132 799.22</b>

**Elaborado por:** (Jaramillo & Oleas, 2022)

**Figura 11:** Caudales inyectados por redes - Chambo



Elaborado por: (Jaramillo & Oleas, 2022)

### 3.3.4 Caudales registrados - Guano

Los valores de la Tabla 7 representan los caudales consumidos por los usuarios de forma mensual, y se miden en base a las lecturas que registran los medidores instalados en las acometidas domiciliarias. Se registró un volumen total de agua consumida de 1'053 033.00 m<sup>3</sup>/año.

**Tabla 7:**

*Caudales registrados por el Departamento de Agua Potable - Guano*

Mes	Qr [m <sup>3</sup> /mes]	Mes	Qr [m <sup>3</sup> /mes]
ago-21	120 080.00	feb-22	81 890.00
sep-21	122 760.00	mar-22	91 251.00
oct-21	171 204.00	abr-22	63 356.00
nov-21	53 752.00	may-22	68 811.00
dic-21	32 912.00	jun-22	60 052.00
ene-22	110 487.00	jul-22	76 478.00
		<b>Qr total</b>	<b>1'053 033.00</b>

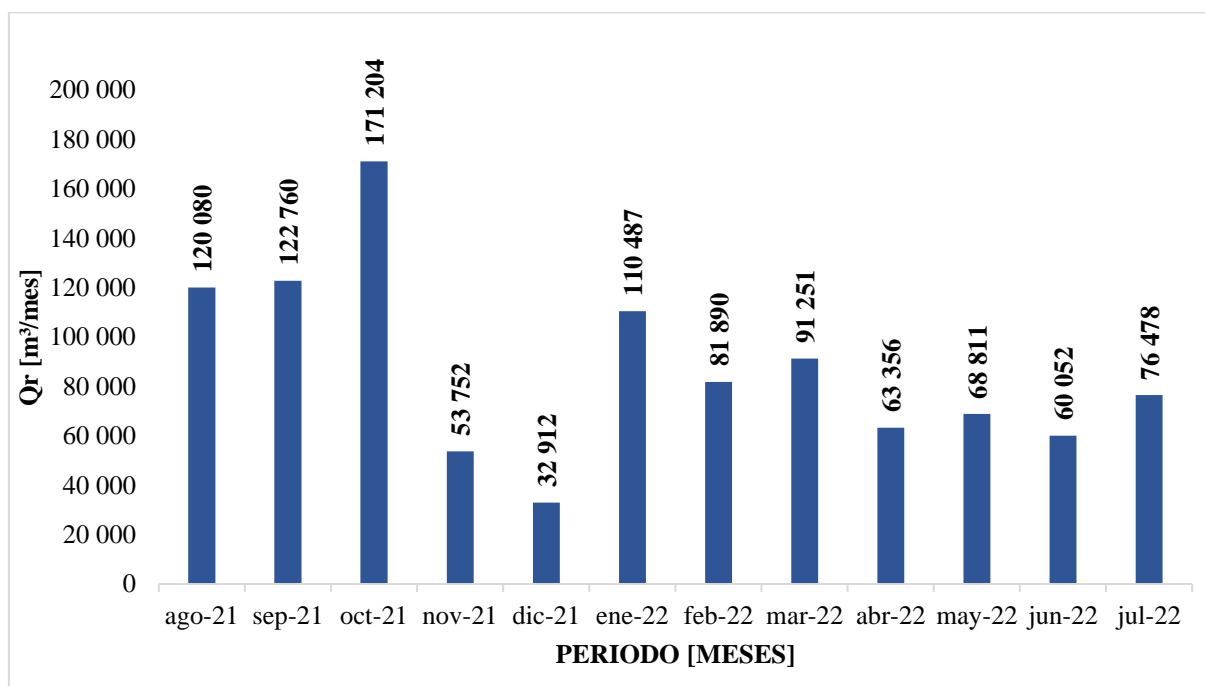
Elaborado por: (Jaramillo & Oleas, 2022)

Como lo ilustra la Figura 12, se puede apreciar que el mes con mayor consumo registrado corresponde a octubre de 2021, mientras que el de menor consumo fue en diciembre del mismo año. Cabe aclarar que en el mes de octubre se registró un consumo atípico de agua, debido a que las lecturas de cada mes, regularmente se realizan en la primera semana del mes siguiente, pero en este caso la toma de datos se trasladó hasta el fin de mes, como consecuencia se obtuvo un valor alto en octubre y un valor bajo en las lecturas de noviembre.

El mes de diciembre registra el consumo más bajo de agua, debido a que la toma de datos corresponde solamente a las últimas tres semanas hasta el 31 de diciembre, donde se realiza el corte anual.

**Figura 12:**

*Caudales registrados Guano periodo agosto 2021 – julio 2022*



Elaborado por: (Jaramillo & Oleas, 2022)

### 3.3.5 Caudales registrados - Chambo

En la Tabla 8, se presentan los caudales mensuales registrados por el Departamento de Agua Potable desde agosto de 2021 a julio de 2022, dando un total de 370 695 m<sup>3</sup>/año.

**Tabla 8:**

*Caudales registrados por el Departamento de Agua Potable - Chambo*

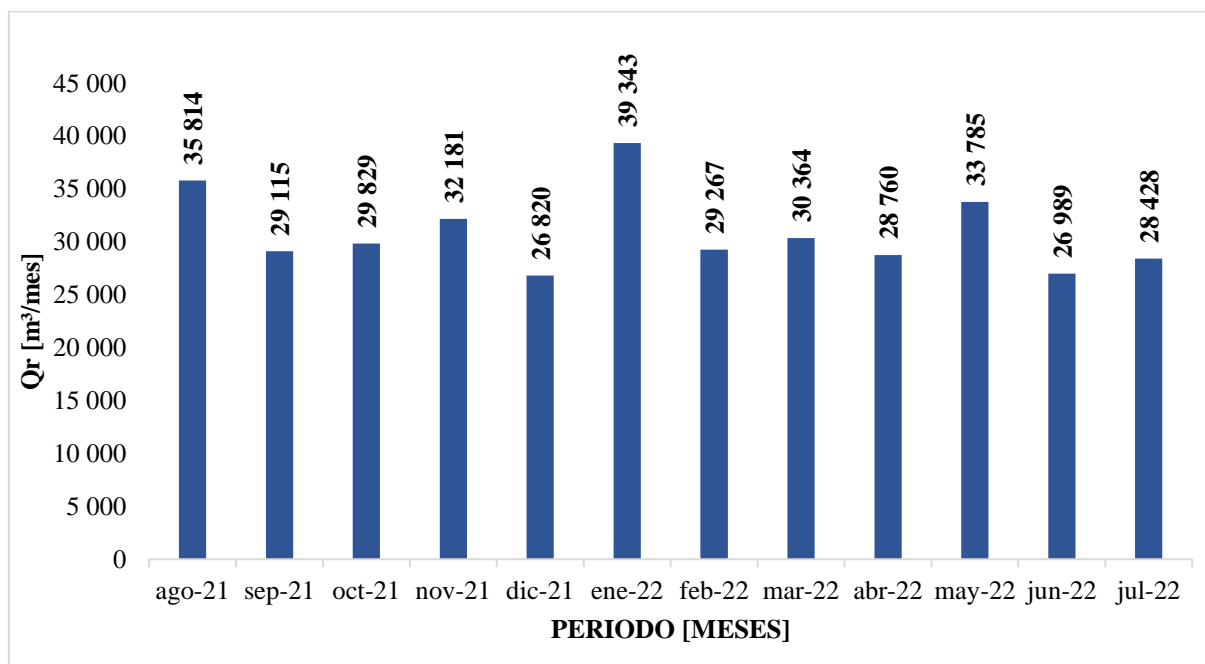
Mes	Qr [m³/mes]	Mes	Qr [m³/mes]
ago-21	35 814.00	feb-22	29 267.00
sep-21	29 115.00	mar-22	30 364.00
oct-21	29 829.00	abr-22	28 760.00
nov-21	32 181.00	may-22	33 785.00
dic-21	26 820.00	jun-22	26 989.00
ene-22	39 343.00	jul-22	28 428.00
		<b>Qr total</b>	<b>370 695.00</b>

Elaborado por: (Jaramillo & Oleas, 2022)

El mes que registra mayor consumo fue enero del 2022 y el de menor recaudación fue diciembre del 2021, según la Figura 13.

**Figura 13:**

*Caudales registrados Chambo periodo agosto 2021 – julio 2022*



**Elaborado por:** (Jaramillo & Oleas, 2022)

### 3.3.6 Caudales no facturados - Guano

En el cantón Guano, la mayor parte de instituciones municipales, de salud, educativas, religiosas, además de cementerios y áreas de recreación, no registran el pago de agua consumida; estos consumos se determinaron en base a información de campo y según la tabla del Anexo 1, “*Dotaciones para edificaciones de uso específico*” proporcionadas por la Norma NEC-11. Los consumos para estas instituciones se detallan en la Tabla 9, Tabla 10, Tabla 11, Tabla 12, Tabla 13, Tabla 14, Tabla 15, Tabla 16 respectivamente y representan el caudal incontrolado consumido (Qic), equivalente a un total de 6 089.85 m<sup>3</sup>/mes, como se muestra en el resumen de la Tabla 16, y cuyos valores no se reflejan en las facturaciones realizadas por el Departamento de Agua Potable.

**Tabla 9:**

*Volúmenes de agua no facturados - Instituciones municipales*

Nombre	Nro.	Unidad	Dotación	Dotación requerida [l/s]	Volumen [m <sup>3</sup> /mes]
Oficinas A.P. Edificio municipal Comisaria	370	l/persona/día	70	0.30	777.00
Escuela Rosario Ricaurte (oficinas Agencia Nacional de Tránsito)					
Cementerio	150	L/visitante/día	4	0.01	18.00
Estadio Timoteo Machado	4 050	L/m <sup>2</sup> /día	2	0.09	243.00

Estadio La Inmaculada	4 050	L/m <sup>2</sup> /día	2	0.09	243.00
Estadio Sta. Teresita	4 050	L/m <sup>2</sup> /día	2	0.09	243.00
Museo Municipal	459	L/visitante/día	5	0.03	68.85
Teatro municipal Homero Avilés	150	L/concurrente/día	7.5	0.01	33.75
Mercado municipal	10	L/puesto/día	300	0.03	90.00
<b>Total</b>					<b>1 716.60</b>

**Elaborado por:** (Jaramillo & Oleas, 2022)

**Tabla 10:**

*Volúmenes de agua no facturados - Instituciones educativas*

Nombre	Nro.	Unidad	Dotación	Dotación requerida [l/s]	Volumen [m <sup>3</sup> /mes]
Escuela Medalla Milagrosa + García Moreno	600	l/persona/día	50	0.35	900.00
Escuela del Milenio	532	l/persona/día	50	0.31	798.00
<b>Total</b>					<b>1 698.00</b>

**Elaborado por:** (Jaramillo & Oleas, 2022)

**Tabla 11:**

*Volúmenes de agua no facturados - Instituciones de salud*

Nombre	Nro.	Unidad	Dotación	Dotación requerida [l/s]	Volumen [m <sup>3</sup> /mes]
Centro gerontológico	97	l/ocupante/día	250	0.28	727.50
Centro de salud Guano	43	l/persona/día	70	0.03	90.30
<b>Total</b>					<b>817.80</b>

**Elaborado por:** (Jaramillo & Oleas, 2022)

**Tabla 12:**

*Volúmenes de agua no facturados - Instituciones de seguridad y emergencias*

Nombre	Nro.	Unidad	Dotación	Dotación requerida [l/s]	Volumen [m <sup>3</sup> /mes]
Bomberos	25	l/persona/día	250	0.07	187.50
GOE	92	l/persona/día	250	0.27	690.00
<b>Total</b>					<b>877.50</b>

**Elaborado por:** (Jaramillo & Oleas, 2022)

**Tabla 13:**

*Volúmenes de agua no facturados – Instituciones religiosas*

Nombre	Nro.	Unidad	Dotación	Dotación requerida [l/s]	Volumen [m <sup>3</sup> /mes]
Iglesia La Inmaculada	50	L/visitante/día	5	0.0029	7.50
Iglesia Nuestra Señora Del Carmen	60	L/visitante/día	5	0.00	9.00

Iglesia El Rosario	45	L/visitante/día	5	0.0026	6.75
Casa religiosa y casa parroquial	4	L/ocupante/día	250	0.01	30.00
				<b>Total</b>	<b>53.25</b>

**Elaborado por:** (Jaramillo & Oleas, 2022)

**Tabla 14:**

*Volúmenes de agua no facturados – Áreas deportivas y de recreación*

Nombre	Área [m <sup>2</sup> ]	Unidad	Dotación	Dotación requerida [l/s]	Volumen [m <sup>3</sup> /mes]
Parque Central	1 359.93	L/m <sup>2</sup> /día	2	0.03	81.60
Parque La Inmaculada	584.63	L/m <sup>2</sup> /día	2	0.01	35.08
Parque Sta. Teresita	633.94	L/m <sup>2</sup> /día	2	0.01	38.04
Parque El Rosario	592.745	L/m <sup>2</sup> /día	2	0.01	35.56
Parque El Batan	4 263.76	L/m <sup>2</sup> /día	2	0.10	255.83
Complejo deportivo los Elenes	6.00	L/persona/día	70	0.00	12.60
				<b>Total</b>	<b>458.70</b>

