



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

**Incidencia de fugas en redes de abastecimiento de agua en siete
comunidades de la Regional Chazo - Santa Fe de Galán**

Trabajo de Titulación para optar al título de Ingeniero Civil

Autor:

**Bravo Zúñiga, Daniel Francisco
Calvopiña Bejarano, José David**

Tutor:

MgS. María Gabriela Zúñiga Rodríguez

Riobamba, Ecuador. 2023

DECLARATORIA DE AUTORÍA

Yo, **Daniel Francisco Bravo Zúñiga**, con cédula de ciudadanía **0604765586** y **José David Calvopiña Bejarano** con cédula de ciudadanía **0604759126**, autores del trabajo de investigación titulado: **Incidencia de fugas en redes de abastecimiento de agua en siete comunidades de la Regional Chazo - Santa Fe de Galán**, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mí exclusiva responsabilidad.

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

En Riobamba, 17 de octubre de 2023.



Daniel Francisco Bravo Zúñiga

C.I: 0604765586



José David Calvopiña Bejarano

C.I: 0604759126

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

Quien suscribe, **Ing/Mgs. María Gabriela Zúñiga Rodríguez** catedrático adscrito a la Facultad de Ingeniería, por medio del presente documento certifico haber asesorado y revisado el desarrollo del trabajo de investigación titulado: **“Incidencia de fugas en redes de abastecimiento de agua en siete comunidades de la Regional Chazo - Santa Fe de Galán”**, bajo la autoría de Daniel Francisco Bravo Zúñiga y José David Calvopiña Bejarano por lo que se autoriza ejecutar los trámites legales para su sustentación.

Es todo cuanto informar en honor a la verdad; en Riobamba, a los 17 días del mes de octubre de 2023

Ing/Mgs. María Gabriela Zúñiga Rodríguez

C.I: 0604004945

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación Incidencia de fugas en redes de abastecimiento de agua en siete comunidades de la Regional Chazo - Santa Fe de Galán, presentado por Daniel Francisco Bravo Zúñiga, con cédula de identidad número 0604765586 y José David Calvopiña Bejarano con cédula de identidad número 0604759126, bajo la tutoría de Mgs. María Gabriela Zúñiga Rodríguez; certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 20 de octubre de 2023.

Alfonso Arellano, Mgs.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO

Jéssica Brito, Mgs
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO

Nelson Patiño, Mgs
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



CERTIFICACIÓN

Que, **BRAVO ZÚÑIGA DANIEL FRANCISCO** con CC: **0604765586** y **CALVOPIÑA BEJARANO JOSÉ DAVID** con CC: **0604759126**, estudiantes de la Carrera **INGENIERÍA CIVIL**, Facultad de **INGENIERÍA**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado " **INCIDENCIA DE FUGAS EN REDES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA EN SIETE COMUNIDADES DE LA REGIONAL CHAZO - SANTA FE DE GALÁN**", cumple con el 8 %, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **URKUND**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 11 de octubre de 2023

Ing./Mgs. María Gabriela Zúñiga
TUTOR(A)

DEDICATORIA

El siguiente trabajo dedico a Dios y al niño Rey de Reyes por haberme acompañado en todo este arduo camino de preparación académica.

A mis padres, Patricia y Francisco por ser esos pilares fundamentales en mi vida y sobre todo por haber creído en mi para lograr una meta más en mi vida estudiantil.

A mis hermanos, Paúl e Israel que sin ellos no fuera posible conseguir tantos logros ya que su apoyo trasciende cualquier frontera y estarán siempre que los necesite.

A mi amor, Thalia que sin ella y todo su amor no hubiese sido posible conseguir tantos triunfos académicos de los cuales nos sentiremos orgullosos toda la vida, mencionando además que le agradezco por siempre creer en mí.

A mis amigos, quienes fueron parte de este largo camino estudiantil y que sin ellos no hubiese sido posible afrontar tantas dificultades en las que siempre salimos adelante apoyándonos mutuamente.

Daniel Bravo

DEDICATORIA

Este importante logro de mi vida lo dedico a Dios y a mis padres Elsa y Oswaldo, quienes han hecho todo lo posible para apoyarme en todo momento para cumplir este sueño y sobre todo por depositar su confianza en cada uno de mis retos sin dudar de mis capacidades.

A mis hermanos Diego, Silvia, Cristina y Anahí por ser una parte fundamental en mi vida, por brindarme siempre su apoyo ante cualquier decisión y estar en los buenos y malos momentos de manera incondicional. A mis cuñados y sobrinos que de igual forma fueron un motor que me impulso a salir adelante con sus consejos y palabras de aliento.

De igual forma a todas esas personas que fueron parte del proceso que sin ellas de seguro este logro hubiera sido mucho más difícil. A mis amigos que estuvieron siempre ahí en todo momento para brindar un apoyo que siempre fue y será mutuo.

A mi enamorada que con su apoyo incondicional y su ánimo me ayudo muchas veces a levantarme y seguir en el camino. Por último, esto va dedicado para mí, para nunca olvidar que los sueños si se cumplen mientras uno tenga disciplina, estrategia y ganas de salir adelante.

José

AGRADECIMIENTO

En primera estancia damos gracias a Dios por guiarnos y darnos la fortaleza necesaria para concluir esta etapa. A nuestros padres por sus palabras de aliento, motivación y estímulo constante durante todos estos años llenos de aprendizajes, a nuestros hermanos por su confianza e incondicionalidad.

A nuestra querida Universidad Nacional de Chimborazo, por abrirnos las puertas y sobre todo a la Carrera de Ingeniería Civil por inculcarnos los conocimientos necesarios para nuestra vida profesional.

A nuestra tutora, Ing. María Gabriela Zúñiga por su paciencia, apoyo y enfoque en esta investigación.

A todos nuestros amigos y compañeros con quienes hemos compartido grandes experiencias e inolvidables recuerdos.

Daniel y José

ÍNDICE GENERAL

PORTADA.....	
DECLARATORIA DE AUTORÍA.....	
DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR.....	
CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL.....	
CERTIFICACIÓN ANTIPLAGIO.....	
DEDICATORIA.....	
AGRADECIMIENTO.....	
ÍNDICE DE TABLAS.....	
ÍNDICE DE FIGURAS.....	
RESUMEN.....	
CAPÍTULO I. INTRODUCCION.....	16
Antecedentes.....	16
<i>Antecedentes de la zona de estudio</i>	16
Red de abastecimiento de agua potable de la Regional San José de Chazo – Santa Fe de Galán.....	19
<i>Captaciones y tanques de almacenamiento</i>	20
<i>Antecedentes de la investigación</i>	20
<i>Justificación</i>	22
Objetivos.....	22
<i>Objetivo General</i>	22
<i>Objetivos Específicos</i>	22
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	23
Generalidades acerca del abastecimiento de agua potable.....	23
Red de distribución.....	23
Fugas.....	23
Las fugas en las redes de distribución.....	24
Clasificación de fugas.....	24
Balance Hídrico.....	25

Rango de desempeño	26
Estado del arte.....	27
CAPÍTULO III. METODOLOGIA.....	30
Tipo y Diseño de Investigación	30
Técnicas de Recolección de Datos.....	30
Población de estudio y tamaño de muestra.....	31
Métodos de análisis, y procesamiento de datos.	31
<i>Balance Hídrico</i>	31
<i>Procesamiento de volúmenes registrados “Qr”</i>	33
<i>Procesamiento de consumos no medidos autorizados por ausencia de contadores (Qic)</i>	37
<i>Procesamiento de volúmenes consumidos y no registrados por error de medida (Qice)</i>	40
<i>Rendimientos hídricos porcentuales</i>	40
<i>Proceso de obtención de reporte de fugas</i>	42
<i>Recopilación de información en campo</i>	42
<i>Digitalización de resultados</i>	42
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	43
Planteamiento de la propuesta	43
Resultados del balance hídrico técnico general por redes	51
Resultado del rendimiento volumétrico	54
Resultado del historial de fugas	58
<i>Fugas atendidas por años</i>	58
Comparativo entre fugas solventadas y agua fugada por años	59
Comparativo entre el historial de fugas y el rendimiento volumétrico porcentual por años	60
Discusión	61
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES	62
Conclusiones.....	62
Recomendaciones	63
CAPÍTULO VI. PROPUESTA	64
BIBLIOGRAFÍA.....	66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Comunidades de estudio de la Regional San José de Chazo – Santa Fe de Galán</i>	18
Tabla 2 <i>Rango de desempeño de agua no contabilizada (ANC)</i>	27
Tabla 3 <i>Caudales inyectados en el período 2018 - 2022 de las comunidades en estudio</i> .	32
Tabla 4 <i>Consumos mensuales facturados de la cabecera parroquial de San José de Chazo</i>	33
Tabla 5 <i>Consumos facturados de la comunidad de San José de Sabañag</i>	34
Tabla 6 <i>Consumos facturados de la comunidad de Cahuaji Alto</i>	34
Tabla 7 <i>Consumos facturados de la comunidad de Chipza</i>	35
Tabla 8 <i>Consumos facturados de la comunidad de Saguzo Cruz de Mayo</i>	35
Tabla 9 <i>Consumos facturados de la comunidad Saguzo La Unión</i>	36
Tabla 10 <i>Consumos facturados de la comunidad San Luis de Sabañag</i>	36
Tabla 11 <i>Caudal Incontrolado Consumido San José de Chazo</i>	37
Tabla 12 <i>Caudal Incontrolado Consumido San José de Sabañag</i>	38
Tabla 13 <i>Caudal Incontrolado Consumido Cahuaji Alto</i>	38
Tabla 14 <i>Caudal Incontrolado Consumido Chipza</i>	38
Tabla 15 <i>Caudal Incontrolado Consumido Saguzo Cruz de Mayo</i>	39
Tabla 16 <i>Caudal Incontrolado Consumido Saguzo La Unión</i>	39
Tabla 17 <i>audal Incontrolado Consumido San Luís de Sabañag</i>	39
Tabla 18 <i>Rangos de eficiencia de la red de agua</i>	42
Tabla 19 <i>Balance hídrico general siete comunidades 2018 – 2022</i>	43
Tabla 20 <i>Resumen balance hídrico técnico</i>	44
Tabla 21 <i>Resultados anuales del caudal incontrolado y fugado</i>	46

Tabla 22 <i>Índice de agua no contabilizada por año</i>	46
Tabla 23 <i>Índice de agua fugada</i>	47
Tabla 24 <i>Costo por volumen diario, mensual y anual</i>	49
Tabla 25 <i>Costo por volumen diario, mensual y anual</i>	50
Tabla 26 <i>Balance hídrico por red de distribución</i>	52
Tabla 27 <i>Rangos de nivel de desempeño de una red</i>	54
Tabla 28 <i>Eficiencia hídrica de abastecimiento de agua potable</i>	54
Tabla 29 <i>Eficiencia hídrica de abastecimiento de agua potable por red</i>	56
Tabla 30 <i>Fugas Atendidas por años (2018-2022)</i>	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Parroquias de las comunidades en estudio</i>	17
Figura 2 <i>Comunidades de estudio de la Regional San José de Chazo – Santa Fe de Galán</i>	18
Figura 3 <i>Esquema de la red de agua potable perteneciente a la Regional San José de Chazo – Santa Fe de Galán</i>	19
Figura 4 <i>Balance hídrico completo de un sistema de distribución de agua</i>	26
Figura 5 <i>Caudal promedio incontrolado 2018-2022</i>	44
Figura 6 <i>Comparativos de promedios incontrolados 2018-2022</i>	45
Figura 7 <i>Índice de agua no contabilizada 2018-2022 de las comunidades en estudio</i>	47
Figura 8 <i>Índice de agua fugada 2018-2022 de las comunidades en estudio</i>	48
Figura 9 <i>Costo de agua fugada a diario 2018-2022</i>	50
Figura 10 <i>Porcentaje de ANC por comunidad</i>	53
Figura 11 <i>Porcentaje de agua fugada por comunidad</i>	53
Figura 12 <i>Rendimientos globales por cada red de distribución - 2018- 2022</i>	57
Figura 13 <i>Mapa de rendimientos globales por cada red de distribución 2018- 2022</i>	57
Figura 14 <i>Fugas atendidas por años en el período 2018-2022</i>	59
Figura 15 <i>Fugas solventadas vs % de agua fugada en el período 2018-2022</i>	60
Figura 16 <i>Fugas atendidas vs rendimiento volumétrico en el período 2022-2018</i>	61