**Elaborado por:** (Jaramillo & Oleas, 2022)

**Tabla 15:**

*Volúmenes de agua no facturados – Baños públicos*

Nombre	Nro.	Unidad	Dotación	Dotación requerida [l/s]	Volumen [m <sup>3</sup> /mes]
Baños parque central	11	l/mueble sanitario/día	300	0.04	99.00
Baños Sta. Teresita	13	l/mueble sanitario/día	300	0.05	117.00
Baños El Rosario	14	l/mueble sanitario/día	300	0.05	126.00
Baños parque El Batan	14	l/mueble sanitario/día	300	0.05	126.00
				<b>Total</b>	<b>468.00</b>

**Elaborado por:** (Jaramillo & Oleas, 2022)

**Tabla 16:**

*Volúmenes de agua no facturados por categoría - Guano*

Categoría	Volumen [m <sup>3</sup> /mes]
Instituciones municipales	1 716.60
Instituciones educativas	1 698.00
Instituciones de salud	817.80
Instituciones de seguridad y emergencias	877.50
Instituciones religiosas	53.25
Áreas deportivas y de recreación	458.70
Baños públicos	468.00
<b>Total</b>	<b>6 089.85</b>

**Elaborado por:** (Jaramillo & Oleas, 2022)

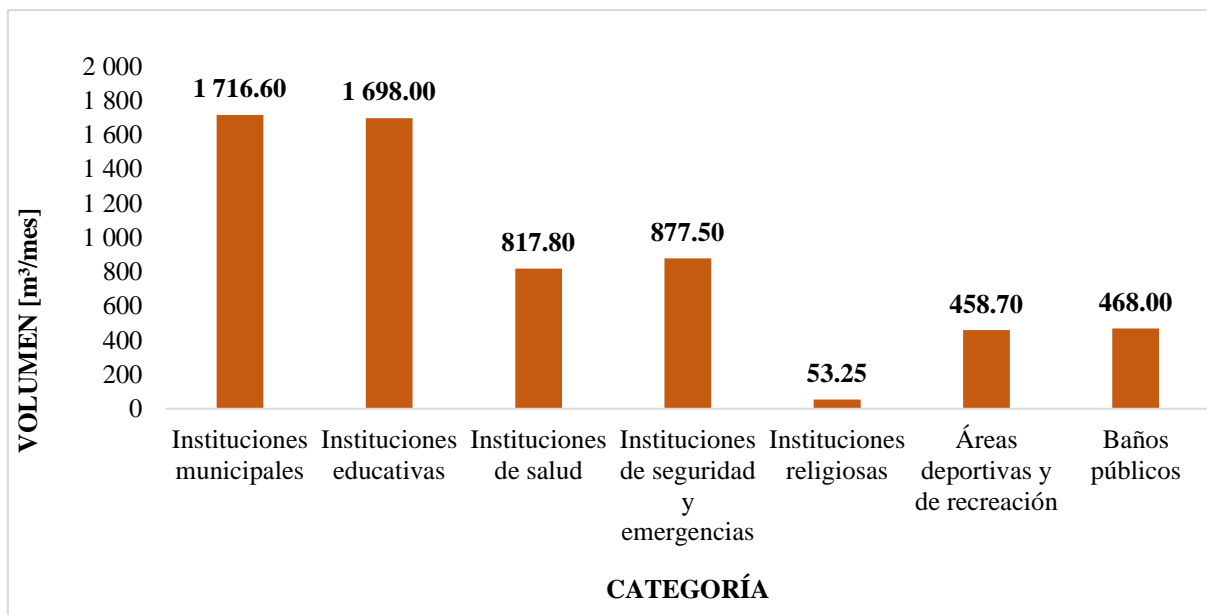
La Figura 14 ilustra las entidades y áreas de las cuales no se lleva un registro del consumo de agua, siendo las instituciones municipales las que presentan un mayor volumen de consumo no registrado, estimándose un total de 1 716.60 m<sup>3</sup>/mes. Para el riego de parques



y estadios, se emplea parte del agua potable, influyendo en el incremento del caudal incontrolado consumido.

**Figura 14:**

*Volúmenes de agua no facturados por categoría - Guano*



**Elaborado por:** (Jaramillo & Oleas, 2022)

### 3.3.7 Caudales no facturados - Chambo

En el cantón Chambo tanto la mayoría de instituciones públicas y privadas realizan regularmente el pago del agua consumida, a excepción del municipio, cementerio, mercado y áreas recreativas, cuyos consumos se detallan en la Tabla 17, Tabla 18, Tabla 19 respectivamente y representan un consumo de 1 318.36 m<sup>3</sup>/mes, según la Tabla 20.

**Tabla 17:**

*Volúmenes de agua no facturados – Instituciones municipales*

Nombre	Nro.	Unidad	Dotación	Dotación requerida [l/s]	Volumen [m <sup>3</sup> /mes]
Oficinas A.P. Edificio municipal Comisaria	197	l/persona/día	70	0.16	413.70
Cementerio	80	l/visitante/día	4	0.004	9.60
Mercado municipal	32	l/puesto/día	300	0.11	288.00
<b>Total</b>					<b>711.30</b>

**Elaborado por:** (Jaramillo & Oleas, 2022)

**Tabla 18:***Volúmenes de agua no facturados – Áreas deportivas y de recreación*

Nombre	Área [m <sup>2</sup> ]	Unidad	Dotación	Dotación requerida [l/s]	Volumen [m <sup>3</sup> /mes]
Parque Central	1 365.28	L/m <sup>2</sup> /día	2	0.03	81.92
Parque Cuba	1 492.44	L/m <sup>2</sup> /día	2	0.03	89.55
Parque San Juan	1 517.26	L/m <sup>2</sup> /día	2	0.04	91.04
Parque La Familia	2 866.175	L/m <sup>2</sup> /día	2	0.07	171.97
Parque El Paraíso	648.57	L/m <sup>2</sup> /día	2	0.02	38.91
Parque El Carmen	1 477.95	L/m <sup>2</sup> /día	2	0.03	88.68
<b>Total</b>					<b>562.06</b>

**Elaborado por:** (Jaramillo & Oleas, 2022)**Tabla 19:***Volúmenes de agua no facturados – Baños públicos*

Nombre	Nro.	Unidad	Dotación	Dotación requerida [l/s]	Volumen [m <sup>3</sup> /mes]
Baño central	5	l/mueble sanitario/día	300	0.02	45.00
<b>Total</b>					<b>45.00</b>

**Elaborado por:** (Jaramillo & Oleas, 2022)**Tabla 20:***Volúmenes de agua no facturados por categoría - Chambo*

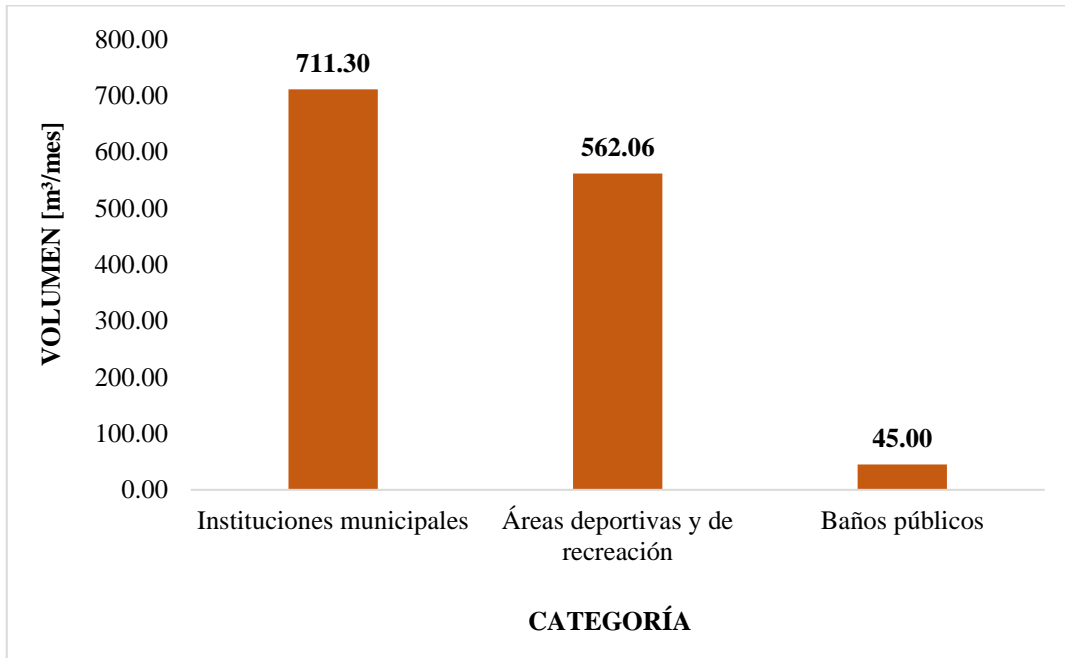
Categoría	Volumen [m <sup>3</sup> /mes]
Instituciones municipales	711.30
Áreas deportivas y de recreación	562.06
Baños públicos	45.00
<b>Total</b>	<b>1 318.36</b>

**Elaborado por:** (Jaramillo & Oleas, 2022)

En Chambo, el mayor consumo no registrado se da en las instituciones municipales que presentan un consumo mensual aproximado de 711.30 m<sup>3</sup>/mes, como se observa en la Figura 15, seguido de las áreas deportivas y de recreación con un volumen mensual de 562.06 m<sup>3</sup>/mes y cuyo mantenimiento depende del GADM del cantón.

**Figura 15:**

*Volúmenes de agua no facturados por categoría - Chambo*



Elaborado por: (Jaramillo & Oleas, 2022)

### 3.4 Rendimientos hídricos porcentuales de la red

Son indicadores que permiten determinar la eficiencia hídrica del sistema y de una red de agua potable.

**Rendimiento global del sistema** ( $\eta_g$ ), relaciona el volumen registrado con el volumen total inyectado, es decir:

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

Donde:

$\eta_g$  = Rendimiento global del sistema

$Q_r$  = Caudal registrado

$Q$  = Caudal inyectado

**Rendimiento de la red** ( $\eta_r$ ), relación entre el caudal suministrado a los usuarios y el caudal que se inyecta al sistema.

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

Donde:

$\eta_r$  = Rendimiento de la red

$Q_s$  = Caudal suministrado

$Q$  = Caudal inyectado

En función del rendimiento global del sistema, la calidad de gestión puede ser definida según los siguientes rangos establecidos según Cabrera et al., (1999), como se describe en la Tabla 21.

**Tabla 21:**

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

<b>Rango</b>	<b>Calificación</b>
$\eta_g > 0.9$	Excelente
$0.8 < \eta_g < 0.9$	Muy bueno
$0.7 < \eta_g < 0.8$	Bueno
$0.6 < \eta_g < 0.7$	Regular
$0.5 < \eta_g < 0.6$	Malo
$0.5 < \eta_g$	Inaceptable

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

### 3.5 Visitas de campo

Se realizaron visitas de campo para observar el proceso de operación y mantenimiento de los sistemas de agua potable con el fin de registrar los problemas más frecuentes presentados en las redes analizadas.

### 3.6 Desarrollo de mapas de afectación de los cantones Guano y Chambo

En base a los resultados del balance hídrico técnico aplicado en las zonas de estudio, se digitalizó esta información mediante el software ArcGIS, en el cual se representó los caudales fugados y rendimientos de cada red en un mapa de afectación representado mediante una escala de colores: el color verde representa la zona menos afectada, amarillo la zona de mediana afectación, y en rojo la zona más crítica. Además, mediante puntos, se representaron las fallas y problemas de fugas encontrados el sistema de distribución de agua potable hasta julio de 2022.

## 4 CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 RESULTADOS

#### 4.1.1 Balance hídrico técnico general – Guano

En la Tabla 22, se presenta el balance hídrico general para la ciudad de Guano donde se relacionan el caudal inyectado (Q), con valores de caudal registrado (Qr) y caudal incontrolado (Qi), además del caudal incontrolado consumido (Qic), a partir de lo cual se obtuvo un caudal incontrolado fugado (Qif) de 1'162 355.23 m<sup>3</sup>/año, determinando además un porcentaje promedio de agua fugada en el sistema de 50.79 % en todo el periodo.

**Tabla 22:**

*Balance hídrico general - Guano*

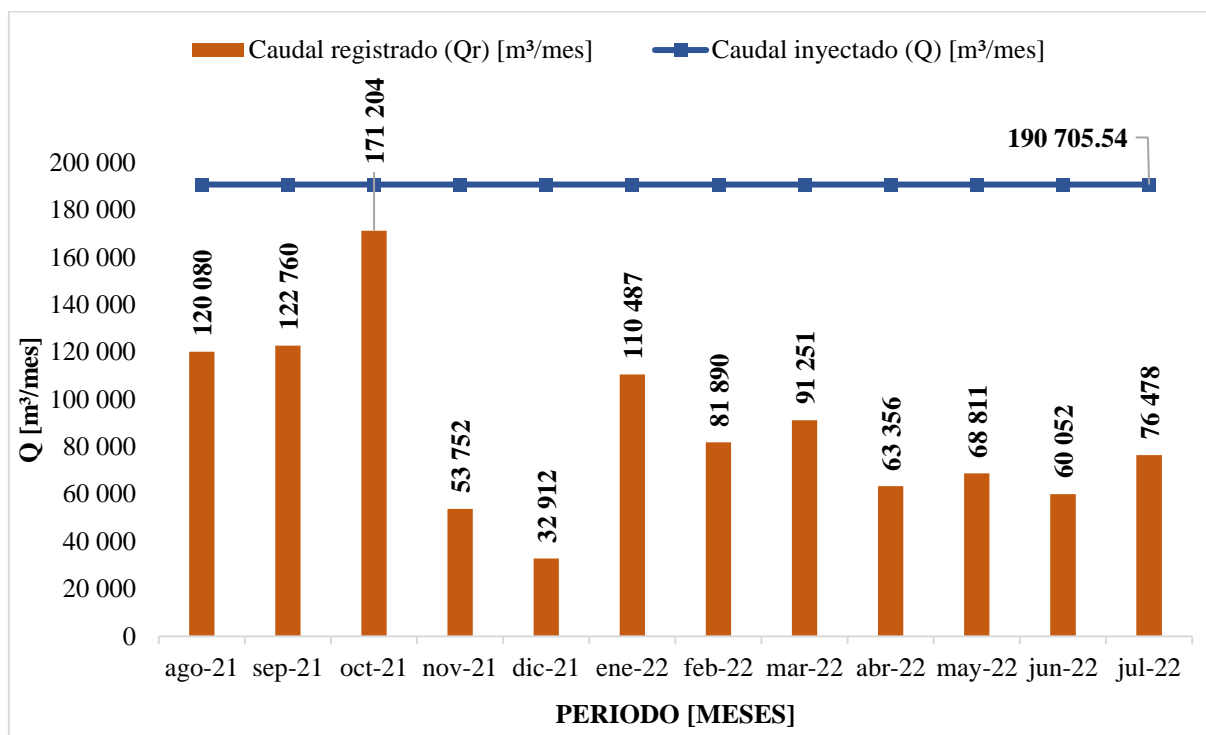
Mes	Q [m <sup>3</sup> /mes]	Qr [m <sup>3</sup> /mes]	Qi [m <sup>3</sup> /mes]	Qic [m <sup>3</sup> /mes]	Qif [m <sup>3</sup> /mes]	Qif [%]
ago-21	190 705.54	120 080.00	70 625.54	6 089.85	64 535.69	34%
sep-21	190 705.54	122 760.00	67 945.54	6 089.85	61 855.69	32%
oct-21	190 705.54	171 204.00	19 501.54	6 089.85	13 411.69	7%
nov-21	190 705.54	53 752.00	136 953.54	6 089.85	130 863.69	69%
dic-21	190 705.54	32 912.00	157 793.54	6 089.85	151 703.69	80%
ene-22	190 705.54	110 487.00	80 218.54	6 089.85	74 128.69	39%
feb-22	190 705.54	81 890.00	108 815.54	6 089.85	102 725.69	54%
mar-22	190 705.54	91 251.00	99 454.54	6 089.85	93 364.69	49%
abr-22	190 705.54	63 356.00	127 349.54	6 089.85	121 259.69	64%
may-22	190 705.54	68 811.00	121 894.54	6 089.85	115 804.69	61%
jun-22	190 705.54	60 052.00	130 653.54	6 089.85	124 563.69	65%
jul-22	190 705.54	76 478.00	114 227.54	6 089.85	108 137.69	57%
<b>Total</b>	<b>2'288 466.43</b>	<b>1'053 033.00</b>	<b>1'235 433.43</b>	<b>73 078.20</b>	<b>1'162 355.23</b>	<b>Promedio = 50.79%</b>

**Elaborado por:** (Jaramillo & Oleas, 2022)

En la Figura 16 se aprecia que el caudal inyectado es de 190 705.54 m<sup>3</sup>/mes, es constante para todos los meses, ya que la medición se obtuvo solo del mes de julio de 2022, debiendo asumir mismo valor para todo el periodo de análisis, debido a que no existían mediciones previas.

**Figura 16:**

*Comparativo caudal inyectado vs caudal registrado - Guano*



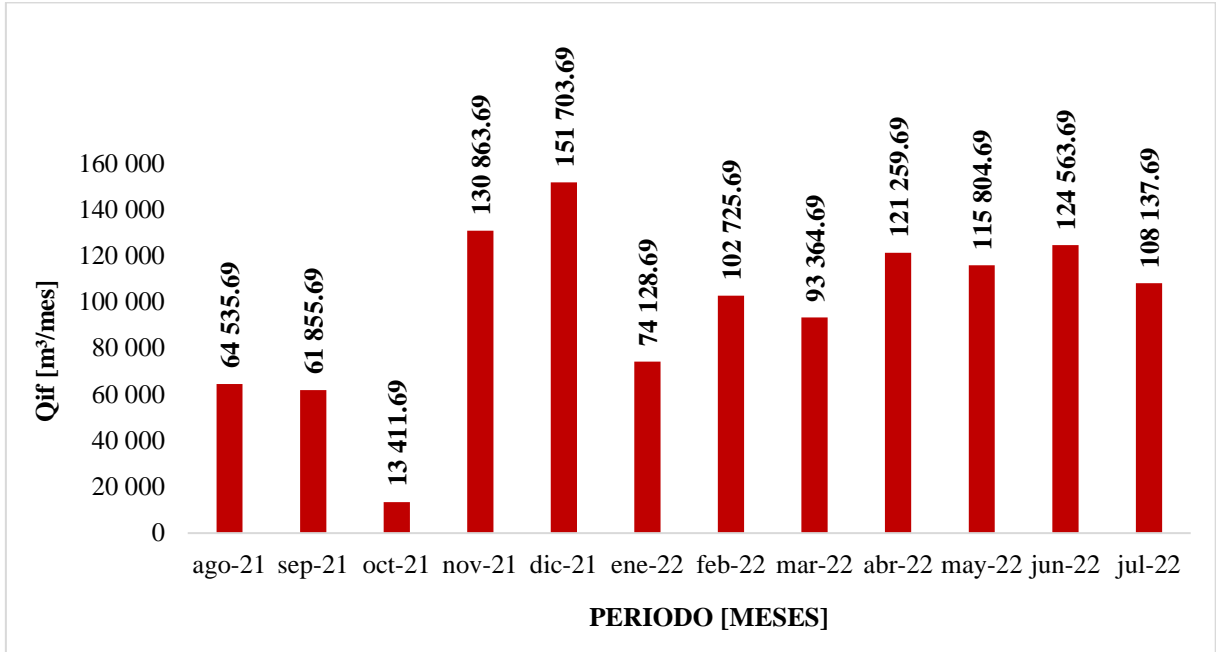
**Elaborado por:** (Jaramillo & Oleas, 2022)

En la Figura 17 se puede apreciar que la mayor parte del caudal incontrolado del mes de octubre, se registró en el mes de noviembre, causando una irregularidad en comparación con los meses anteriores.

El mes de diciembre registra el caudal incontrolado fugado más alto, debido que se tuvo un bajo caudal registrado en este mes, ya que el cierre del sistema se realiza hasta el 31 de diciembre, sin embargo, el corte del mes noviembre se lo hace en la primera semana de diciembre.

**Figura 17:**

*Caudal incontrolado fugado - Guano*

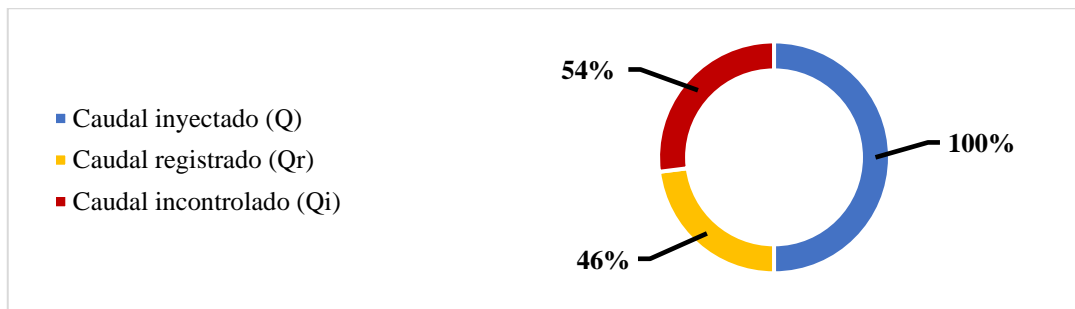


**Elaborado por:** (Jaramillo & Oleas, 2022)

En la Figura 18 se observa que del 100% del caudal inyectado anual, únicamente se registra un 46%, mientras que el 54% de agua del SDAP se fuga.

**Figura 18:**

*Volúmenes anuales de abastecimiento*



**Elaborado por:** (Jaramillo & Oleas, 2022)

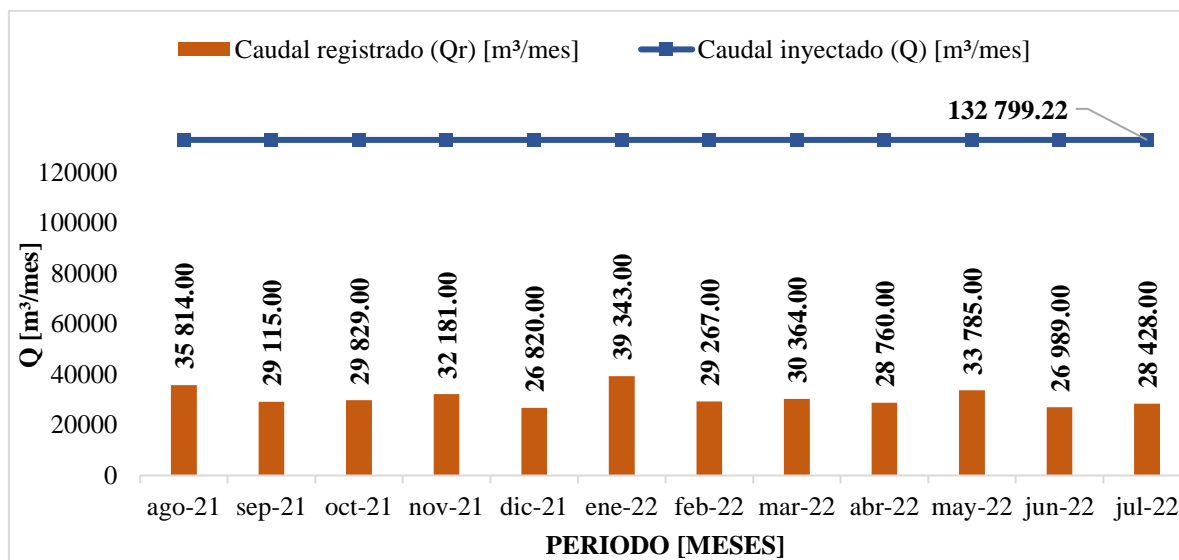
#### 4.1.2 Balance hídrico general – Chambo

En la Tabla 23 se presenta el balance hídrico técnico general del cantón Chambo, donde se obtuvo un Qif de 1'207 075.31 m³/año, así mismo el porcentaje promedio de agua fugada en el sistema fue de 75.75 %, y como se visualiza en la Figura 19 el valor de agua fugada en este cantón es superior en un 24.96 % al de Guano.

**Tabla 23:***Balance hídrico general – Chambo*

Mes	Q [m <sup>3</sup> /mes]	Qr [m <sup>3</sup> /mes]	Qi [m <sup>3</sup> /mes]	Qic [m <sup>3</sup> /mes]	Qif [m <sup>3</sup> /mes]	Qif [%]
ago-21	132 799.22	35 814.00	96 985.22	1 318.36	95 666.86	72%
sep-21	132 799.22	29 115.00	103 684.22	1 318.36	102 365.86	77%
oct-21	132 799.22	29 829.00	102 970.22	1 318.36	101 651.86	77%
nov-21	132 799.22	32 181.00	100 618.22	1 318.36	99 299.86	75%
dic-21	132 799.22	26 820.00	105 979.22	1 318.36	104 660.86	79%
ene-22	132 799.22	39 343.00	93 456.22	1 318.36	92 137.86	69%
feb-22	132 799.22	29 267.00	103 532.22	1 318.36	102 213.86	77%
mar-22	132 799.22	30 364.00	102 435.22	1 318.36	101 116.86	76%
abr-22	132 799.22	28 760.00	104 039.22	1 318.36	102 720.86	77%
may-22	132 799.22	33 785.00	99 014.22	1 318.36	97 695.86	74%
jun-22	132 799.22	26 989.00	105 810.22	1 318.36	104 491.86	79%
jul-22	132 799.22	28 428.00	104 371.22	1 318.36	103 052.86	78%
<b>Total</b>	<b>1'593 590.63</b>	<b>370 695.00</b>	<b>1'222 895.63</b>	<b>15 820.32</b>	<b>1'207 075.31</b>	<b>Promedio = 75.75%</b>

Elaborado por: (Jaramillo &amp; Oleas, 2022)