RESUMEN

Uno de los principales problemas en las redes de abastecimiento de agua potable es la presencia de fugas, donde esta incidencia implica que exista una pérdida económica a la empresa encargada del sistema e incluso afectando económicamente a los usuarios, cabe recalcar que también genera un impacto ambiental negativo y hace que el servicio brindado a los usuarios no sea de calidad. Es por este motivo que la presente investigación tiene como objetivo determinar la incidencia de fugas en redes de abastecimiento de agua en siete comunidades de la Regional Chazo- Santa Fe de Galán, identificando los volúmenes inyectados en las redes respecto a los facturados, esto a través de un balance hídrico que nos permita saber el agua fugada y agua no contabilizada, aplicando también un mapa donde se pueda visualizar gráficamente las zonas con mayor incidencia de fugas, para así poder determinar y brindar soluciones a los problemas presentes en la Regional. Para lo cual se aplicó una metodología de investigación mixta, es decir cualitativa y cuantitativa, para ello aplicando visitas in situ para la recopilación de datos que nos indiquen cuales son las zonas más afectadas, por la parte cuantitativa tenemos la aplicación de un balance hídrico con los datos obtenidos en campo. Por resultante, según la Agencia de Regulación y Control del Agua se identifica que la Regional tiene un rango de desempeño “Bajo”, ya que en el año 2018 tiene un porcentaje de agua no contabilizada del 47.58%, además se determina que las comunidades de Cahuaji Alto y San Luis de Sabañag tienen el mayor porcentaje de agua fugada con el 47.50% y 37.04% respectivamente.

Palabras claves: balance hídrico, fugas, usuarios, agua potable, redes de abastecimiento.

ABSTRACT

The main purpose of this study was to the problems in the drinking water supply networks is the presence of leaks, where this incidence implies an economic loss for the company in charge of the system and even affects the users economically; it should be emphasized that it also generates a negative environmental impact and means that the service provided to the users is not of high quality. It is for this reason that this research aims to determine the incidence of leaks in water supply networks in seven communities in the Regional Chazo- Santa Fe de Galán, identifying the volumes injected into the networks concerning those billed, through a water balance allows us to know the water leaked and unaccounted for water, also applying a map where you can graphically display the areas with the highest incidence of leaks, in order to determine and provide solutions to the problems present in the Regional. For which a mixed research methodology was applied, i.e. qualitative and quantitative, applying on-site visits to collect data to indicate which the most affected areas are. For the quantitative part we have the application of a water balance with the data obtained in the field. As a result, according to the Water Regulation and Control Agency, it is identified that the region has a "Low" performance range, since in 2018 it has a percentage of unaccounted water of 47.58%, it is also determined that the communities of Cahuaji Alto and San Luis de Sabañag have the highest percentage of leaked water with 47.50% and 37.04% respectively.

Keywords: water balance, leaks, users, drinking water, supply networks.

TRANSLATED BY:



Mgs. Marco Aquino R.
DOCENTE DE COMPETENCIAS LINGÜÍSTICAS

CAPÍTULO I. INTRODUCCION.

El presente estudio se basa en el análisis de la incidencia de fugas en siete comunidades de la Regional San José de Chazo – Santa Fé de Galán: San José de Chazo, San José de Sabañag, Cahují Alto, Chipza, Saguazo Cruz de Mayo, Saguazo La Unión y San Luis de Sabañag.

Antecedentes

Antecedentes de la zona de estudio

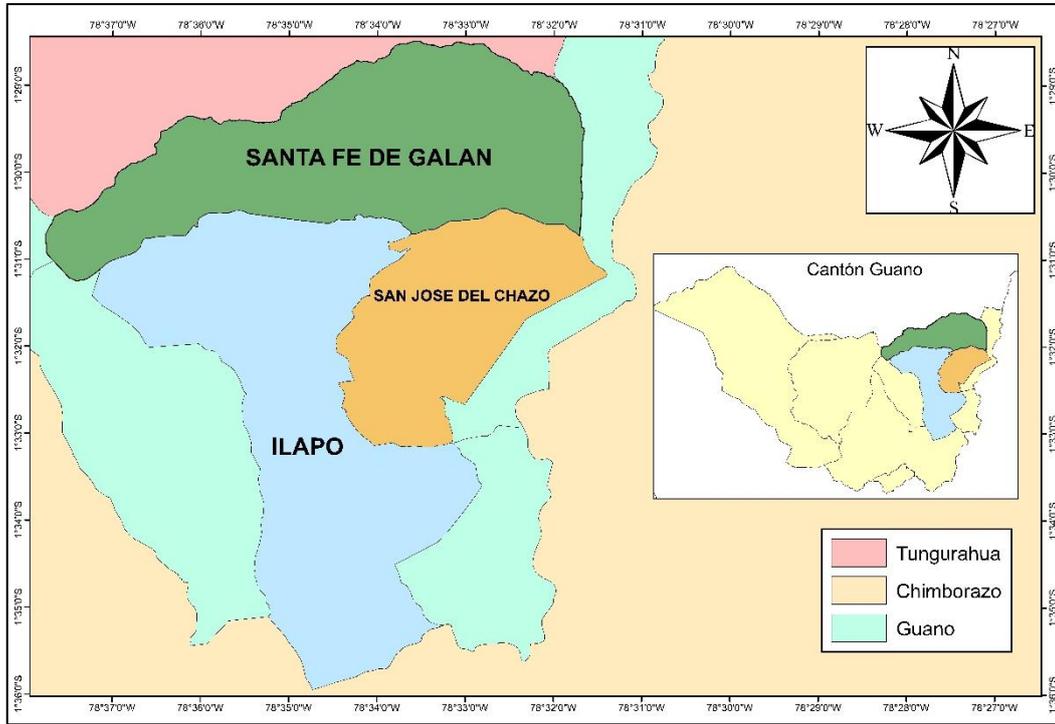
La cabecera parroquial de San José de Chazo y Cahují Alto son comunidades que son parte de la parroquia San José de Chazo misma que está ubicada al noreste del cantón Guano (GADMC-G, 2022). La parroquia San José de Chazo se encuentra a una altura de 3600 msnm, con un área aproximada de 16.8 km² y con una población total de 1 081 habitantes según el último censo nacional (INEC, 2001).

Las comunidades de San José de Sabañag, San Luís de Sabañag, pertenecen a la parroquia Santa Fé de Galán misma que se encuentra ubicada 29 km al norte del cantón Guano con un total de 1 535 habitantes (GADMC-G, 2022).

Las comunidades Chipza, Saguazo Cruz de Mayo y Saguazo la Unión se encuentran en la parroquia Ilapo perteneciente al cantón Guano posee una extensión aproximada de 3.9 km² y un total de 1 988 habitantes (GADMC-G, 2022).

La Figura 1 muestra un mapa de las parroquias que contienen las comunidades en estudio

Figura 1 Parroquias de las comunidades en estudio.



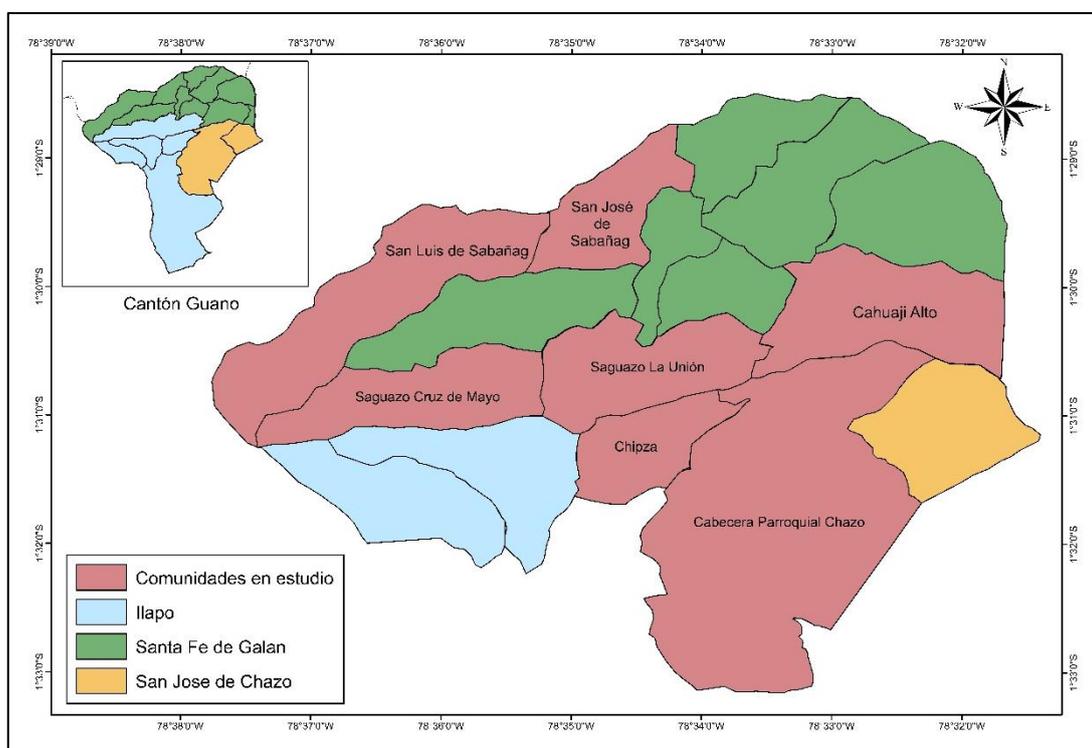
Elaborado: (Bravo Zúñiga & Calvopiña Bejarano, 2023)

La Regional San José de Chazo – Santa Fe de Galán, es la encargada de la gestión y el abastecimiento de agua potable a 13 comunidades, los beneficiarios de la Regional San José de Chazo – Santa Fe de Galán son alrededor de 1165 usuarios, en el presente trabajo de investigación se va a analizar la incidencia de fugas presentes en 7 de las 13 comunidades pertenecientes a la Regional como se observa en la Figura 2.

Sin embargo, se debe considerar que la Regional no cuenta con un adecuado sistema de control y mantenimiento a la par que no poseen un historial de reparaciones.

Al mes de diciembre del año 2022 se cuenta con un total de 808 usuarios como se puede observar en la Tabla 1.

Figura 2 Comunidades de estudio de la Regional San José de Chazo – Santa Fe de Galán



Elaborado: (Bravo Zúñiga & Calvopiña Bejarano, 2023)

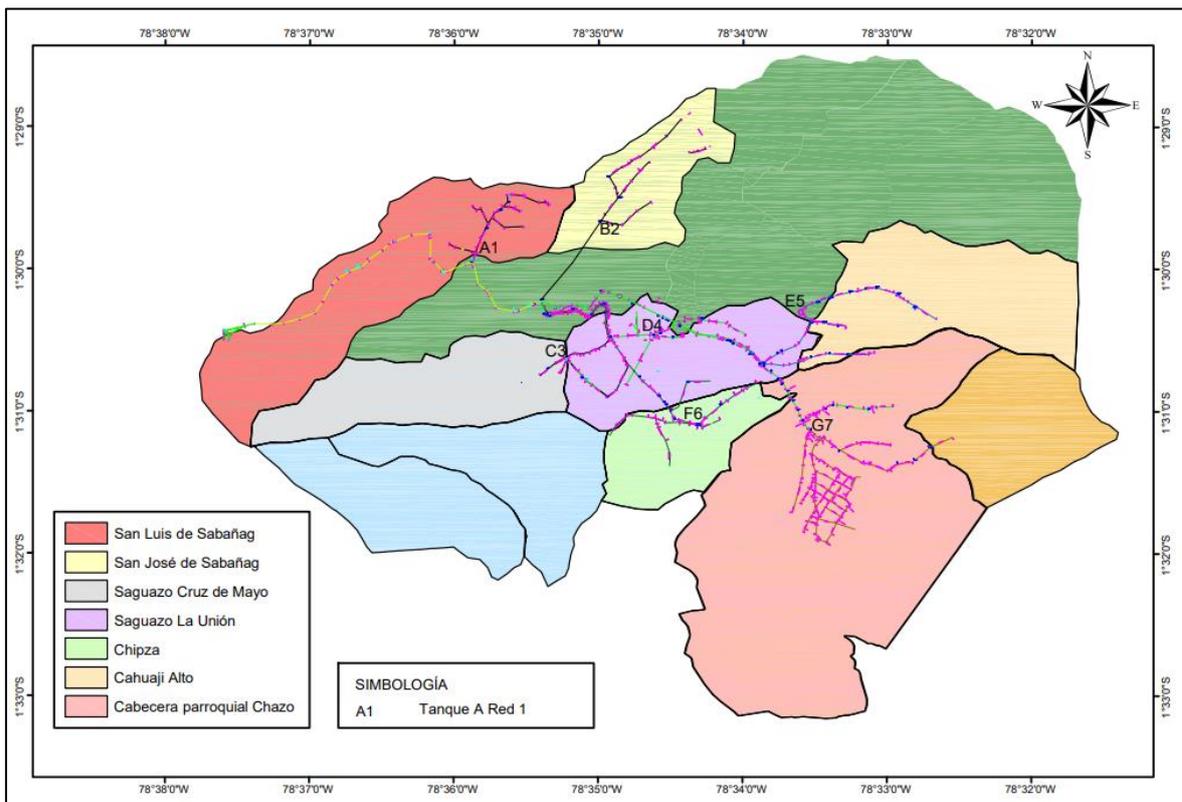
Tabla 1 Comunidades de estudio de la Regional San José de Chazo – Santa Fe de Galán

COMUNIDADES	USUARIOS
Cabecera Parroquial San José de Chazo	312
San Jose de Sabañag	87
Cahuaji Alto	152
Chipza	57
Saguzo Cruz de Mayo	69
Saguzo la Unión	72
San Luis de Sabañag	59
TOTAL	808

Red de abastecimiento de agua potable de la Regional San José de Chazo – Santa Fe de Galán

La red que suministra agua a las siete comunidades de estudio se conforma por una red principal donde la captación proviene de la zona Tungurahuilla y se conduce mediante una red de tuberías hasta un tanque principal de reserva que posee una capacidad de 50 m³, donde se trata el agua con el fin de que sea óptima para el consumo humano, a partir del tanque principal cada parroquia tiene su propia línea de distribución como se puede observar en la Figura 3.

Figura 3 Esquema de la red de agua potable perteneciente a la Regional San José de Chazo – Santa Fe de Galán



Elaborado: (Bravo Zúñiga & Calvopiña Bejarano, 2023)

Captaciones y tanques de almacenamiento

De acuerdo con la información brindada por parte del ente administrativo de la Regional se informa que existen tres vertientes de agua que suministran el recurso hídrico a las poblaciones beneficiarias, pero lo cierto es que el agua que se obtiene es de muy baja calidad, por ello, la misma Regional es la encargada del proceso de tratamiento, mantenimiento y operación.

Antecedentes de la investigación

Cada Gobierno Autónomo es el ente encargado de la distribución y gestión del recurso hídrico para que llegue a disposición de cada uno de los usuarios, tanto como servicio básico como recurso indispensable para la vida, dichos organismos tratan de realizar una gestión lo más eficiente posible y sin embargo, es complicado tener un control de toda el agua inyectada al sistema ya que siempre existirán pérdidas del recurso hídrico al momento de su distribución. Al mismo tiempo es agua no contabilizada, que es uno de los problemas más frecuentes que enfrentan las empresas de agua potable (Campaña & Ortega, 2016).

El mal uso de los recursos hídricos a nivel mundial es un problema que causa una afectación económica, donde los principales afectados llegan a ser los contribuyentes y empresas que se encargan del suministro de agua, estas consecuencias son compartidas, es decir, los usuarios pagan el agua que consumen junto con la que se pierde en el camino y las empresas deben invertir dinero en reparaciones que ayude a mejorar la gestión (Alcuacer & Guaminga, 2023).

En nuestro país el problema de cobertura, gestión y distribución de sistemas de agua potable a comunidades rurales es evidente en un gran porcentaje, tanto por la enorme cantidad de agua que se pierde dentro del sistema de abastecimiento, como las conexiones

clandestinas que toman las personas debido a su carencia económica a manera de evitar el pago periódico del sistema del recurso hídrico.

Según la Agencia de Regulación y Control del Agua (2021) de acuerdo con el Boletín Estadístico de Agua Potable y Saneamiento, se evidencia una tasa de agua no contabilizada del 48.35%, sin embargo, es preocupante ver los datos del cantón Guano referente a la provincia de Chimborazo ya que presenta una tasa del 72.07% lo que indicaría que se desperdicia más del 70% de agua que es inyectada al sistema, se asume que existen varias deficiencias en la gestión de los sistemas de agua potable en la Regional Chazo - Santa Fe de Galán.

El presente trabajo de investigación se realiza con la finalidad de identificar la incidencia de fugas en la Regional Chazo - Santa Fe de Galán que dota a siete comunidades que entran en estudio.

Problema

Las fugas y pérdidas que se presentan en las redes de abastecimiento de agua potable de las siete comunidades en estudio pertenecientes a la Regional Chazo-Santa Fe de Galán nunca han sido estimadas, esto debido a la escasa implementación de estrategias de gestión que mejoren las falencias del sistema de abastecimiento. Es por ello que, ante la problemática plasmada surge la siguiente interrogante ¿Cuáles zonas presentan mayor incidencia de fugas y pérdidas en la red de distribución de agua y cómo puede mejorar la gestión por parte de la Junta Administradora de Agua Potable y Saneamiento (JAAPS) de la Regional Chazo-Santa Fe de Galán?

Justificación

Al tener presente que el recurso hídrico es fundamental para el desarrollo de las comunidades, sobre todo que el mismo se utiliza para la mayoría de las actividades cotidianas, es importante analizar la gestión de fugas en las redes de abastecimiento.

Se debe considerar que las redes de distribución en análisis pertenecen a la zona rural del cantón Guano, por ello poseen una mayor demanda en el sector agrícola y ganadero, resulta necesario un análisis en base a la cantidad de agua fugada con relación a la tarifación teniendo en cuenta el impacto económico que ocasionan las fugas y pérdidas de agua, así como la variación de presiones en la red de abastecimiento, a fin de establecer propuestas de mejora en la gestión y así se puedan tomar medidas que ayuden a mejorar la calidad de vida de los beneficiarios y la relación beneficio-costos de la JAAPS.

Objetivos

Objetivo General

Determinar la incidencia de fugas en redes de abastecimiento de agua en siete comunidades de la Regional Chazo- Santa Fe de Galán.

Objetivos Específicos

- Recolectar información de facturación e inyección de volúmenes de agua en las comunidades.
- Realizar un balance hídrico técnico, que permita detectar la cantidad de agua fugada en relación con el agua tarifada y verificar el impacto económico que representa.
- Identificar las zonas que presenten mayor cantidad de fugas en la red Regional Chazo-Santa Fe de Galán, utilizando los datos otorgados por la JAAPS.

- Mostrar gráficamente un mapa del sector de estudio con las zonas con mayor incidencia de fugas.
- Establecer soluciones frente a la existencia de fugas y pérdidas de agua para mejorar la gestión en la red.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.

Generalidades acerca del abastecimiento de agua potable

Abastecer de agua a una población es posible debido a la gestión y operación adecuada del sistema de agua potable. La infraestructura de tal sistema se compone de elementos como: tuberías, bombas, tanques de almacenamiento, plantas de tratamiento y otros que permiten la adquisición del recurso desde la fuente hídrica, su almacenamiento, potabilización y por último su distribución. Una vez que la población contamina el agua, el sistema de alcantarillado es el que se encarga de devolver el recurso al medio ambiente (Alvarado & Arévalo, 2016).

Red de distribución

Es el conjunto de tuberías, válvulas e hidrante que transportan el agua del reservorio a las redes principales donde estas alimentan a las redes secundarias y luego se unen para abastecer a las conexiones domiciliarias (Fuentes et al., 2011).

Fugas

Fugas, se refiere a la salida de agua no controlada en los elementos del sistema de distribución, provocadas por las roturas de las tuberías, uniones y válvulas (Fuentes et al., 2011)

Ochoa & Bourguett (2001), manifiestan que “Una fuga es un escape físico de agua en cualquier punto del sistema de agua potable; puede ocurrir en conducciones, tanques de almacenamiento, redes de distribución, conexiones domiciliarias y dentro de las casas de los usuarios”.

Las fugas en las redes de distribución

Las fugas generan desabastecimiento en sistemas de distribución de agua potable, siendo las principales causas la calidad de los materiales, el tiempo de vida útil y las presiones, estos problemas son difíciles de detectar ya que ocurren dentro o fuera de la superficie debido a ello se utilizan equipos tecnológicos.

Las fugas en las redes de distribución de agua potable son predominantes y constante en las empresas gestoras, a través del funcionamiento del servicio se puede determinar si es excelente o deficiente, teniendo en cuenta el volumen de agua que se fuga. Por ello, es necesario saber el punto de ocurrencia de la fuga analizando el área de estudio (Abarca, 2012).

Clasificación de fugas

Dentro de las fugas que se pueden ocasionar en la red de abastecimiento de agua potable según Jiménez (2003), se pueden considerar las siguientes:

Fugas visibles: Hacen referencia a todas aquellas fugas que debido a su naturaleza pueden ser identificadas en la superficie y pueden ser observadas en los andenes, calzada, presentarse como infiltración en los sótanos o presentarse en formas de manchas de humedad en muros de contención en sótanos, también se puede presentar en lugares donde hay hundimiento de la calzada.