**Figura 19:***Comparativo caudal inyectado vs caudal registrado – Chambo*

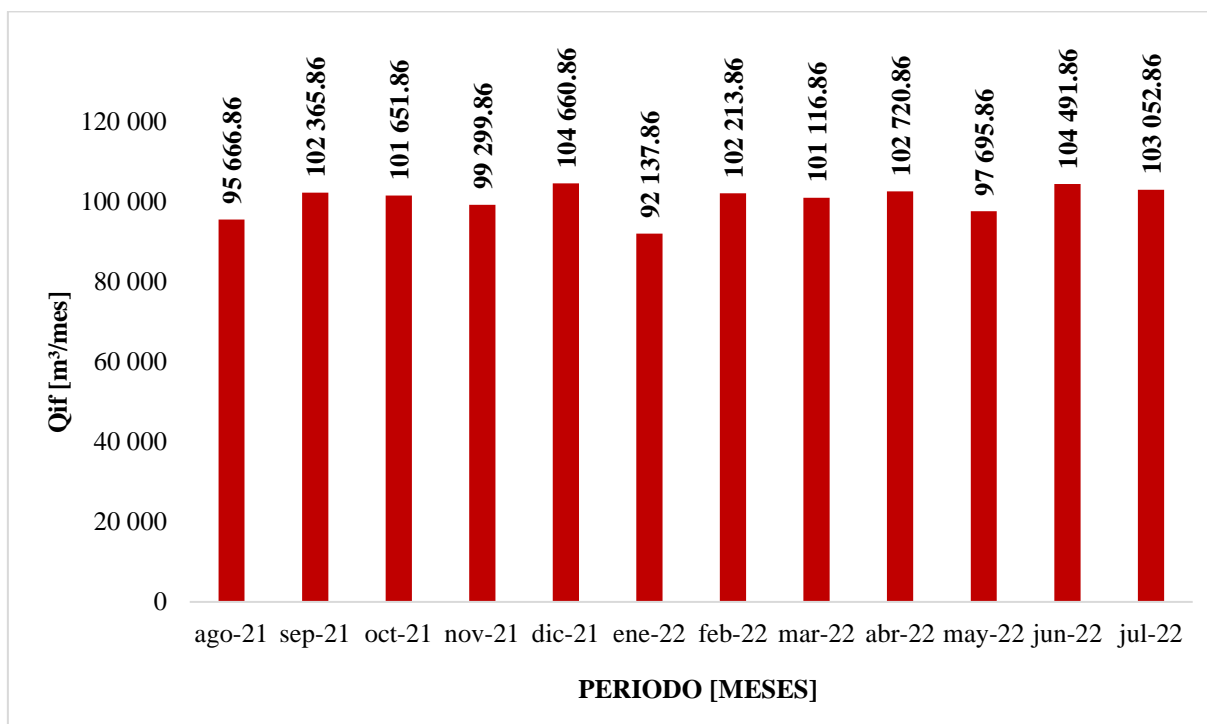
Elaborado por: (Jaramillo &amp; Oleas, 2022)

A diferencia del cantón Guano se puede observar en la Figura 20 que el caudal incontrolado fugado mantiene un patrón regular elevado, lo cual demuestra que el sistema no ha sido intervenido con el fin de controlar el porcentaje de fugas durante el periodo de análisis.



**Figura 20:**

*Caudal incontrolado fugado – Chambo*

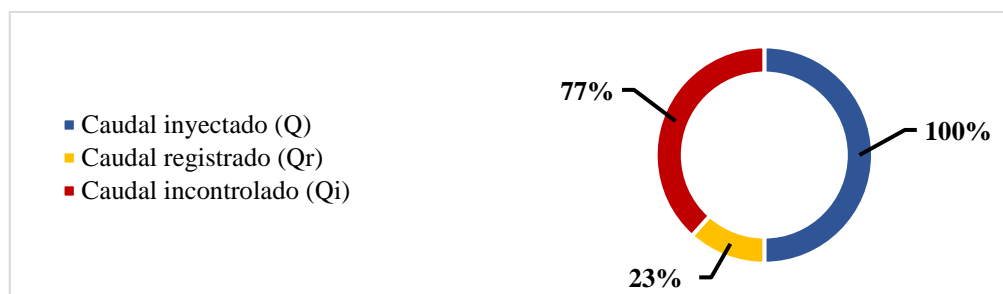


**Elaborado por:** (Jaramillo & Oleas, 2022)

La Figura 21 muestra que del 100% del caudal inyectado anual, el Departamento de Agua Potable del cantón Chambo únicamente registró el 23.26 %, mientras que el 76.74% de agua que entra al SDAP se fuga; demostrando poco control en la gestión del servicio y justificando la implementación de un Plan Maestro, cuya ejecución inició con trabajos de alcantarillado a inicios de 2022 y que está próximo a dar paso a las actividades de mejora del sistema de agua potable. Esta información ha sido recopilada hasta julio de 2022.

**Figura 21:**

*Volúmenes anuales de abastecimiento - Chambo*



**Elaborado por:** (Jaramillo & Oleas, 2022)

### 4.1.3 Rendimiento volumétrico general – Guano

Se obtuvo un rendimiento global del sistema ( $\eta_g$ ) de 46.01%, como se muestra en la Tabla 24, y al compararlo con los valores de rendimiento propuestos por Cabrera et al., (1999), presentados en la Tabla 21, éste se califica como “Inaceptable”.

**Tabla 24:**

*Rendimiento volumétrico general - Guano*

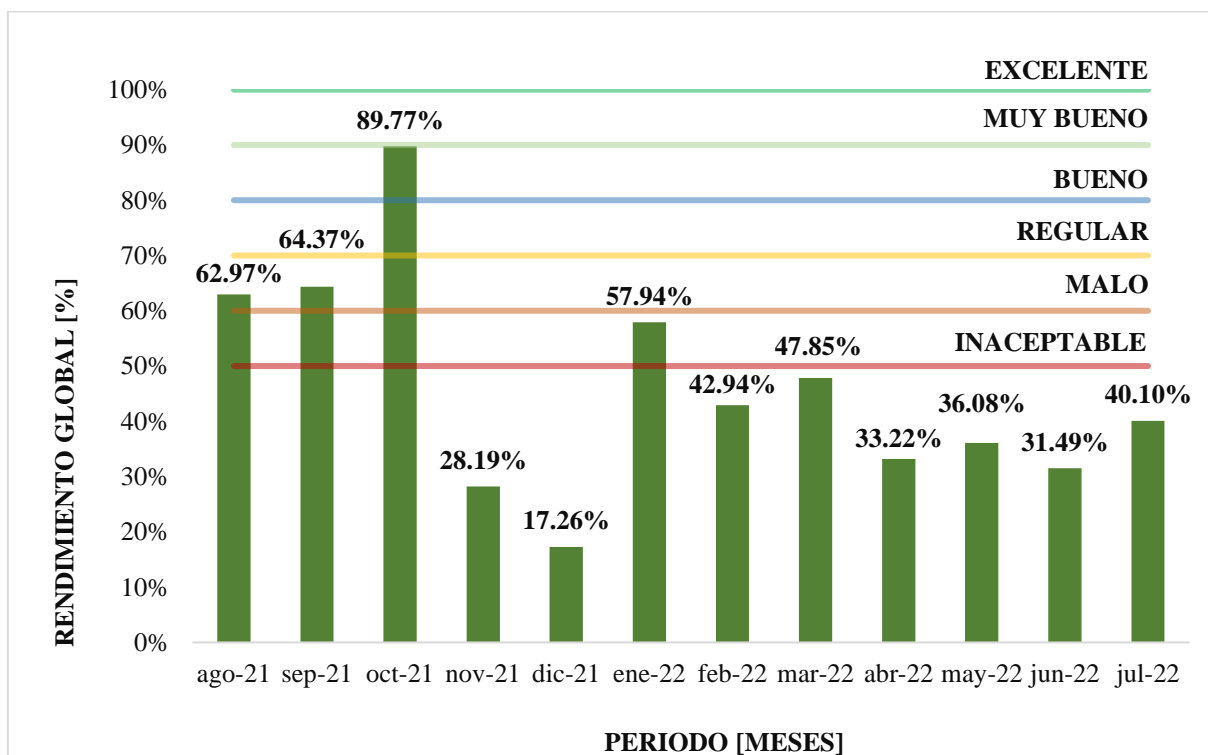
Mes	Rendimiento global del sistema ( $\eta_g$ )	Rendimiento de la red	Rendimiento de la medición
ago-21	62.97%	66.16%	95.17%
sep-21	64.37%	67.56%	95.27%
oct-21	89.77%	92.97%	96.57%
nov-21	28.19%	31.38%	89.82%
dic-21	17.26%	20.45%	84.39%
ene-22	57.94%	61.13%	94.78%
feb-22	42.94%	46.13%	93.08%
mar-22	47.85%	51.04%	93.74%
abr-22	33.22%	36.42%	91.23%
may-22	36.08%	39.28%	91.87%
jun-22	31.49%	34.68%	90.79%
jul-22	40.10%	43.30%	92.62%
<b>Promedio</b>	<b>46.01%</b>	<b>49.21%</b>	<b>92.44%</b>

**Elaborado por:** (Jaramillo & Oleas, 2022)

En la Figura 22 se ilustran los rendimientos ( $\eta_g$ ) mensuales, y se puede apreciar un pico de rendimiento en el mes de octubre, como consecuencia de un desfase en las mediciones, causando una irregularidad en el patrón de rendimientos de octubre y noviembre.

**Figura 22:**

*Rendimiento global del sistema - Guano*



Elaborado por: (Jaramillo & Oleas, 2022)

#### 4.1.4 Rendimiento volumétrico general – Chambo

Debido a que más de la mitad del volumen inyectado al sistema se fuga, se obtuvo un valor de rendimiento promedio anual de 23,26%, como se aprecia en la Tabla 25, y que, al evaluarlo bajo parámetros por Cabrera et al., (1999), da como resultado una valoración de “Inaceptable”.

**Tabla 25:**

*Rendimiento volumétrico general – Chambo*

Mes	Rendimiento global del sistema ( $\eta$ g)	Rendimiento de la red	Rendimiento de la medición
ago-21	26.97%	27.96%	96.45%
sep-21	21.92%	22.92%	95.67%
oct-21	22.46%	23.45%	95.77%
nov-21	24.23%	25.23%	96.06%
dic-21	20.20%	21.19%	95.31%
ene-22	29.63%	30.62%	96.76%
feb-22	22.04%	23.03%	95.69%
mar-22	22.86%	23.86%	95.84%
abr-22	21.66%	22.65%	95.62%
may-22	25.44%	26.43%	96.24%
jun-22	20.32%	21.32%	95.34%

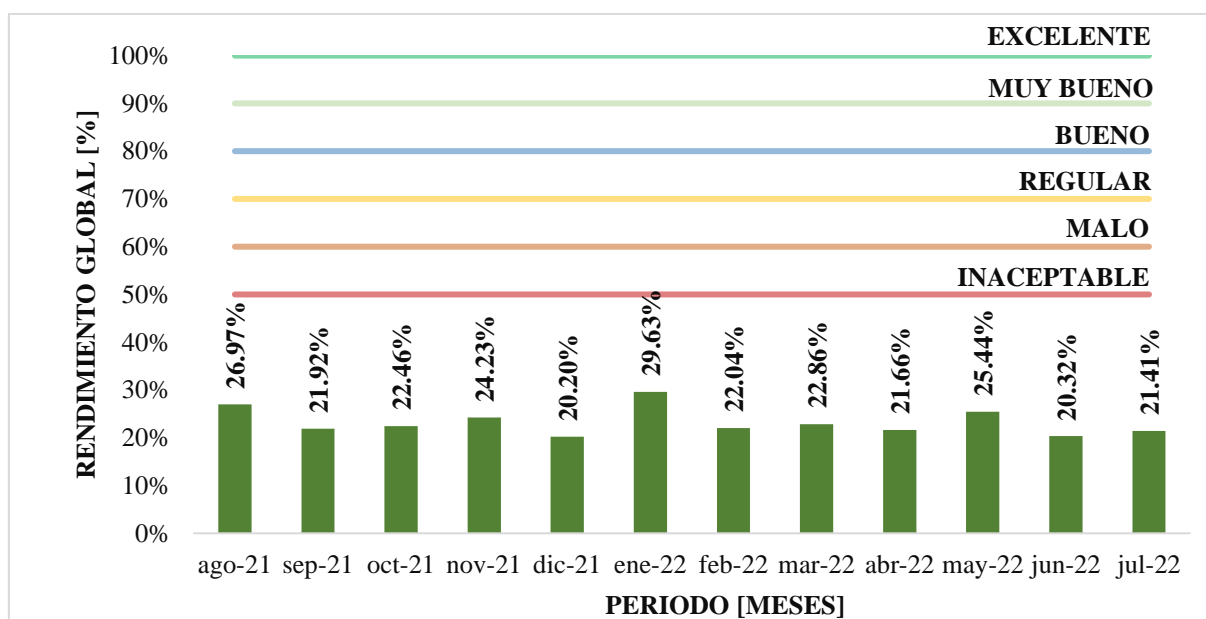
jul-22	21.41%	22.40%	95.57%
<b>Total 12 meses</b>	<b>23.26%</b>	<b>24.25%</b>	<b>95.86%</b>

Elaborado por: (Jaramillo & Oleas, 2022)

La Figura 23, representa el comportamiento del sistema de forma mensual, donde claramente se observa que durante el periodo de análisis el rendimiento del sistema es sumamente bajo, encontrándose en el rango de “Inaceptable” en todos los meses.

**Figura 23:**

*Rendimiento global del sistema – Chambo*



Elaborado por: (Jaramillo & Oleas, 2022)

#### 4.1.5 Balance hídrico y rendimiento por red de distribución – Guano

La red “La Inmaculada” muestra un caudal inyectado anual de 537 166.08 m<sup>3</sup>/año, resultado de la toma de datos en campo. El balance hídrico da como resultado un caudal incontrolado fugado de 273 291.03 m<sup>3</sup>/año, que en porcentaje representa el 50,88%, teniendo como resultado final un rendimiento de la red de 48.89%, como se observa en la Tabla 26.