Fugas semivisibles: Son aquellas de más difícil ubicación. Las señales de aviso de presencia de fugas semivisibles son: aparición de agua en la calzada o andenes,

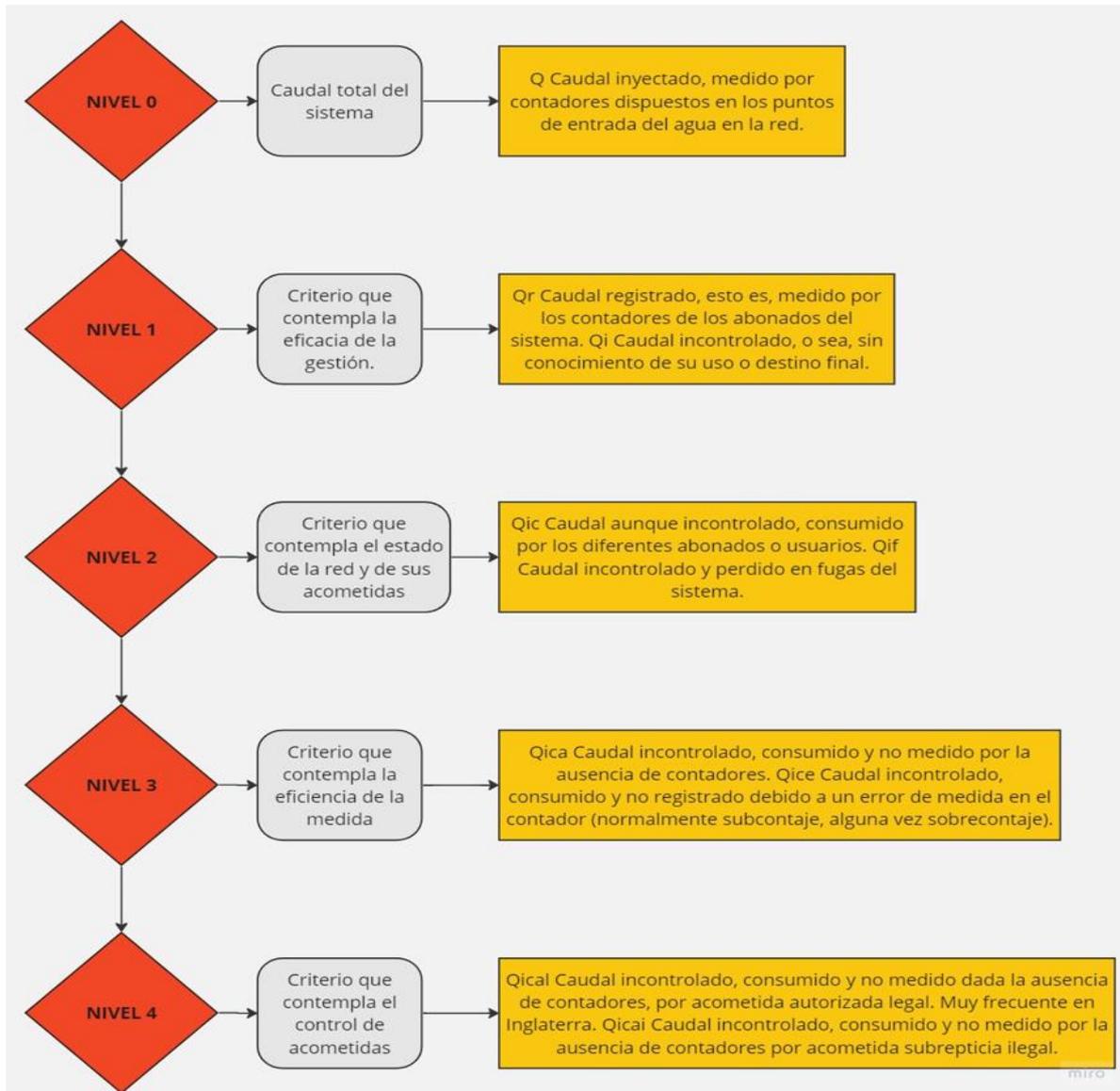
infiltración en los sótanos, aparición de agua en las cámaras de electricidad o teléfonos, entre otros.

Fugas no visibles: Las fugas no visibles no presentan efectos que puedan ser apreciados fácilmente, se determina la presencia de fugas no visibles mediante balances de agua. Un balance de agua se realiza con base en mediciones que realiza la empresa llamadas macro medición y micro medición. La macro medición hace referencia a la medición de volumen que entra a una zona específica de la ciudad y la micro medición se relaciona con el volumen facturado en el medidor de cada vivienda o edificio, se comparan las mediciones y se determina si hay sectores en los cuales definitivamente hay alguna anomalía.

Balance Hídrico

Según Cabrera (1999) y la International Water Association (IWA) en el año 2000 se hizo público un documento con todos los componentes que se deben analizar en un determinado período. Muchos países y empresas de agua han hecho uso de este formato en la actualidad y sugieren la siguiente terminología.

Figura 4 Balance hídrico completo de un sistema de distribución de agua



Fuente: (Cabrera et al., 1999)

Rango de desempeño

Se ha considerado tener una valoración para determinar la característica de una red de distribución. Tomando en cuenta el ARCA que, por su parte emplea la metodología Aquarating, donde mediante el uso de una Tabla 2 de rangos, miden la eficacia de los que prestan el servicio.

Tabla 2 Rango de desempeño de agua no contabilizada (ANC)

RANGO DE DESEMPEÑO	
$4.8 \% \leq ANC \leq 30 \%$	En el Rango alto se encuentra aquellos que sus valores reflejan estar por debajo del 30% por lo que la gestión de servicio y estado de infraestructura son aceptables y no necesitan mayor grado de intervención.
$30 \% < ANC \leq 45 \%$	En el Rango medio se encuentran aquellos prestadores que sus valores reflejan estar entre un rango de 45% y 30%. La gestión que desempeñan y nivel de infraestructura es considerado intermedio por lo que necesitan un grado de intervención moderado.
$ANC > 45 \%$	En el Rango bajo se encuentran aquellos que sus valores superan el 45% por lo que la gestión de servicio e infraestructura son considerados inaceptables. Aquí es necesario un grado de intervención alto como señal de emergencia.

Fuente: (Agencia de Regulación y Control del Agua, 2021)

Estado del arte

En el planeta la mejor forma para abastecer a las personas de agua es a través de sistemas o redes de agua potable. Dichos sistemas por general empiezan en una captación donde se obtiene este líquido y se lo transporta a una planta de tratamiento o planta potabilizadora de agua, para de allí ser distribuido a cada uno de los hogares, instituciones, locales, empresas, entre otros (Achache & Gómez, 2022).

De esta manera se puede entender que van a existir entes que regulen o manejen la distribución de agua potable, considerando volúmenes que se distribuyen y volúmenes que consumen los usuarios, es aquí donde se evidencia que los sistemas de agua son vulnerables a presentar fugas de agua y así generando problemas sociales, ecológicos y pérdidas económicas. En Ecuador existen diferentes entidades que regulan este servicio básico dependiendo la zona o ubicación de la población beneficiada, como es el caso de la red de estudio de esta investigación que la maneja la “Regional de agua San José de Chazo -Santa Fe de Galán”.

En América Latina se estima que existe de un 55% a 66% de fugas de agua en las redes de distribución, pero que a la par existe un índice de agua que no se contabiliza. Esto hace que el cálculo de dichos porcentajes sea mucho más inexacto y complejo de obtenerlo (García, 2020). En el Ecuador según el ARCA (2021), menciona en su boletín estadístico que solo en 18 de los 24 Gobiernos Municipales del país existe evidencia de agua no contabilizada con un porcentaje de 36.65% a 39.53%, datos que están bajo el porcentaje de Latinoamérica indicando así un mejor control del agua por parte del país.

Para la provincia de Chimborazo se presentan los siguientes valores para los índices de agua no contabilizada en los siguientes cantones; Riobamba 43.07%, Chambo 53.80%, Chunchi 42.27%, Pallatanga 82.24%, Penipe 57.81% y Guano con 72.07% para el resto de los cantones los datos no están contabilizados o se encuentran fuera de rango (Agencia de Regulación y Control del Agua, 2021).

En un estudio de agua no contabilizada (ANC) en el cantón Pangua en la provincia de Cotopaxi, donde se establecieron metodologías de recolección de información técnica y comercial, determinación de caudales inyectados y facturados, obtienen un resultado de un 67.90% de agua no contabilizada en el sistema del cantón. Así, identificando que el principal causante de este problema era que la red estaba compuesta de

tubería de hierro, donde dicho material al cumplir su vida útil empieza a degradarse y a presentar fisuras, aparte de esto también se identifica que existen fugas en las acometidas domiciliarias, al observar esto se proponen soluciones que abarcan la construcción de un programa de control de pérdidas y un aumento de los micromedidores para los usuarios registrados que no poseían medidores o presentaban daños en ellos (Rosero, 2019).

En el cantón de Portoviejo se presenta un porcentaje de agua no contabilizada del 71.24%, por ello, se tuvieron que realizar estudios que brinde soluciones y así determinar estrategias como: sectorización hidráulica, implementación de medidores a usuarios, renovación de las redes de agua, endurecimiento de las normativas y así evitar el consumo no autorizado. De esta forma, en un periodo de 5 años gracias a estas estrategias se debe evidenciar que el porcentaje de agua no contabilizada se reduzca a un 32.85% (Cedeño et al., 2021).

Por otra parte, Achache & Gómez (2022) en su investigación mencionan que para el año 2021 la ciudad de Riobamba presentó un porcentaje de agua no contabilizada (ANC) del 39%, donde el 31% son pérdidas reales y el 8% pérdidas aparentes, cuyo valor supera el límite establecido por el ARCA, en consecuencia, el sistema obtuvo una calificación de “regular” y su nivel de desempeño “medio”. De esta forma en el año 2021 existió una pérdida económica de \$3'295 959,00 perteneciente a un caudal fugado de 6'726 447,00 m³/año.

En la investigación de “Incidencia de fugas en la red de abastecimiento de agua potable de los cantones Chambo y Guano” el porcentaje de agua fugada en el cantón Guano tiene un valor de 50.79% y del 75.75% para el cantón Chambo, en dicha investigación proponen realizar en períodos definidos un estudio de balance hídrico para de esta forma dar seguimientos a las redes y tener una propuesta de mejora al sistema, además

recomiendan realizar capacitaciones al personal involucrado e impartirles evaluaciones para medir el conocimiento adquirido (Jaramillo & Oleas, 2022).

CAPÍTULO III. METODOLOGIA.

Tipo y Diseño de Investigación

El método aplicado en la presente investigación tiene enfoque mixto, tanto cuantitativo y cualitativo, ya que está basado en volúmenes de agua suministrados en la Regional Chazo – Santa Fe de Galán, ya que, según Borja (2016), el primer enfoque muestra una forma confiable de conocer la realidad a través de la recolección y análisis de datos, con lo que se podría contestar la pregunta de la investigación.

Al basarse en la medición numérica, en el conteo y frecuentemente en el uso de la estadística se puede establecer con exactitud patrones de comportamiento en una población y por parte se emplea en la recopilación de información de campo las cuales nos permitirán conocer las características, causas y consecuencia principales de las fugas, por lo que resultará útil resolver el problema de investigación de las incidencias de fugas en la red de abastecimiento de agua en siete comunidades de la Regional Chazo – Santa Fe de Galán cumpliendo así con los objetivos propuestos.

Técnicas de Recolección de Datos

En primera instancia tenemos que dejar claro que la Regional San José de Chazo – Santa Fé de Galán distribuye agua a comunidades que en su mayoría son de escasos recursos y por ello, el personal que se maneja en el mantenimiento es muy escaso, se considera realizar una entrevista a los encargados de la operación y mantenimiento, con la finalidad de recopilar información y conocer la frecuencia con la que realizan las reparaciones de fugas, el motivo de las reparaciones, el tipo de material que utilizan, personal que interviene y el tiempo que destinan a las reparaciones.