**Tabla 26:**

*Balance hídrico – La Inmaculada*

Balance agosto 2021 - Julio 2022	[m <sup>3</sup> /año]	[l/s]
Caudal inyectado (Q)	537 166.08	17.27
Caudal registrado (Qr)	262 597.56	8.44
Caudal incontrolado (Qi)	274 568.52	8.83
Caudal incontrolado consumido (Qic)	1 277.49	0.04
Caudal incontrolado fugado (Qif)	273 291.03	8.79
Caudal incontrolado fugado	50.88	%
Rendimiento	48.89	%

Elaborado por: (Jaramillo & Oleas, 2022)

En la Tabla 27, se puede notar que la red “Barrios Altos” presenta un caudal inyectado anual de 374 730.62 m<sup>3</sup>/año, en cambio se tiene un caudal Q<sub>if</sub> de 152 388.21 m<sup>3</sup>/año, que en porcentaje representa el 40.67%, teniendo como resultado final un rendimiento de la red de 58.83%.

**Tabla 27:**

*Balance hídrico – Barrios Altos*

<b>Balance agosto 2021 - Julio 2022</b>	<b>[m<sup>3</sup>/año]</b>	<b>[l/s]</b>
Caudal inyectado (Q)	374 730.62	12.05
Caudal registrado (Q <sub>r</sub> )	220 438.91	7.09
Caudal incontrolado (Q <sub>i</sub> )	154 291.71	4.96
Caudal incontrolado consumido (Q <sub>ic</sub> )	1 903.50	0.06
Caudal incontrolado fugado (Q <sub>if</sub> )	152 388.21	4.90
Caudal incontrolado fugado	40.67	%
Rendimiento	58.83	%

**Elaborado por:** (Jaramillo & Oleas, 2022)

En la Tabla 28, se aprecia que la red “Lluishi” presenta un caudal inyectado anual de 1’376 569.73 m<sup>3</sup>/año, a la vez que se tiene un Q<sub>if</sub> de 809 401.34 m<sup>3</sup>/año, que en porcentaje representa el 58.80%, teniendo como resultado un rendimiento de la red de 40.99%. Se debe aclarar que esta red es la que presenta el mayor caudal inyectado de las tres redes.

**Tabla 28:**

*Balance hídrico – Lluishi*

<b>Balance agosto 2021 - Julio 2022</b>	<b>[m<sup>3</sup>/año]</b>	<b>[l/s]</b>
Caudal inyectado (Q)	1’376 569.73	44.26
Caudal registrado (Q <sub>r</sub> )	564 259.53	18.14
Caudal incontrolado (Q <sub>i</sub> )	812 310.20	26.12
Caudal incontrolado consumido (Q <sub>ic</sub> )	2 908.86	0.09
Caudal incontrolado fugado (Q <sub>if</sub> )	809 401.34	26.02
Caudal incontrolado fugado	58.80	%
Rendimiento	40.99	%

**Elaborado por:** (Jaramillo & Oleas, 2022)

En la Tabla 29, se presenta la calificación asignada a las tres redes analizadas, según los parámetros de valoración propuestas por Cabrera et al., (1999), donde la calidad de gestión de la red “La Inmaculada” y “Lluishi”, tienen una valoración de “Inaceptable”, mientras que a la red “Barrios Altos” se le califica como “Malo”.

**Tabla 29:**

*Calificación de la gestión de cada red basada en su rendimiento - Guano*

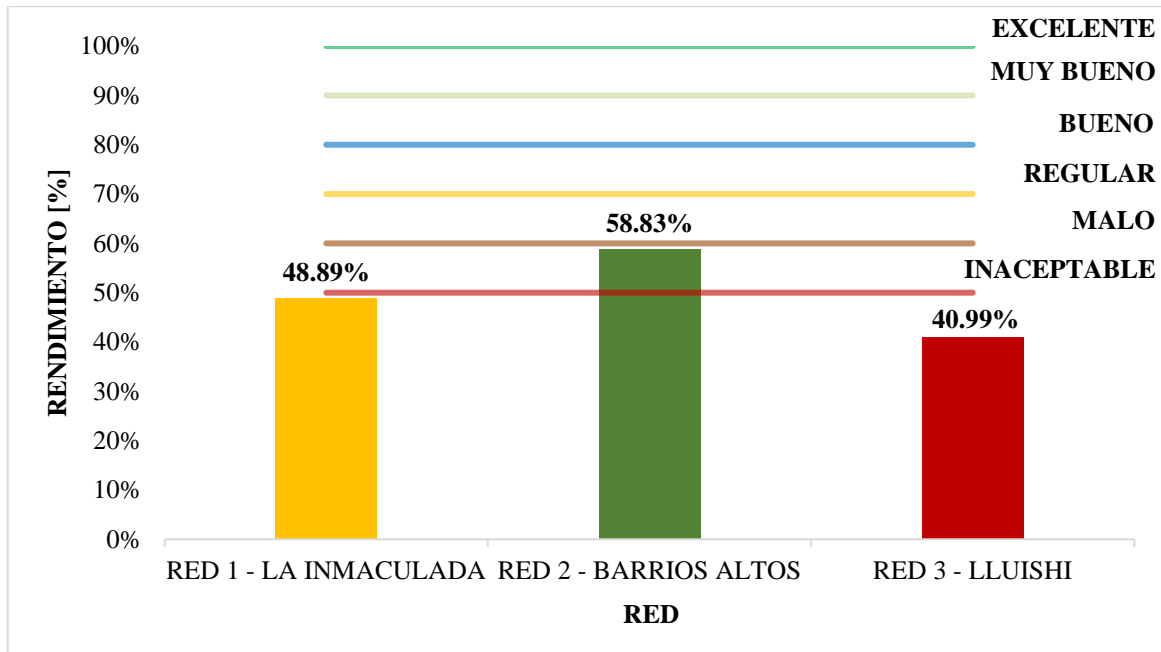
<b>Red</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Rango</b>	<b>Calificación</b>
La Inmaculada	48.89	0.5 < $\eta_g$	Inaceptable
Barrios Altos	58.83	0.5 < $\eta_g$ < 0.6	Malo

Elaborado por: (Jaramillo & Oleas, 2022)

A manera de comparación en la Figura 24 se aprecia que la red con mejor rendimiento es la de “Barrios Altos”, mientras que la red con el rendimiento más crítico corresponde a la red de “Lluishi”; estos rendimientos son resultado de los altos porcentajes de caudal incontrolado fugado, como se ilustra en la Figura 25.

**Figura 24:**

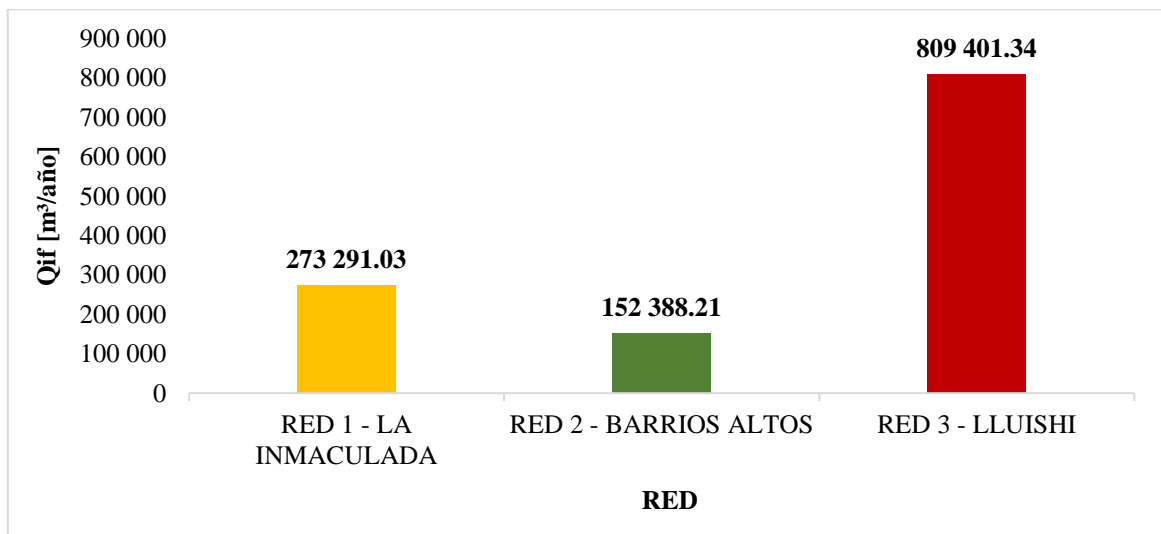
*Rendimiento por red - Guano*



Elaborado por: (Jaramillo & Oleas, 2022)

**Figura 25:**

*Caudal incontrolado fugado por red – Guano*



Elaborado por: (Jaramillo & Oleas, 2022)

#### 4.1.6 Balance hídrico y rendimiento por red de distribución – Chambo

En la Tabla 30, se presentan los resultados del balance hídrico de la “Red 1”, en donde se destaca un Qif de 604 861.53 m<sup>3</sup>/año, que en porcentaje equivale al 85.28%, además se determinó un rendimiento de 14.41%. Así mismo, en la Tabla 31, correspondiente a la “Red 2”, del balance hídrico se obtuvo un Qif de 207 602.57 m<sup>3</sup>/año, equivalente al 61.32% y con un rendimiento de 37.62%. Finalmente, en la Tabla 32, perteneciente a la “Red 3”, se obtuvo un Qif igual a 394 611.21 m<sup>3</sup>/año, equivalente al 72.30% y que tiene un rendimiento del 25.85%.

**Tabla 30:**

*Balance hídrico Red 1*

<b>Balance agosto 2021 - Julio 2022</b>	<b>[m<sup>3</sup>/año]</b>	<b>[l/s]</b>
Caudal inyectado (Q)	709 264.51	22.80
Caudal registrado (Qr)	102 236.00	3.29
Caudal incontrolado (Qi)	607 028.51	19.52
Caudal incontrolado consumido (Qic)	2 166.98	0.07
Caudal incontrolado fugado (Qif)	604 861.53	19.45
Caudal incontrolado fugado	85.28	%
Rendimiento	14.41	%

**Elaborado por:** (Jaramillo & Oleas, 2022)

**Tabla 31:**

*Balance hídrico Red 2*

<b>Balance agosto 2021-Julio 2022</b>	<b>[m<sup>3</sup>/año]</b>	<b>[l/s]</b>
Caudal inyectado (Q)	338 546.30	10.88
Caudal registrado (Qr)	127 349.00	4.09
Caudal incontrolado (Qi)	211 197.30	6.79
Caudal incontrolado consumido (Qic)	3 594.74	0.12
Caudal incontrolado fugado (Qif)	207 602.57	6.67
Caudal incontrolado fugado	61.32	%
Rendimiento	37.62	%

**Elaborado por:** (Jaramillo & Oleas, 2022)

**Tabla 32:**

*Balance hídrico Red 3*

<b>Balance agosto 2021-Julio 2022</b>	<b>[m<sup>3</sup>/año]</b>	<b>[l/s]</b>
Caudal inyectado (Q)	545 779.81	17.55
Caudal registrado (Qr)	141 110.00	4.54
Caudal incontrolado (Qi)	404 669.81	13.01
Caudal incontrolado consumido (Qic)	10 058.60	0.32
Caudal incontrolado fugado (Qif)	394 611.21	12.69
Caudal incontrolado fugado	72.30	%
Rendimiento	25.85	%

**Elaborado por:** (Jaramillo & Oleas, 2022)

Gracias a los resultados obtenidos del análisis, se determinó según los parámetros de Cabrera et al., (1999), que las tres redes pertenecientes al cantón Chambo, obtienen una calificación de calidad de gestión de “Inaceptable”, como se presenta en la Tabla 33.

**Tabla 33:**

*Calificación de la gestión de cada red basada en su rendimiento – Chambo*

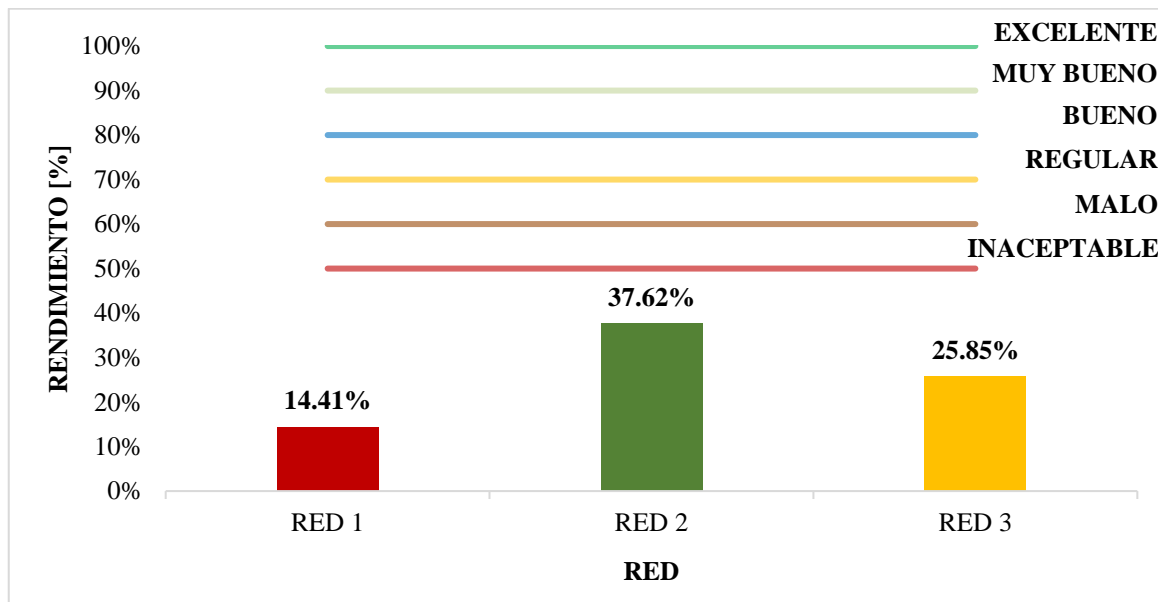
Red	Rendimiento	Rango	Calificación
Red 1	14.41	$0.5 < \eta_g$	Inaceptable
Red 2	37.62	$0.5 < \eta_g$	Inaceptable
Red 3	25.85	$0.5 < \eta_g$	Inaceptable

**Elaborado por:** (Jaramillo & Oleas, 2022)

Del sistema de distribución de agua potable de Chambo, se determina que el rendimiento de las redes es muy bajo, siendo la “Red 2”, la que presenta el mayor rendimiento como se observa en la Figura 26, aunque se encuentra en la categoría de “Inaceptable”, seguido de la “Red 3”, y finalmente con un rendimiento más crítico, la “Red 1”; esto como consecuencia del alto porcentaje de fugas que presenta el SDAP del cantón, como se aprecia en la Figura 27.