Así mismo, se analizan varios informes para conocer el historial de fugas. Desde la central administrativa se pueden obtener archivos que corresponden a planos del sistema de agua potable, expedientes técnicos, volúmenes de agua inyectada, facturada, entre otros.

Población de estudio y tamaño de muestra

La población de estudio corresponde a los usuarios de las comunidades de la Cabecera parroquial San José de Chazo, San José de Sabañag, Cahuaji Alto, Chipza, Saguazo Cruz de Mayo, Saguazo la Unión, San Luís de Sabañag las cuales forman parte de la Regional Chazo – Santa Fe de Galán. Se toma en cuenta toda la información brindada por las autoridades que regulan el abastecimiento, donde se indica que para diciembre del año 2022 las personas beneficiarias del servicio de agua potable son 808 usuarios.

Métodos de análisis, y procesamiento de datos.

Balance Hídrico

Para realizar el cálculo del balance hídrico se procesan todos los datos proporcionados por las autoridades que regulan el servicio de agua potable en la Regional Chazo – Santa Fe de Galán desde enero a diciembre desde el año 2018 hasta el año 2022, para ello se toma como referencia el trabajo propuesto por Cabrera (1999), el mismo que está conformado por los siguientes componentes:

Caudal inyectado “Q”: Volumen de agua inyectado a partir del aforo que se realiza de los tanques de almacenamiento.

Caudal registrado “Qr”: Volumen de agua registrada y facturada, que se obtienen a partir de los medidores ubicados en los domicilios de los usuarios.

Caudal incontrolado “Qi”: Volumen de agua que no se mide y que tiene un destino anónimo, el cual no es contabilizado por parte del ente encargado.

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

Caudal incontrolado consumido “Q_{ic}”: Volumen de agua que es consumido, aunque no es registrado y por ende no es recaudado.

Según Cabrera (1999), para que un sistema de abastecimiento se considere con una buena gestión, se admite un subcontaje del 4% y 5% del volumen inyectado. En este caso se emplea un subcontaje del 5% para el respectivo cálculo.

$$Q_{ic} = 0.05 * Q_r \quad (2)$$

Procesamiento de volúmenes inyectados “Q”

Para lograr la obtención de caudales inyectados, se realiza en campo el uso del equipo de flujo ultrasónico, tomando en cuenta varios datos que arrojaba el equipo para posteriormente realizar un análisis estadístico promedio y estimar un dato casi real.

La Tabla 3 muestra los caudales inyectados de cada comunidad recordando que tienen redes independientes a partir del tanque principal en el período 2018 – 2022.

Tabla 3 Caudales inyectados en el período 2018 - 2022 de las comunidades en estudio

REDES	N° de usuarios	Q inyectado (l/s)	Q inyectado (m3/mes)
San Jose de Chazo	312	1.90	5084.85
San José de Sabañag	87	0.53	1417.89
Cahuaji Alto	152	0.92	2477.24
Chipza	57	0.35	928.96
Saguazo Cruz de Mayo	69	0.32	857.09
Saguazo la Unión	72	0.49	1312.42
San Luis de Sabañag	59	0.42	1112.39
Total	808	4.92	13190.84

Procesamiento de volúmenes registrados “Qr”

Los registros de volúmenes a facturarse mensualmente se reportan mediante lecturas en los micromedidores que posee cada usuario. Por lo que el ente regulador de la Regional Chazo – Santa Fe de Galán registra los consumos en metros cúbicos de manera mensual.

A su vez se obtuvo la base de datos de los volúmenes consumidos mensuales de cada usuario por cada usuario de enero a diciembre dentro del período de 2018 – 2022, representado en un total de 44 299 datos, los mismos que se procesan mediante el software Microsoft Excel clasificándolos por meses y años como se detalla en las Tabla 5, Tabla 6, Tabla 7, Tabla 8, Tabla 9, Tabla 10 y Tabla 11.

Tabla 4 *Consumos mensuales facturados de la cabecera parroquial de San José de Chazo*

Mes	2018 m3/s	2019 m3/s	2020 m3/s	2021 m3/s	2022 m3/s
Enero	2340	2417	2544	2893	3314
Febrero	2079	2589	2504	2746	2355
Marzo	2581	2132	3151	2793	2619
Abril	2099	2307	3253	2465	2624
Mayo	2278	2163	3190	2946	2235
Junio	1964	2049	2828	2249	2217
Julio	2691	2754	1960	2589	2669
Agosto	2669	2906	2924	3251	2773
Septiembre	3028	2507	2904	2911	2712
Octubre	3008	3016	3601	2444	2644
Noviembre	1884	2560	2539	2427	2740
Diciembre	2396	2661	2534	3277	991

Tabla 5 *Consumos facturados de la comunidad de San José de Sabañag*

Mes	2018 m3/s	2019 m3/s	2020 m3/s	2021 m3/s	2022 m3/s
Enero	903	660	888	1120	1344
Febrero	603	929	1048	1135	1249
Marzo	696	578	1201	1235	893
Abril	698	812	1253	979	962
Mayo	767	927	1271	1077	906
Junio	883	814	1090	1003	866
Julio	853	964	1318	1142	1077
Agosto	884	771	1230	1080	947
Septiembre	785	764	1195	1025	1158
Octubre	1049	1124	1202	962	1112
Noviembre	849	798	1080	935	1174
Diciembre	1038	1169	1199	1030	1103

Tabla 6 *Consumos facturados de la comunidad de Cahuañi Alto*

Mes	2018 m3/s	2019 m3/s	2020 m3/s	2021 m3/s	2022 m3/s
Enero	865	845	1149	1224	1461
Febrero	933	958	1034	977	1021
Marzo	942	977	1586	1260	929
Abril	947	1258	1661	1113	1205
Mayo	938	915	1266	1131	999
Junio	943	868	1144	1068	1063
Julio	976	1188	1189	1069	1230
Agosto	884	963	1123	1144	973
Septiembre	967	1212	1033	1196	1026
Octubre	1128	942	1478	1025	1145
Noviembre	993	950	1059	1086	1379
Diciembre	1066	1098	1123	971	929

Tabla 7 *Consumos facturados de la comunidad de Chipza*

Mes	2018 m3/s	2019 m3/s	2020 m3/s	2021 m3/s	2022 m3/s
Enero	563	454	712	432	984
Febrero	447	521	639	509	853
Marzo	377	633	717	689	508
Abril	506	717	741	423	744
Mayo	459	469	518	384	414
Junio	666	382	581	1065	655
Julio	529	581	559	489	651
Agosto	638	608	510	598	591
Septiembre	688	574	508	833	657
Octubre	748	609	951	709	709
Noviembre	771	573	922	645	777
Diciembre	721	502	488	419	622

Tabla 8 *Consumos facturados de la comunidad de Saguzo Cruz de Mayo*

Mes	2018 m3/s	2019 m3/s	2020 m3/s	2021 m3/s	2022 m3/s
Enero	716	582	704	1002	878
Febrero	540	712	662	858	1047
Marzo	483	665	781	874	654
Abril	550	587	811	729	971
Mayo	730	550	867	638	683
Junio	686	564	636	863	838
Julio	539	639	747	633	792
Agosto	565	555	723	726	938
Septiembre	754	609	745	964	841
Octubre	676	698	944	806	849
Noviembre	678	818	710	766	1003
Diciembre	764	653	590	670	613

Tabla 9 *Consumos facturados de la comunidad Saguzo La Unión*

Mes	2018 m3/s	2019 m3/s	2020 m3/s	2021 m3/s	2022 m3/s
Enero	1003	865	187	1011	1202
Febrero	739	848	986	894	1611
Marzo	760	1086	1226	1213	1103
Abril	806	936	1271	837	1028
Mayo	886	753	1059	1176	849
Junio	916	891	944	1019	1059
Julio	839	975	1151	1094	1127
Agosto	920	988	930	1139	1073
Septiembre	1015	848	1094	1262	1187
Octubre	917	1119	1425	940	974
Noviembre	991	778	876	1039	1656
Diciembre	1045	937	1198	798	941

Tabla 10 *Consumos facturados de la comunidad San Luis de Sabañag*

Mes	2018 m3/s	2019 m3/s	2020 m3/s	2021 m3/s	2022 m3/s
Enero	465	345	615	713	351
Febrero	386	532	459	637	945
Marzo	353	428	651	763	375
Abril	361	549	662	566	1145
Mayo	469	652	494	567	480
Junio	388	524	627	390	697
Julio	376	536	726	725	419
Agosto	421	477	585	467	528
Septiembre	445	459	671	642	612
Octubre	529	661	1091	531	580
Noviembre	505	453	689	582	712
Diciembre	531	674	853	765	865

Procesamiento de consumos no medidos autorizados por ausencia de contadores (Qic)

En la red de distribución existe un porcentaje de usuarios donde se consume agua y no se cuenta con micro medición, debido a que la misma está destinada a instituciones públicas. En estos casos se estiman valores medios de consumo basándonos en la Normativa Ecuatoriana de la Construcción NEC Capítulo 16 donde se usa la dotación estimada basándose en el tipo de edificio y número de usuarios, como se muestra en la Tabla 11:

Tabla 11 *Caudal Incontrolado Consumido San José de Chazo*

Tipo de Edificaciones	Cantidad	Unidad	Dotación NEC 11 CAP16	Qmedio diario l/s	Volumen mensual m3/mes
GADP San José de Chazo	2	l/persona/día	70	0.002	4.2
Puesto de Salud San José de Chazo	3	l/ocupante/día	500	0.017	45
Asociación de Productores Agrícolas San José de Chazo	1	l/persona/día	70	0.001	2.1
Jardín de Infantes	25	l/estudiante/día	35	0.010	26.25
Cementerio parroquial	2	l/visitante/día	4	0.000	0.24
Unidad Educativa Enrique Rodo 1	40	l/estudiante/día	35	0.016	42
Unidad Educativa Enrique Rodo 2	42	l/estudiante/día	35	0.017	44.1
Estadio Parroquial	4500	l/m2/día	8	0.417	1080
Guardería	7	l/estudiante/día	35	0.003	7.35
Convento Parroquial	2	l/visitante/día	7	0.000	0.42
Subtotal				0.483	1251.66

Tabla 12 *Caudal Incontrolado Consumido San José de Sabañag*

Tipo de Edificaciones	Cantidad	Unidad	Dotación NEC 11 CAP16	Qmedio diario l/s	Volumen mensual m3/mes
Seccional San José de Sabañag	10	l/persona/día	70	0.008	21
Unidad Educativa Gonzalo Sandulvide	35	l/estudiante/día	35	0.014	36.75
Subtotal				0.022	57.75

Tabla 13 *Caudal Incontrolado Consumido Cahuaji Alto*

Tipo de Edificaciones	Cantidad	Unidad	Dotación NEC 11 CAP16	Qmedio diario l/s	Volumen mensual m3/mes
Seguro del Campesinado (IESS)	9	l/persona/día	70	0.007	18.9
Escuela Miguel Ángel Corral	46	l/estudiante/día	35	0.019	48.3
Subtotal				0.026	67.2

Tabla 14 *Caudal Incontrolado Consumido Chipza*

Tipo de Edificaciones	Cantidad	Unidad	Dotación NEC 11 CAP16	Qmedio diario l/s	Volumen mensual m3/mes
Escuela	29	l/estudiante/día	35	0.012	30.45
Subtotal				0.012	30.45

Tabla 15 Caudal Incontrolado Consumido Saguzo Cruz de Mayo

Tipo de Edificaciones	Cantidad	Unidad	Dotación NEC 11 CAP16	Qmedio diario l/s	Volumen mensual m3/mes
Casa Comunal	8	l/persona/día	70	0.006	16.8
Subtotal				0.006	16.8

Tabla 16 Caudal Incontrolado Consumido Saguzo La Unión

Tipo de Edificaciones	Cantidad	Unidad	Dotación NEC 11 CAP16	Qmedio diario l/s	Volumen mensual m3/mes
Tienda Comunitaria	5	L/persona/día	15	0.001	2.25
Planta procesadora de leche	15	L/trabajador/jornada	100	0.052	135
Subtotal				0.053	137.25

Tabla 17 Caudal Incontrolado Consumido San Luis de Sabañag

Tipo de Edificaciones	Cantidad	Unidad	Dotación NEC 11 CAP16	Qmedio diario l/s	Volumen mensual m3/mes
Seccional San Luis de Sabañag	8	l/persona/día	70	0.006	16.8
Escuela San Luis de Sabañag	35	l/estudiante/día	35	0.014	36.75
Subtotal				0.021	53.55

Para la realización del balance hídrico esta categoría es considerada como “agua consumida y no medida por ausencia de contadores” (Qic).