**Figura 26:**

*Rendimiento por red – Chambo*

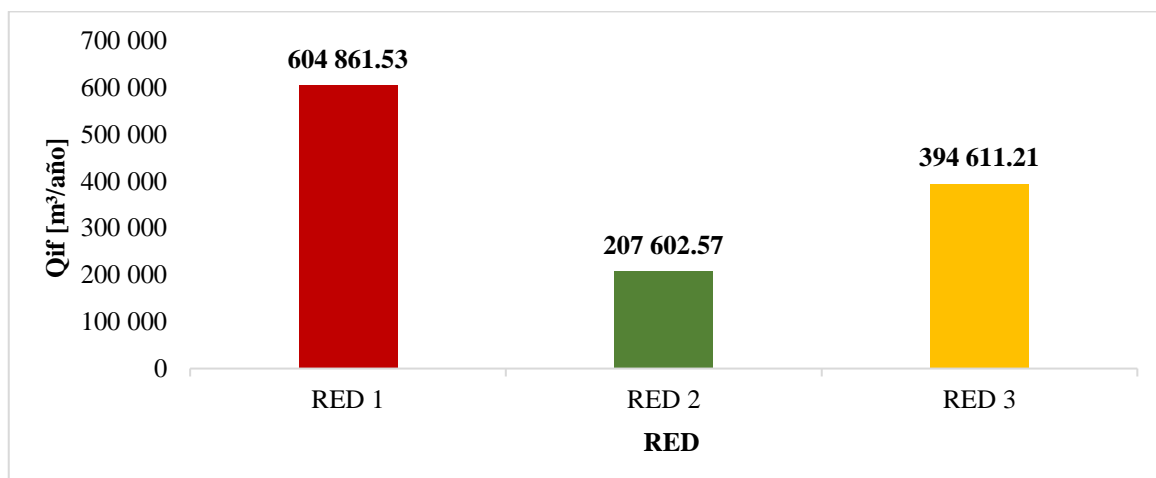


**Elaborado por:** (Jaramillo & Oleas, 2022)



**Figura 27:**

*Caudal incontrolado fugado por red – Chambo*



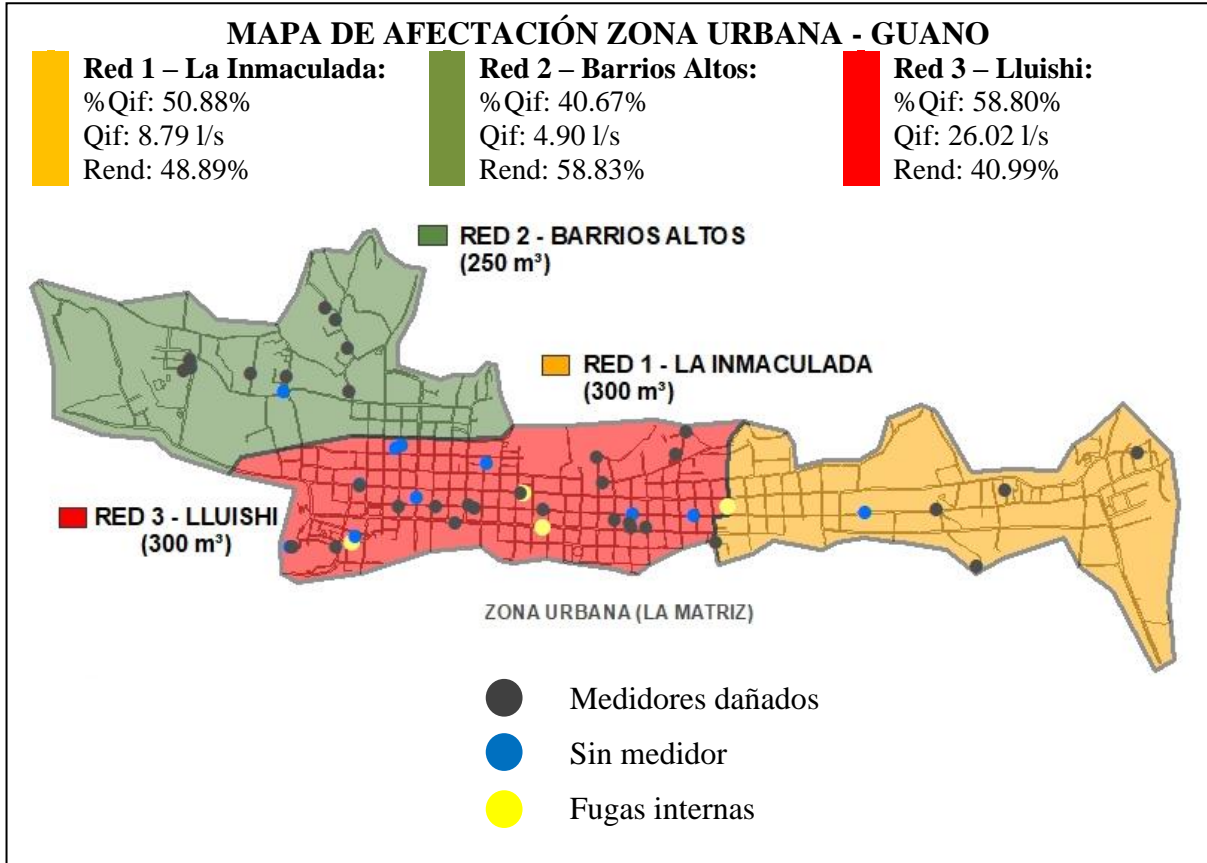
**Elaborado por:** (Jaramillo & Oleas, 2022)

#### **4.1.7 Identificación zonas afectadas**

La Figura 28 desarrollada en el software ArcGIS, presenta un mapa que ilustra la afectación por zonas, donde se identificó mediante puntos: los medidores dañados, domicilios sin medidor (conexiones directas) y fugas internas reportadas, información que fue recolectada hasta el mes de julio de 2022.

**Figura 28:**

*Afectación por caudal incontrolado fugado en cada red - Guano*

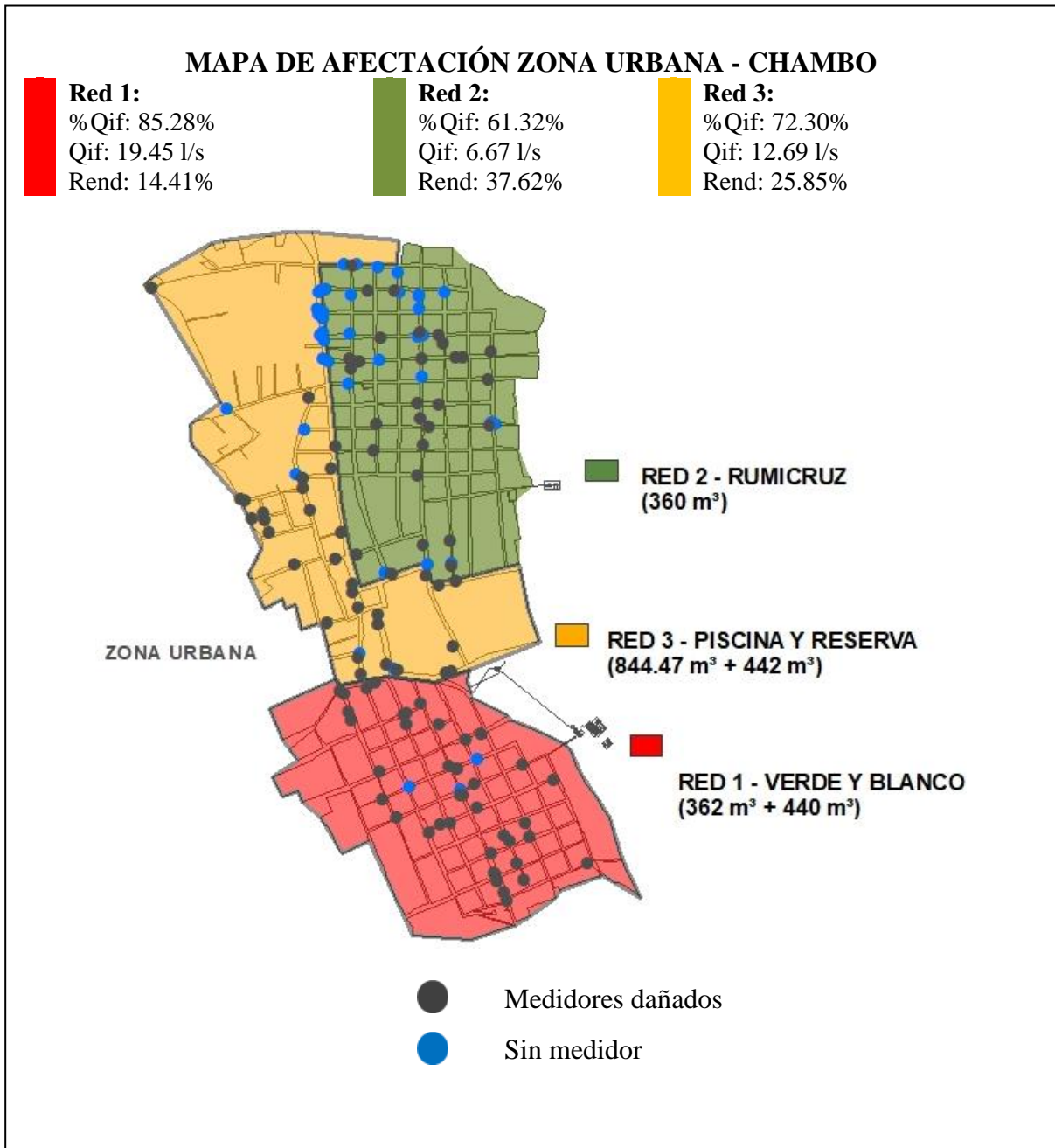


**Elaborado por:** (Jaramillo & Oleas, 2022)

Estas fallas en conjunto con rendimientos y porcentajes de fugas en el sistema están representadas mediante una escala de colores, identificando a la red “Barrios Altos” en color verde, ya que es la menos afectada, seguido de la red “La Inmaculada” en amarillo, y por último la red “Lluishi”, en color rojo, por ser la que presenta resultados más críticos.

**Figura 29:**

*Afectación por caudal incontrolado fugado en cada red – Chambo*



**Elaborado por:** (Jaramillo & Oleas, 2022)

La Figura 29 presenta el plano que ilustra la afectación por zonas para el cantón Chambo, información que fue recolectada hasta el mes de julio de 2022. Se puede destacar con puntos de color gris la presencia de una gran cantidad de medidores dañados que no han sido reparados hasta la fecha, debido a que se espera la intervención del Plan Maestro que está en ejecución. Además, se identifica con puntos azules, los domicilios sin medidor o conexiones directas.

Se representa mediante una escala de color verde la “Red 2”, por ser la menos afectada, seguido de la “Red 3” en amarillo, y por último la red “Red 1”, en color rojo, por ser la que presenta la que reporta mayor cantidad Qif y por ende un bajo rendimiento.

#### 4.1.8 Afectación económica anual por pérdidas de agua

En la Tabla 34 se observan los costes de afectación anuales para las entidades que controlan y regulan la distribución de agua potable en los cantones analizados, el cálculo de estos valores está determinado en base a la tarifa mínima por m<sup>3</sup> de agua para el sector residencial, información que ha sido actualizada hasta julio de 2022.

**Tabla 34:**

*Costes anuales debido a fugas de agua en el sistema*

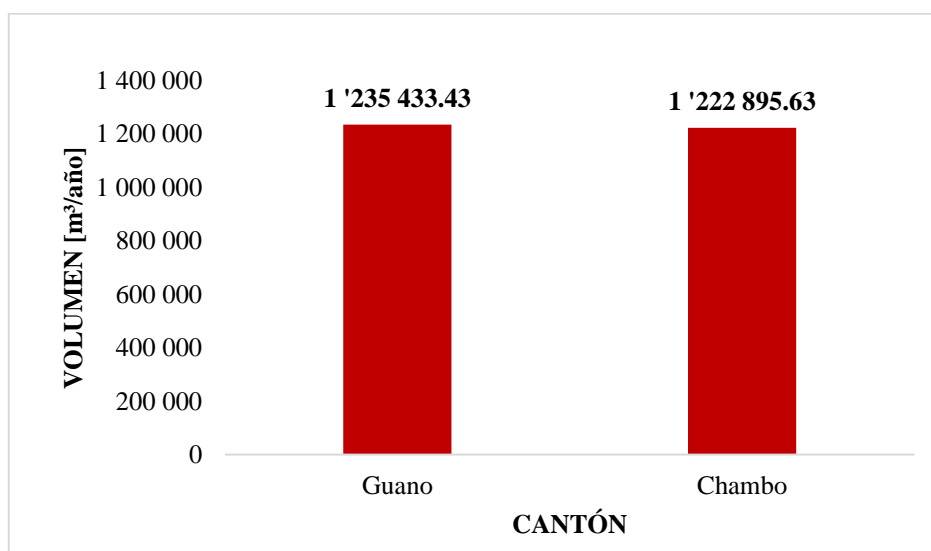
Cantón	Tarifa mínima / m <sup>3</sup>	Volumen incontrolado [m <sup>3</sup> /año]	Coste volumen agua fugado [\$]
Guano	0.05	1'235 433.43	\$ 61 771.67
Chambo	0.12	1'222 895.63	\$ 146 747.48

**Elaborado por:** (Jaramillo & Oleas, 2022)

En la Figura 30 se aprecia que el volumen de agua incontrolado es similar en ambos cantones, a pesar de que el caudal inyectado en Guano es muy superior al de Chambo, esto se refleja en los rendimientos que presenta cada sistema.

**Figura 30:**

*Volúmenes de agua incontrolados en Guano y Chambo*



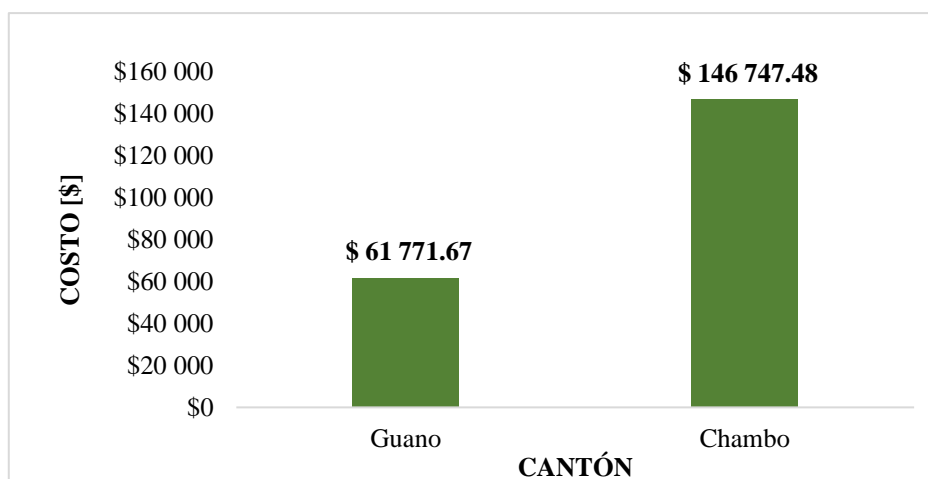
**Elaborado por:** (Jaramillo & Oleas, 2022)

Si bien se conoce que los caudales incontrolados son similares, se observa en la Figura 31 una gran diferencia en la afectación económica para cada cantón, debido que la tarifa mínima por m<sup>3</sup> en Chambo es más del doble que la tarifa de Guano, teniendo este último cantón el valor de agua potable por m<sup>3</sup> más bajo de la provincia. A pesar que la

población de Guano es mayor a la de Chambo, el volumen de agua incontrolado difiere muy poco entre ambos cantones.

**Figura 31:**

*Costes anuales de agua incontrolada en Guano y Chambo*



**Elaborado por:** (Jaramillo & Oleas, 2022)

#### **4.1.9 Operación y mantenimiento de los sistemas de agua potable**

Las redes de agua potable sufren un deterioro constante si no se cuenta con medidas suficientes de mantenimiento y rehabilitación, en la misma proporción, las pérdidas de agua reales se incrementan de forma constante si no se realizan las intervenciones necesarias ni se aplican estrategias adecuadas por parte de la entidad reguladora.

Actualmente, la gestión de los SDAP de Guano y Chambo se ve limitada debido a la falta de equipos para el monitoreo, seguimiento y control de fugas, como: macromedidores o caudalímetros. La ausencia de estos instrumentos para la medición del caudal total inyectado al sistema, dificulta la evaluación del servicio para la implementación ajustes en el sistema. Además de la medición, los macromedidores permiten relacionar el caudal brindado a los usuarios con el caudal registrado por los micromedidores, para obtener los volúmenes de ANC.

#### **4.1.10 Operación y mantenimiento del sistema - Guano**

El sistema de agua potable del cantón, tiene en funcionamiento el Plan Maestro que se culminó en el año 2019, donde se realizó un reemplazo de tuberías de la zona urbana que cumplieron su vida útil, sin embargo, el sistema sigue presentando distintos tipos de fugas entre ellas: conexiones directas (sin medidor), fugas internas, medidores dañados y la más frecuente denominada “By Pass”, esta última, caracterizada porque la conexión se realiza directamente a la red de abastecimiento antigua, por lo que su consumo no se registra en los medidores instalados actualmente, provocando pérdidas financieras debido al consumo no registrado. Para la gestión y dar solución a estos problemas reportados por los usuarios se siguen las etapas que se enfocan únicamente en el mantenimiento de tipo correctivo, como se ilustra en la Figura 32.

**Figura 32:**

*Etapas para la reparación de un problema de fugas - Guano*



**Elaborado por:** (Jaramillo & Oleas, 2022)

#### **4.1.11 Operación y mantenimiento del sistema - Chambo**

En el cantón Chambo la red de tuberías del SDAP ya cumplió con su vida útil, por lo que desde el año 2022 se encuentra en ejecución el “Plan Maestro de Alcantarillado y Agua Potable”, esto conlleva diferentes incidentes como las constantes rupturas de tuberías de agua potable y como consecuencia la suspensión temporal de servicio. Aunque estos incidentes pueden ser debido a trabajos temporales, hay que considerar otros problemas como: conexiones directas, fugas internas, y medidores dañados, especialmente estos últimos que no están siendo atendidos, ya que se prefiere cobrar únicamente la tarifa base en estos casos, que solucionar el problema de raíz.

Para solventar este tipo de molestias y problemas reportados por los usuarios se realiza el proceso enfocado únicamente en el mantenimiento correctivo, como se ilustra en la Figura 33.

**Figura 33:**

*Etapas para la reparación de un problema de fugas - Chambo*



**Elaborado por:** (Jaramillo & Oleas, 2022)

El Departamento de Agua Potable es el encargado de dar solución a los diferentes problemas que afectan al sistema de agua potable y lo hacen de manera inmediata conforme al registro de fallas, aunque se ven limitados en algunos trabajos debido a que el uso de maquinaria depende de la disponibilidad que tenga la Dirección de Obras Públicas.

#### **4.1.12 Soluciones planteadas al problema de fugas en Guano y Chambo**

Los mantenimientos en el sistema de distribución de agua potable (SDAP) se deben realizar de manera técnica, optimizando el uso de materiales, equipos y personal, y a la vez garantizar que las intervenciones al sistema sean efectivas. En la Figura 34, se propone un plan de acción para reducir los niveles de agua no contabilizada.

**Figura 34:**

*Plan de acción para reducir niveles de agua no contabilizada*



**Elaborado por:** (Jaramillo & Oleas, 2022)



## 4.2 DISCUSIÓN

El promedio de agua no contabilizada (ANC) en el Ecuador es de 47.69%, mientras que el promedio en la provincia de Chimborazo es de 55.84% según el último boletín estadístico publicado por la Agencia de Regulación y Control del Agua (ARCA, 2020), además, investigaciones realizadas en cantones fuera de la provincia como Ambato estimaron un 47.67% de ANC, según Peñafiel Valla, (2018). Estos datos en conjunto con los resultados obtenidos para Guano y Chambo con 50.79% y 75.75% respectivamente, muestran que en algunos cantones a nivel nacional la gestión de los sistemas de agua potable aún presente deficiencias que no permiten un control óptimo por la administración del servicio de agua potable. Cabe recalcar que los resultados obtenidos del balance hídrico técnico, según Cabrera et al., (1999) se basan únicamente en el análisis de volúmenes de agua, mas no contemplan estudios de calidad.

Los resultados del presente trabajo de investigación determinaron que la cantidad de ANC del sistema de agua potable con enfoque en el sector urbano del cantón Guano llega al 50.79%, valor que es ligeramente menor al compararlo con estudios realizados por la ARCA en 2019 (ARCA, 2019), el mismo que fue de 58.58%, mientras, que en el año 2020 la misma entidad de control determinó que los resultados de ANC para el catón Guano estaban fuera de rango, razón por la que no fueron publicados en el boletín estadístico del 2020.

Estudios publicados por la ARCA en el año 2019 muestran que el cantón Chambo tenía un 58.70% de ANC, mientras, que en el año 2020 este valor disminuyo a 53.8%. Sin embargo, los resultados de esta investigación muestran un incremento significativo alcanzando el 75.75% de ANC, de acuerdo a la información recopilada el aumento se debe a la falta de mantenimiento y falla de equipos como medidores de agua, mismos que no han sido cambiados y tampoco han sido colocados a nuevos usuarios, debido a que se espera que el Plan Maestro de Agua Potable que se ejecuta desde el año 2022 solucione ese tipo de problemas.

Las evaluaciones de ANC que planteó la ARCA en el año 2020, estipulan que el porcentaje de ANC para considerar un rendimiento “alto” debería estar dentro de las categorías A o B con índices de agua no contabilizada de 36.65% y 39.53% correspondientemente (ARCA, 2020), sin embargo, los resultados encontrados en este trabajo asignan a Guano a la categoría C es decir menos del 51.26% de ANC mientras que Chambo presenta un valor mayor a la categoría D la cual contiene valores de hasta 62.31%, obteniendo como resultado un desempeño “bajo” según lo que estipula la ARCA.

Al analizar la operación y mantenimiento de los sistemas de agua potable de cada cantón, se encontró que las quejas son atendidas en un 100% y antes de los 15 días que plantea la Agencia de Regulación y Control del Agua como tiempo límite para solucionar las quejas reportadas (ARCA, 2020), lo cual determina que ambos cantones presentan un desempeño “alto” en cuestión de atención al usuario.

## 5 CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 CONCLUSIONES

El balance hídrico técnico determinó un caudal incontrolado general de 50.79% y un rendimiento global del sistema de 46.01% para el cantón Guano, siendo la zona más afectada la red “Lluishi”, con el 58.80% de caudal incontrolado fugado, que representa 26.02 l/s, seguida por la red “La Inmaculada”, con 50.88% equivalente a 8.79 l/s, y finalmente la red “Barrios altos”, con un 40.67% o 4.90 l/s de agua fugada.

En la zona urbana del cantón Chambo se determinó un caudal incontrolado fugado general de 75.75%, y un rendimiento del sistema de 23.26%, además se identificó a la “Red 1” como la más afectada en cuanto a caudal incontrolado fugado, con el 85.28%, es decir, 19.45 l/s de agua fugada, seguida por la “Red 3”, con el 72.30% equivalente a 12.69 l/s y finalmente la “Red 2”, siendo la menos afectada del sistema, que reporta un 61.32% igual a 6.67 l/s de agua fugada.

En Guano, mediante el software ArcGIS, se pudo evidenciar que la red de “Lluishi” es la zona más afectada, con un rendimiento del 40.99%, siendo el más bajo de las redes analizadas, seguido por la red “La Inmaculada” con un rendimiento de 48.89%. Las redes antes mencionadas tienen la calificación de “Inaceptable”, mientras que la red “Barrios Altos” con el 58.83%, que destaca debido a su mayor eficiencia, tiene una calificación de “Malo”.

En Chambo, se identificó que la “Red 1” es la más crítica, con un rendimiento de 14.41%, le sigue la “Red 3” con el 25.85% y la menos afectada, la “Red 2” con el 37.62% de eficiencia. Debido a los bajos rendimientos que presentan estas tres redes, están clasificadas como “Inaceptables”.

En Guano, el proceso de operación y mantenimiento, la atención brindada a los usuarios se realiza en un tiempo máximo de tres días, a partir de reportarse el problema. En el año 2022, los reportes de incidentes de agua potable, han sido atendidos en un 100% hasta el mes de Julio, lo cual evidencia que se presta una atención eficiente. En Chambo, las fugas de menor magnitud se atienden de manera inmediata, y en caso fugas o incidentes de mayor magnitud, la atención estará condicionada por la disponibilidad de maquinaria de la Dirección de Obras Públicas.

Las principales causas identificadas que generan un alto porcentaje de caudal incontrolado en los SDAP de Guano y Chambo, abarcan: roturas en conducciones, fugas internas, roturas en las conexiones de los medidores, medidores dañados, conexiones directas, desperdicios en riego, conexiones clandestinas, “By Passes”, así como instituciones y áreas que consumen y no cancelan el servicio.

En Guano, se estimó un caudal anual ( $Q_i$ ) de 1'235 433.43 m<sup>3</sup>/año, que representa una pérdida anual de \$61 771.67, cuya tarifa mínima es de \$0.05 por m<sup>3</sup>, mientras que, en Chambo, el caudal incontrolado fue de 1'222 895.63 m<sup>3</sup>/año, lo cual se traduce en una

pérdida económica anual de \$146 747.48, siendo la tarifa mínima en este cantón de \$0.12 por m<sup>3</sup>.