Procesamiento de volúmenes consumidos y no registrados por error de medida (Qice)

Según Cabrera (1999), el caudal que se consume y no se registra es debido a un error que quizá presente los micromedidores no puede ser despreciado y debe incluirse dentro del cálculo del balance hídrico ya que podría tener valores significativos.

Con la base de datos de los consumos por parte de los usuarios se puede observar que ciertos micromedidores reportan consumos de 0 m³, y esto puede ser ocasionado por diversas causas, ya sea que se trate de viviendas inhabitadas o por deficiencias en los medidores.

De acuerdo con Cabrera (1999), para sistemas de abastecimiento que contemplan una buena gestión se admite un subcontaje del 4% al 5% del volumen inyectado, se asume un subcontaje del 5%.

Rendimientos hídricos porcentuales

Para satisfacer la necesidad de determinar la eficiencia hídrica de una red de agua es importante determinar el porcentaje de los rendimientos volumétricos, donde Cabrera, (1999), propone las siguientes ecuaciones:

Rendimiento global del sistema: determina la relación que existe entre; el volumen registrado y el volumen del caudal inyectado.

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

(3)

Donde:

n_s = Rendimiento global del sistema

Q_r = Caudal registrado

Q = Caudal inyectado

Rendimiento de la red: se lo encuentra dividiendo el caudal consumido para el caudal inyectado.

$$n_r = \frac{Q_s}{Q} = \frac{Q_r + Q_{ic}}{Q} \quad (4)$$

Donde:

n_r = Rendimiento de la red

Q_r = Caudal registrado

Q_{ic} = Caudal incontrolado

Q = Caudal inyectado

Caudal suministrado: se comprende como la suma del caudal registrado más el caudal incontrolado.

$$Q_s = Q_r + Q_{ic} \quad (5)$$

Donde:

Q_s = Caudal suministrado

Q_r = Caudal registrado

Q_{ic} =Caudal incontrolado

Después de la obtención de los resultados del rendimiento global del sistema y de rendimiento individual de cada red, se debe clasificar estado según el rango establecido en la Tabla 18 que se muestra a continuación.

Tabla 18 Rangos de eficiencia de la red de agua

RANGO	CALIFICACIÓN
$n_s > 0.9$	Excelente
$0.8 < n_s < 0.9$	Muy bueno
$0.7 < n_s < 0.8$	Bueno
$0.6 < n_s < 0.7$	Regular
$0.5 < n_s < 0.6$	Malo
$0.5 < n_s$	Inaceptable

Fuente: (Cabrera et al., 1999)

Proceso de obtención de reporte de fugas

Mediante la colaboración de la JAAPS, se obtienen los datos de los informes mensuales de trabajo realizados en la red, en donde, constan todo tipo de daños registrados y reparados, teniendo así información trascendental y de suma importancia para el reporte de fugas.

Recopilación de información en campo

La recopilación de información en campo se basa en la visita a la Regional, de 1 a 3 veces por semana para poder conocer el recorrido de la red de agua potable de Santa Fe de Galán, junto con la obtención de reportes de daños en el sistema. Además, se realizan visitas a la JAAPS, cada fin de mes para lograr obtener los informes de trabajos mensuales realizados en la red y de esta forma poder analizar la gestión por parte de la junta.

Digitalización de resultados

Teniendo en consideración los datos recolectados y con la ayuda de sistemas de información geográfica, se pueden identificar las zonas más afectadas por la presencia de problemas en la red, de esta manera, por medio de una escala de colores se identifican en el

mapa las zonas con mayor incidencia de fugas en el sistema por comunidades de la JAAPS.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Planteamiento de la propuesta

Una vez realizado el balance hídrico propuesto por Cabrera (1999) se obtienen los siguientes resultados correspondientes a las siete comunidades de estudio que pertenecen a la Regional San José de Chazo – Santa Fe de Galán, entre el período 2018 – 2022. Estudio que se realizó gracias a los datos brindados por la Regional.

Tabla 19 Balance hídrico general siete comunidades 2018 – 2022

Año	Caudales inyectados	Caudales registrados	Consumido y no registrado por error	Caudal incontrolado consumido	Caudal incontrolado	Caudal fugado
	(Q)	(Qr)	(Qice)	(Qic)	(Qi)	(Qif)
	m3/año	m3/año	m3/año	m3/año	m3/año	m3/año
2018	151495.28	81467.00	7765.58	19375.92	73844.52	42886.78
2019	151495.28	84114.00	7765.58	19375.92	71197.52	40239.78
2020	151495.28	99988.00	7765.58	19375.92	55323.52	24365.78
2021	151495.28	95472.00	7765.58	19375.92	59839.52	28881.78
2022	151495.28	95835.00	7765.58	19375.92	59476.52	28518.78
Total	757476.38	456876.00	38827.88	96879.60	319681.60	164892.90

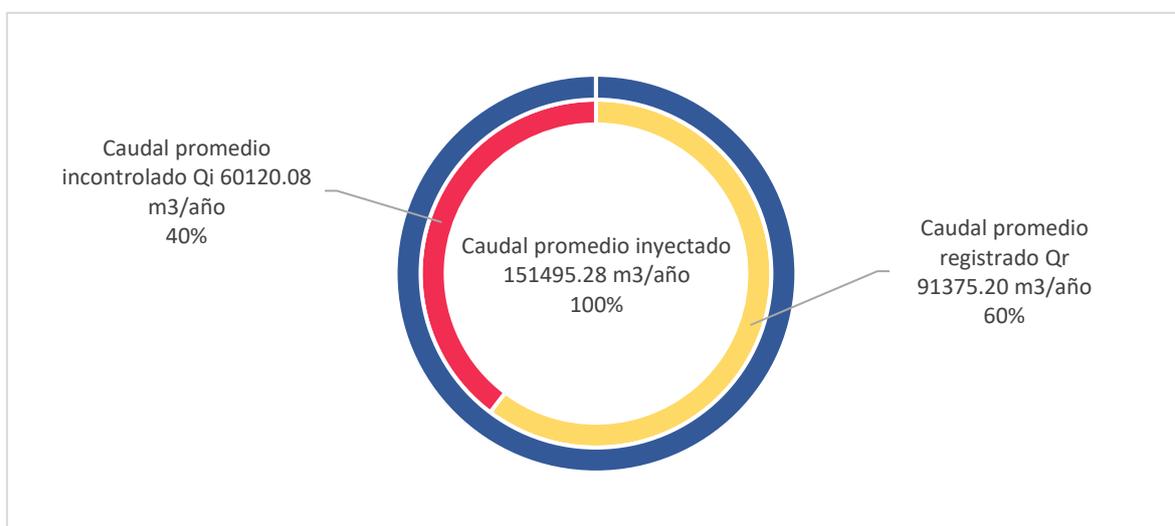
De acuerdo con el análisis de datos recopilados en la Tabla 19, se muestran todos los datos acumulados y promedios anuales, que pertenecen a cada uno de los caudales que intervienen en el balance hídrico.

Tabla 20 Resumen balance hídrico técnico

Descripción	Caudales Promedios		Caudales Acumulados (anuales)	
	l/s	m ³ /año	l/s	m ³ /año
Caudal inyectado (Q)	58.81	151495.28	294.04	757476.38
Caudal registrado (Qr)	34.79	91375.20	173.95	456876.00
Caudal incontrolado consumido y no registrado (Qice)	2.95	7765.58	14.77	38827.88
Caudal incontrolado consumido (Qic)	7.38	19375.92	36.90	96879.60
Caudal incontrolado (Qi)	24.31	60120.08	121.54	300600.38
Caudal incontrolado fugado (Qif)	13.97	32978.58	69.87	164892.90

El valor promedio anual de volúmenes inyectados para las siete comunidades es de 757 476.38 m³. Valor que, al ser restado del volumen promedio registrado, da como resultado un caudal incontrolado de 300 600.38 m³ valor que representa el 40% de pérdidas, tal como se observa en la Figura 5.

Figura 5 Caudal promedio incontrolado 2018-2022



Elaborado: (Bravo Zúñiga & Calvopiña Bejarano, 2023)

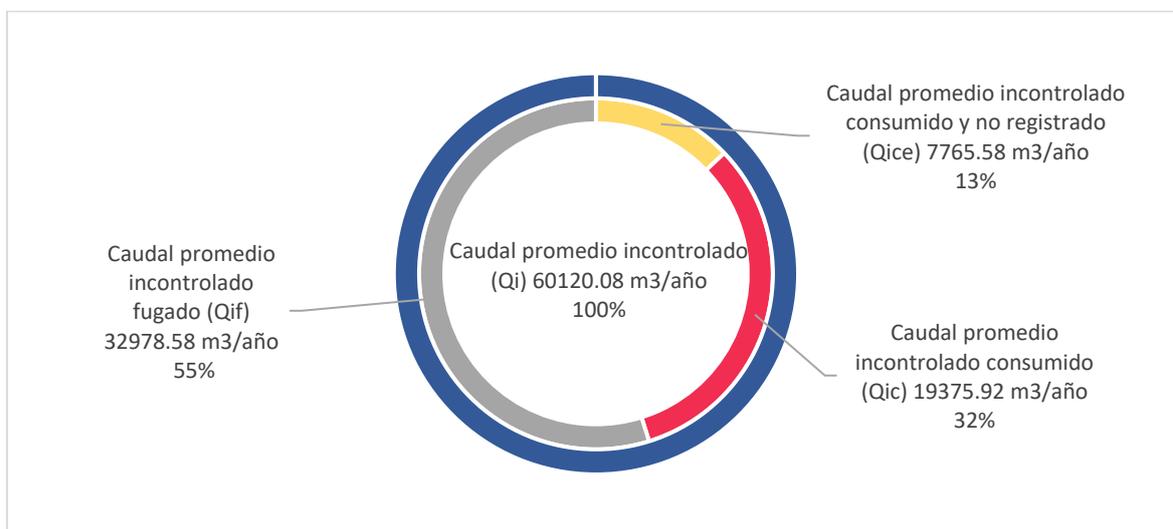
El agua incontrolada refleja un mal registro de consumo junto con una facturación inadecuada, la misma recae en un índice negativo que se convierte en pérdidas. Dichas pérdidas como daños en tuberías, errores de facturación y consumo ilícito en tuberías,

inciden fuertemente en este porcentaje. De acuerdo con el ARCA (2021), la entidad que administra la Regional debe procurar que el valor no sobre pase el 45%. En este análisis al resultar un porcentaje del 40% se podría categorizar como una gestión con un nivel de desempeño “Medio” y un grado de intervención “Moderada”.