El monitoreo y seguimiento activo de los SDAP de ambos cantones, empleando el plan de acción propuesto, ayudará a realizar un diagnóstico del sistema que permitirá emplear acciones de mejora para reducir los índices de ANC, obteniendo un mejor rendimiento en de los sistemas.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

Se recomienda a las instituciones encargadas del control del agua potable de los cantones analizados, la implementación de macromedidores a la salida de los tanques o adquirir caudalímetros para medir y registrar el caudal inyectado a los usuarios.

Complementar la investigación con un estudio de presiones en todo el sistema que permita determinar las zonas más críticas para optimizar mediante la implementación de válvulas reguladores de presión el funcionamiento de las redes y prever posibles fallas a futuro.

Registrar el consumo de agua potable de los usuarios según la red de distribución a la que correspondan, con el fin de realizar el seguimiento de las redes de distribución mediante la aplicación de balance hídricos durante periodos definidos para determinar mejoras que se puedan implementar al sistema.

## BIBLIOGRAFÍA

- ARCA. (2017). *REGULACION-Nro.-DIR-ARCA-RG-006-2017*.  
<http://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/08/REGULACION-Nro.-DIR-ARCA-RG-006-2017.pdf>
- ARCA. (2019). *Benchmarking de prestadores públicos de los servicios de agua potable y saneamiento en el Ecuador - Boletín estadístico 2019*.  
[http://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/07/Boletin-Estadistico-APS\\_jul21\\_fnl.pdf](http://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/07/Boletin-Estadistico-APS_jul21_fnl.pdf)
- ARCA. (2020). *Benchmarking de prestadores públicos de los servicios de agua potable y saneamiento en el Ecuador - Boletín estadístico 2020*.  
[http://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/12/Boletin-Estadistico-APS\\_dic21\\_v02.pdf](http://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/12/Boletin-Estadistico-APS_dic21_v02.pdf)
- Banco de Desarrollo de América Latina. (2015). *Inseguridad Económica del Agua en Latinoamérica: de la abundancia a la inseguridad. VII Foro Mundial Del Agua*.  
<https://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/cg00406.pdf>
- Bueno Herrera, D., Monroy Ávila, E., & Zafra Mejía, C. A. (2020). 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, J. (1999). Auditoría de redes de distribución de agua. *Ingeniería Del Agua*, 6(4), 291–303.  
<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/119162/2794-8034-1-PB.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Campaña, J. (2016). *Evaluación de la red de distribución de agua potable para determinar perdidas y fugas de la urbanización la colina del cantón Rumiñahui* [Escuela Politécnica Nacional]. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/15217/1/CD-6992.pdf>
- Chulluncuy-Camacho, N. C. (2011). Tratamiento de agua para consumo humano. *Ingeniería Industrial*, 0(029), 153. <https://doi.org/10.26439/ing.ind2011.n029.232>
- Diario Primicias. (2021). *Ecuador pierde USD 320 millones al año por fugas y robo de agua potable*. 06-07-2021. <https://www.primicias.ec/noticias/economia/perdidas-agua-fugas-ecuador-municipios/>
- GADM Chambo. (2014). *Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Chambo*.  
[https://www.gobiernodechambo.gob.ec/chambo/images/PDyOT\\_-\\_ParteX.pdf](https://www.gobiernodechambo.gob.ec/chambo/images/PDyOT_-_ParteX.pdf)
- GADM Chambo. (2022). *Departamento de Agua Potable*.
- GADM Guano. (2010). *Características demográficas del cantón Chambo*.  
<http://www.municipiodeguano.gob.ec/index.php/ciudad/historia>

- GADM Guano. (2017). *Plan Maestro de Agua Potable*. [https://issuu.com/fabriciopaz/docs/plan\\_\\_maestro\\_guano](https://issuu.com/fabriciopaz/docs/plan__maestro_guano)
- González González, V. R. (2016). *Balance hídrico y calibración del modelo del subsector Zamora Huayco de Loja, como fundamento a la gestión remota de fugas mediante sistemas asistidos con SCADA* [Universidad Técnica Particular de Loja]. [https://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/14215/1/Gonzalez\\_Gonzalez%2C\\_Victor\\_Rutbel..pdf](https://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/14215/1/Gonzalez_Gonzalez%2C_Victor_Rutbel..pdf)
- Martínez Codina, 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>
- MIDUVI. (2011). *NEC-11, Norma Hidrosanitaria NHE Agua* (p. 38). <https://inmobiliariadja.files.wordpress.com/2016/09/nec2011-cap-16-norma-hidrosanitaria-nhe-agua-021412.pdf>
- NTE INEN. (2011). AGUA POTABLE. REQUISITOS. In *NORMA TECNICA ECUATORIANA*.
- OPEN. (2017). *Non-revenue water management, the challenge facing water and sewage companies*. <https://www.openintl.com/non-revenue-water-management-the-challenge-facing-water-and-sewage-companies/>
- Peñafiel Valla, L. G. (2018). *Análisis de las pérdidas de agua en el sistema de abastecimiento: Caso de estudio EP-EMAPA-A* [Instituto Politecnico de Leiria]. [https://iconline.ipleiria.pt/bitstream/10400.8/3619/1/DISERTACION\\_FINAL\\_GABRIELA\\_PEÑAFIEL.pdf](https://iconline.ipleiria.pt/bitstream/10400.8/3619/1/DISERTACION_FINAL_GABRIELA_PEÑAFIEL.pdf)
- Rodríguez, R. A. (2011). *Modelo de Gestión de Conservación Vial para reducir los costos de Mantenimiento Vial y Operación Vehicular en los Caminos Rurales de las Poblaciones de Riobamba, San Luis, Punín, Flores, Cebadas de la Provincia de Chimborazo* [UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO]. [https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/2199/1/Maestría\\_V.T.67 - Rodríguez González René Alexander.pdf](https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/2199/1/Maestría_V.T.67-Rodríguez_González_René_Alexander.pdf)
- Ronald, B., & Salazar, V. (2021). *UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL TESIS LÍNEA DE LA INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL SALUD Y GESTIÓN DE LA SALUD PRESENTADO POR*.
- SEAPAL. (2017). *Sistema de los servicios de agua potable, drenaje y alcantarillado de Puerto Vallarta* (Instituto Mexicano de Tecnología del agua (ed.)). <http://repositorio.imta.mx/bitstream/handle/20.500.12013/2003/HC-1716.3.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Zúñiga, G. (2019). *Análisis y diagnóstico de la red del sistema de agua potable de la cabecera cantonal del cantón Guano, provincia de Chimborazo, Ecuador*. [Universitat Politècnica de València].

<https://m.riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/118836/Zúñiga - Análisis y diagnóstico de la red del sistema de Agua Potable de la cabecera cantonal del....pdf?sequence=2&isAllowed=y>

## ANEXOS

### Anexo 1

#### *Dotaciones para edificaciones de uso específico*

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

**Fuente:** (MIDUVI, 2011)



## Anexo 2

### *Tanques de abastecimiento de Guano*



Tanque la Inmaculada



Tanque Barrios Altos



Tanque Lluishi

## Anexo 3

### *Tanques de abastecimiento de Chambo*



Tanque Rumicruz



Tanque Piscina



Tanque Verde



Tanque Blanco



Tanque Reserva

#### Anexo 4

*Medición de caudales Inyectados Guano - red La Inmaculada*



#### Anexo 5

*Medición de caudales Inyectados Guano - red Barrios Altos*



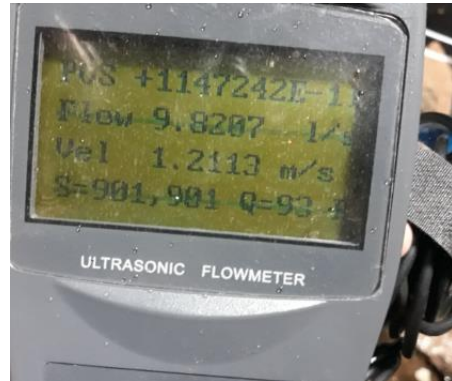
#### Anexo 6

*Medición de caudales Inyectados Guano - red Luishi*



### Anexo 7

Medición de caudales inyectados Chambo - tanque Verde



### Anexo 8

Medición de caudales inyectados Chambo - tanque Blanco



### Anexo 9

Medición de caudales inyectados Chambo - tanque Reserva





### Anexo 10

*Medición de caudales inyectados Chambo - tanque Piscina*



### Anexo 11

*Medición de caudales inyectados Chambo - tanque Rumicruz*



### Anexo 12

*Visitas de campo para verificar actividades de mantenimiento y operación - Chambo*



### Anexo 13

Visitas de campo para verificar actividades de mantenimiento y operación - Chambo



### Anexo 14

Registros de mantenimientos – Chambo

ENERO 2022				
FECHA	DESCRIPCION	NOMBRE DEL DUEÑO/GRUPO	DIRECCION	OBSERVACIONES
3-01-22	Reconstrucción medidor Agua	Calleja Al. Irma Olga Silesola	El Guante	2287 No. medidor 1005016322
3-01-22	Fuga de Agua	Paco Firme	Camalenc	
6-01-22	Fuga de Agua	Sereza Elio Mon. Fery. Zuleta	Via Robert	
8-01-22	Reparación de medidor de Agua	Simon Elyvier Flores Agala	Manuel Barrera y Magdalena Barahona	911 (sin medidor)
10-01-22	Limpieza de medidores	Miranda Bernice	Calle Diego Guzmán y Mar del Mar	
10-01-22	Fuga en el medidor		Niños Fierro (Mar del Mar) Pacho	

ABRIL				
01-04-22	Fuga en el medidor	Xalaw Ezequiel Raza Mora		09 94 64 74 836 (celular) Cevala L. L. 1757
04-04-22	Revisión Medidor	José Camacho		1829 1740
04-04-22	Fuga de Agua	Sánchez Ana Mercedes	Calle Leopoldo Ferrera	
11-04-22	Fuga de Agua	Collares	Remundo delgado	
11-04-22	Tapado Agua	Tudon Pichu Manuel	Vergel	Mesa aboga Casilla
11-04-22	Abda en el poliductivo	Arias del poliductivo	Nanda Chirpa	

### Anexo 15

Registros de mantenimientos – Guano

GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DEL CANTON GUANO DIRECCION DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO REGISTRO DE USUARIOS							
FECHA	HORA	NOMBRES Y APELLIDOS	NUMERO DE CEDULA	TELEFONO	DIRECCION DOMICILIARIA	MOTIVO DE VISITA	FIRMA
01/04/2022	8:30	Soriano			Abta de...	...	
01/04/2022	9:00	...			...	...	
01/04/2022	9:30	...			...	...	
01/04/2022	10:00	...			...	...	
01/04/2022	10:30	...			...	...	
01/04/2022	11:00	...			...	...	
01/04/2022	11:30	...			...	...	
01/04/2022	12:00	...			...	...	
01/04/2022	12:30	...			...	...	
01/04/2022	13:00	...			...	...	
01/04/2022	13:30	...			...	...	
01/04/2022	14:00	...			...	...	
01/04/2022	14:30	...			...	...	
01/04/2022	15:00	...			...	...	
01/04/2022	15:30	...			...	...	
01/04/2022	16:00	...			...	...	
01/04/2022	16:30	...			...	...	
01/04/2022	17:00	...			...	...	
01/04/2022	17:30	...			...	...	
01/04/2022	18:00	...			...	...	
01/04/2022	18:30	...			...	...	
01/04/2022	19:00	...			...	...	
01/04/2022	19:30	...			...	...	
01/04/2022	20:00	...			...	...	
01/04/2022	20:30	...			...	...	
01/04/2022	21:00	...			...	...	
01/04/2022	21:30	...			...	...	
01/04/2022	22:00	...			...	...	
01/04/2022	22:30	...			...	...	
01/04/2022	23:00	...			...	...	
01/04/2022	23:30	...			...	...	
01/04/2022	00:00	...			...	...	

GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DEL CANTON GUANO DIRECCION DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO REGISTRO DE USUARIOS							
FECHA	HORA	NOMBRES Y APELLIDOS	NUMERO DE CEDULA	TELEFONO	DIRECCION DOMICILIARIA	MOTIVO DE VISITA	FIRMA
01/04/2022	8:30	...			...	...	
01/04/2022	9:00	...			...	...	
01/04/2022	9:30	...			...	...	
01/04/2022	10:00	...			...	...	
01/04/2022	10:30	...			...	...	
01/04/2022	11:00	...			...	...	
01/04/2022	11:30	...			...	...	
01/04/2022	12:00	...			...	...	
01/04/2022	12:30	...			...	...	
01/04/2022	13:00	...			...	...	
01/04/2022	13:30	...			...	...	
01/04/2022	14:00	...			...	...	
01/04/2022	14:30	...			...	...	
01/04/2022	15:00	...			...	...	
01/04/2022	15:30	...			...	...	
01/04/2022	16:00	...			...	...	
01/04/2022	16:30	...			...	...	
01/04/2022	17:00	...			...	...	
01/04/2022	17:30	...			...	...	
01/04/2022	18:00	...			...	...	
01/04/2022	18:30	...			...	...	
01/04/2022	19:00	...			...	...	
01/04/2022	19:30	...			...	...	
01/04/2022	20:00	...			...	...	
01/04/2022	20:30	...			...	...	
01/04/2022	21:00	...			...	...	
01/04/2022	21:30	...			...	...	
01/04/2022	22:00	...			...	...	
01/04/2022	22:30	...			...	...	
01/04/2022	23:00	...			...	...	
01/04/2022	23:30	...			...	...	
01/04/2022	00:00	...			...	...	