En la Figura 6 se observa en porcentaje la principal causa del caudal incontrolado, dando como resultado a que el principal factor sea el caudal fugado, ya que el caudal incontrolado consumido representa el 32%, el caudal incontrolado consumido y no registrado el 13% así como el caudal fugado en un 55%.

Debido a los datos estadísticos obtenidos como resultado es necesario realizar estrategias de ayuda, que permitan minimizar este índice además de una mejor organización en la distribución de agua a instituciones en las cuales no se hace el correcto análisis de medición y consumo.

Figura 6 Comparativos de promedios incontrolados 2018-2022



Elaborado: (Bravo Zúñiga & Calvopiña Bejarano, 2023)

A continuación, en la Tabla 21 se muestra la comparación entre el caudal incontrolado (Qi) y el caudal fugado (Qif). El análisis se lo realiza en los 5 años de estudio en valores netos de volumen e índice de participación en porcentaje.

Tabla 21 Resultados anuales del caudal incontrolado y fugado

Año	Caudal incontrolado (Qi)		Caudal fugado (Qif)	
	m3/año	l/s	m3/año	l/s
2018	73844.52	28.12	42886.78	17.79
2019	71197.52	27.07	40239.78	16.74
2020	55323.52	21.06	24365.78	10.72
2021	59839.52	22.76	28881.78	12.42
2022	59476.52	22.54	28518.78	12.20

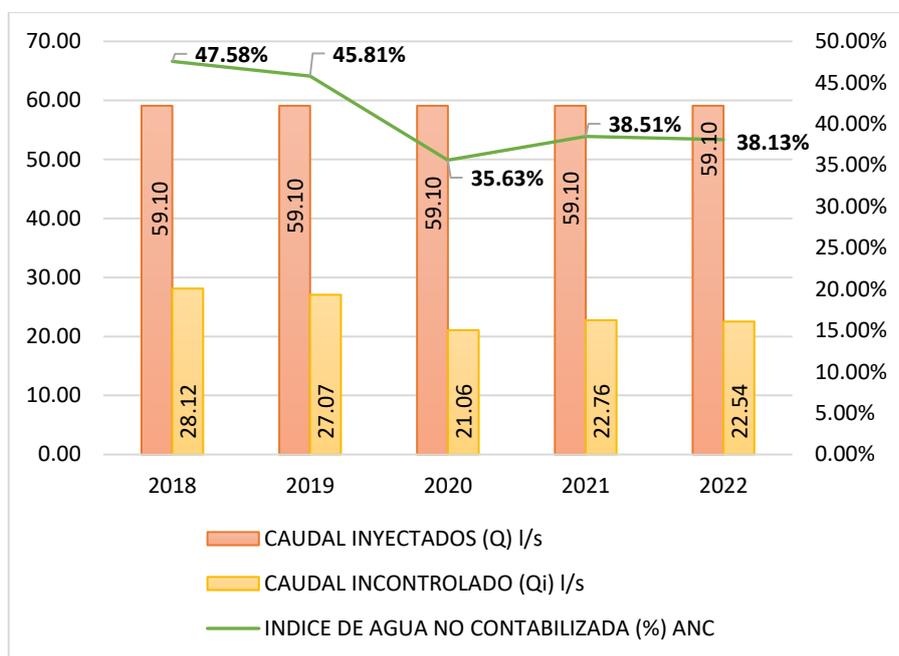
En el año 2018 se evidencian mayores pérdidas en los caudales de las siete comunidades. Por caudal incontrolado (volumen de agua no registrada) se tiene un caudal de 73 844.52 m3/año lo que equivale 28.12 l/s; del cual, 42 886.78 m3 corresponde a fugas. El porcentaje más alto por índice de ANC es del 47.58% en el mismo año 2018. Sin embargo, teniendo en cuenta la calificación que otorga el ARCA sigue perteneciendo al rango de desempeño “Bajo” según la calificación que se establece.

Tabla 22 Índice de agua no contabilizada por año

Año	Caudal inyectado (Q)	Caudal incontrolado (Qi)	Índice de agua no contabilizada	Calificación
	l/s	l/s	m3/año	l/s
2018	59.10	28.12	47.58%	Bajo
2019	59.10	27.07	45.81%	Bajo
2020	59.10	21.06	35.63%	Medio
2021	59.10	22.76	38.51%	Medio
2022	59.10	22.54	38.13%	Medio

El porcentaje de ANC se lo define entre la relación del caudal incontrolado y el caudal inyectado en litros por segundo dicho caudal resulta de la sumatoria de cada año de todo el sistema de la Regional, como se muestra en la Figura 7.

Figura 7 Índice de agua no contabilizada 2018-2022 de las comunidades en estudio



Elaborado: (Bravo Zúñiga & Calvopiña Bejarano, 2023)

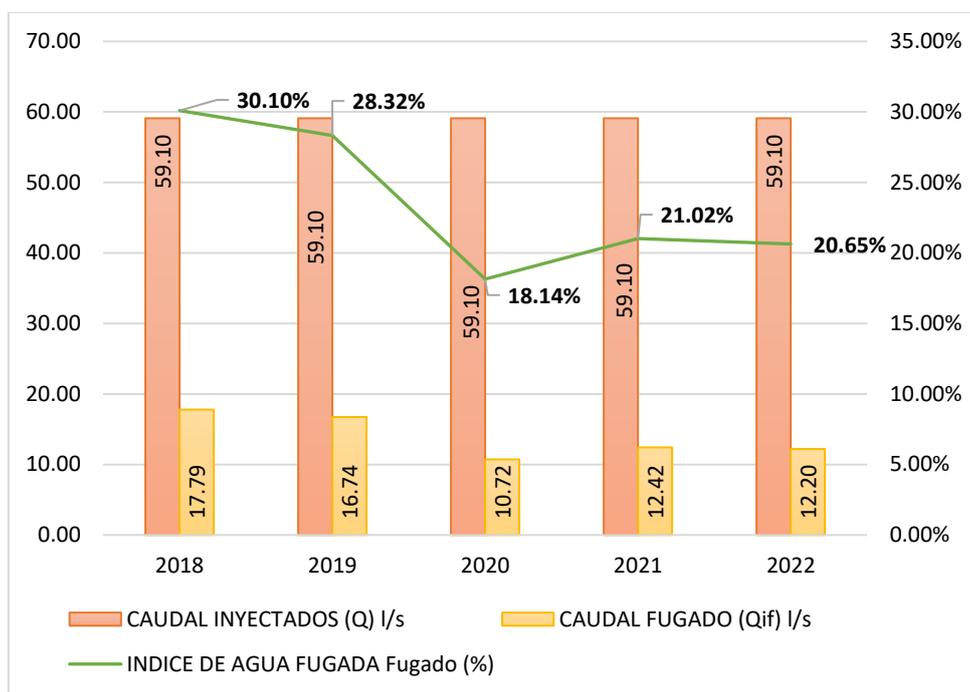
De la misma forma, si relacionamos el caudal fugado con el caudal inyectado en litros por segundo podemos obtener el porcentaje de fugas, como se observa en la Tabla 23.

Tabla 23 Índice de agua fugada

Año	Caudales inyectados (Q)	Caudal fugado (Qif)	Índice de agua fugada
	l/s	l/s	Fugado (%)
2018	59.10	17.79	30.10%
2019	59.10	16.74	28.32%
2020	59.10	10.72	18.14%
2021	59.10	12.42	21.02%
2022	59.10	12.20	20.65%

Como se observa, en el año 2020 se tiene un valor bajo respecto al porcentaje de fugas es decir una disminución favorable de pérdidas. Sin embargo, para el año 2021 se incrementó un 2.88%.

Figura 8 Índice de agua fugada 2018-2022 de las comunidades en estudio



Elaborado: (Bravo Zúñiga & Calvopiña Bejarano, 2023)

La Tabla 24 muestra a continuación el costo por volumen de consumo que pertenecen a las siete comunidades de estudio, con el promedio anual, mensual y diaria en el período de 5 años.

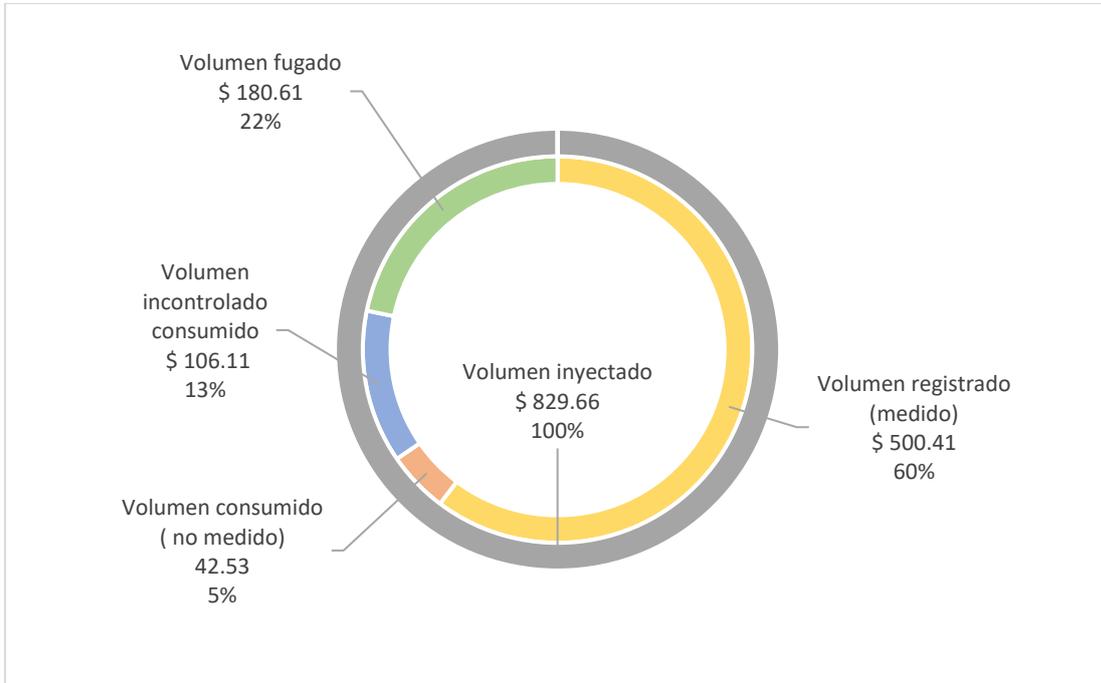
Tabla 24 Costo por volumen diario, mensual y anual.

Costo m3: \$2				
	VOLÚMENES		COSTO	
Volumen inyectado	m3/día	414.83	\$/día	829.66
757476.38	m3/mes	13526.36	\$/mes	27052.73
m3/año	m3/año	151495.28	\$/año	302990.55
Volumen registrado (medido)	m3/día	250.21	\$/día	500.41
456876.00	m3/mes	8158.50	\$/mes	16317.00
m3/año	m3/año	91375.20	\$/año	182750.40
Volumen consumido no medido	m3/día	21.26	\$/día	42.53
38827.88	m3/mes	693.36	\$/mes	1386.71
m3/año	m3/año	7765.58	\$/año	15531.15
Incontrolado consumido (Qic)	m3/día	53.06	\$/día	106.11
96879.60	m3/mes	1614.66	\$/mes	3229.32
m3/año	m3/año	19375.92	\$/año	38751.84
Volumen fugado	m3/día	90.30	\$/día	180.61
164892.90	m3/mes	2944.52	\$/mes	5889.03
m3/año	m3/año	32978.58	\$/año	65957.16

En las siete comunidades en estudio existe un caudal inyectado anual de 151 495.28 m³, del mismo 32 978.58 m³ pertenecen a fugas suscitadas dentro de las siete comunidades, dando como resultado en términos económicos, una pérdida total de \$ 65 957.16 por año.

A continuación, se refleja una gráfica con el porcentaje de participación económica por volumen diario obtenido, dando como resultado que, del valor inyectado por día, el 60% representa el volumen recaudado, el 22% representa pérdidas, el 13% representa el volumen incontrolado consumido y el 5% al volumen consumido y no medido.

Figura 9 Costo de agua fugada a diario 2018-2022



Elaborado: (Bravo Zúñiga & Calvopiña Bejarano, 2023)

Se realiza una estimación del número de personas que se podría beneficiar con el servicio en caso de que el volumen que se pierde se pudiera recuperar. Para ello se necesita la cifra de agua fugada a diaria, el volumen de agua que utiliza una persona por día y el número de habitantes por vivienda.

Tabla 25 Costo por volumen diario, mensual y anual

Descripción	Datos		Fuente
Volumen fugado diariamente	90.30	m3/día	(Bravo & Calvopiña, 2023)
Dotación	150	lt/hab/día	(Arellano et al., 2018)
Número de habitantes por vivienda	4.2	habitantes	(INEC, 2010)

En la Tabla 25 se observan los datos que se trabajaran en la siguiente ecuación

(INEN, 2003):

$$Q_{med} \frac{lt}{día} * 1000 = q \frac{lt}{hab * día} * N \tag{6}$$

Donde:

Q med: caudal medio diario

q: dotación

N: población

Para encontrar el número de habitantes, se procede a dividir el volumen diario fugado para el consumo real de dotación:

$$N = \frac{90.83 * 1000 \frac{lt}{día}}{150 \frac{lt}{hab * día}}$$

$$N = 606 \text{ habitantes}$$

En las siete comunidades de estudio de la Regional Santa José de Chazo – Santa Fe de Galán existen personas con escasos recursos por lo que al encontrar que a 606 habitantes se podría abastecer con agua fugada que se reporta diariamente dentro de la Regional y a su vez si este valor dividimos para el número de habitantes por vivienda, podemos estimar el número de familias, tal como se muestra a continuación:

$$N^{\circ} \text{ Familias} = \frac{606 \text{ hab}}{4.2 \text{ hab por vivienda}}$$

$$N^{\circ} \text{ Familias} = 144 \text{ familias}$$

Es decir, 144 familias se podrían abastecer a diario con el volumen de agua registrado por fuga.

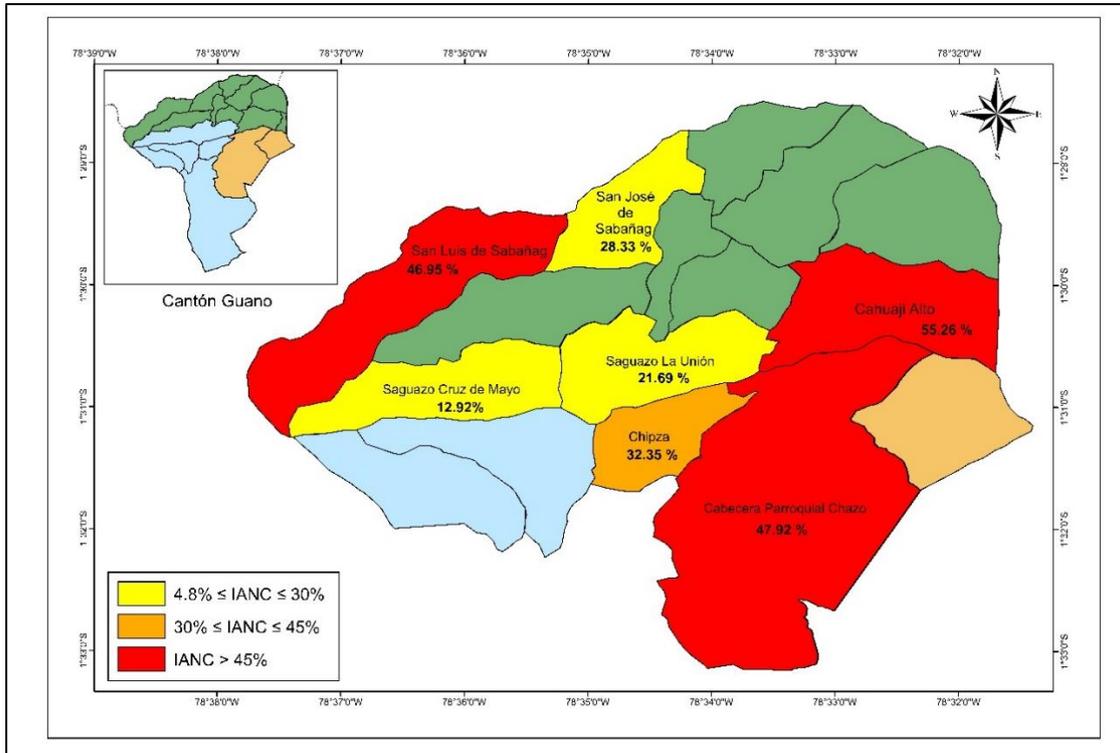
Resultados del balance hídrico técnico general por redes

Concluido el análisis del balance hídrico global por años, se continua con el análisis del comportamiento de cada red del sistema, utilizando la misma metodología para el análisis, y así poder determinar las comunidades que poseen la mayor incidencia de fugas en el período de tiempo analizado.

Tabla 26 Balance hídrico por red de distribución

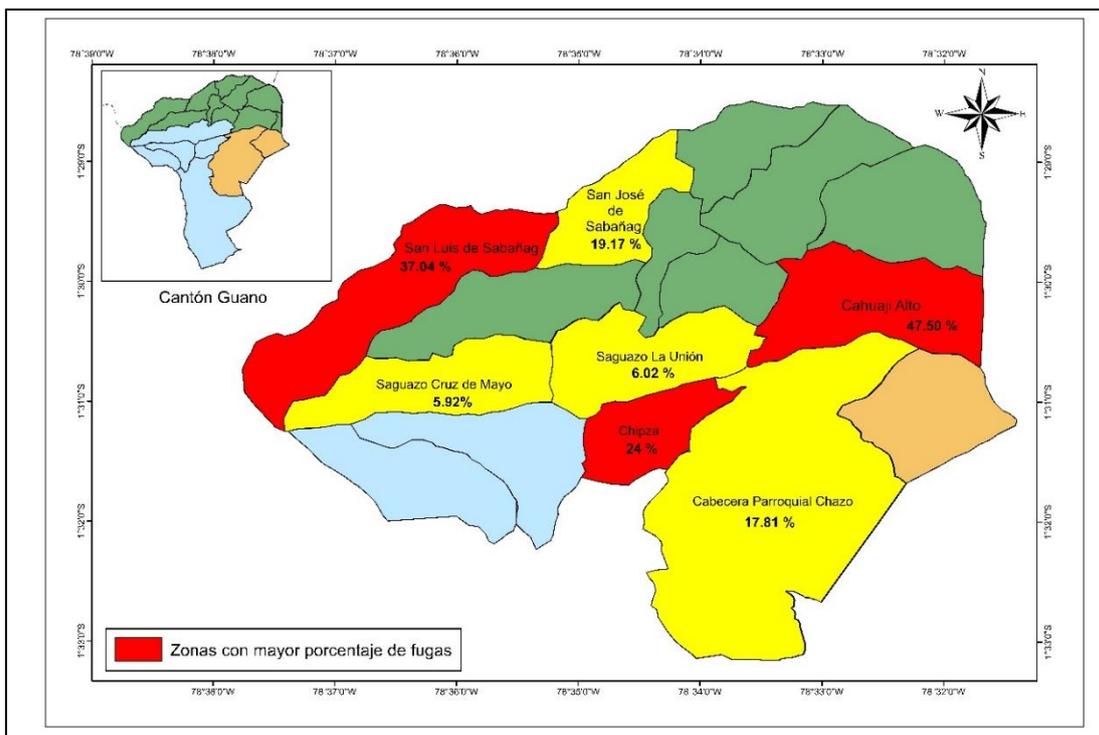
N°	COMUNIDADES	CAUDAL INYECTADO		FACTURADO		CONSUMIDO Y NOREGISTRADO		INCONTROLADO CONSUMIDO Qic		TOTAL Qr+Qice		Q INCONTROLADO		Q FUGADO		ANC	AGUA FUGADA
		(l/s)	(m3/años)	(m3/años)	(l/s)	(m3/años)	(l/s)	(m3/años)	(l/s)	(m3/años)	(l/s)	(m3/años)	(l/s)	(m3/años)	(l/s)	%	%
1	San Jose De Chazo	113.91	299350.22	155894.00	59.32	14967.51	5.70	75099.60	28.60	245961.11	93.62	143456.22	54.59	53389.11	20.29	47.92	17.81
2	San José De Sabañag	31.76	83472.66	59807.00	22.77	4173.63	1.59	3465.00	1.32	67445.63	25.67	23665.66	9.00	16027.02	6.09	28.33	19.17
3	Cahuaji Alto	55.49	145837.29	65225.00	24.83	7291.86	2.77	4032.00	1.54	76548.86	29.14	80612.29	30.67	69288.42	26.36	55.26	47.50
4	Chipza	20.81	54688.98	36942.00	14.08	2734.45	1.04	1827.00	0.70	41503.45	15.81	17746.98	6.73	13185.53	5.00	32.35	24.00
5	Saguazo Cruz De Mayo	19.20	50457.60	43869.00	16.72	2522.88	0.96	1008.00	0.38	47399.88	18.06	6588.60	2.48	3057.72	1.14	12.92	5.92
6	Saguazo La Unión	29.40	77263.20	60440.00	23.02	3863.16	1.47	8235.00	3.14	72538.16	27.63	16823.20	6.38	4725.04	1.77	21.69	6.02
7	San Luis De Sabañag	24.92	65487.66	34699.00	13.22	3274.38	1.25	3213.00	1.22	41186.38	15.69	30788.66	11.70	24301.27	9.23	46.95	37.04
TOTAL		295.49	776557.60	456876.00	173.95	38827.88	14.77	96879.60	36.90	592583.48	225.62	319681.60	121.54	183974.12	69.87	35.06	22.50

Figura 10 Porcentaje de ANC por comunidad



Elaborado: (Bravo Zúñiga & Calvopiña Bejarano, 2023)

Figura 11 Porcentaje de agua fugada por comunidad



Elaborado: (Bravo Zúñiga & Calvopiña Bejarano, 2023)

Considerando las cifras obtenidas, se puede marcar el nivel al que corresponde cada red de la Regional, citando la Tabla 27 que nos ofrece el ARCA.

Tabla 27 Rangos de nivel de desempeño de una red

NIVEL DE DESEMPEÑO		
Nivel I – Alto 4.8 % < ANC < 30%	Nivel II – Medio 30 % < ANC < 45%	Nivel III – Bajo ANC > 45%
San José de Sabañag Saguazo Cruz de Mayo Saguazo la Unión	Chipza	San Jose de Chazo Cahuaji Alto San Luis de Sabañag
Fuente (Agencia de Regulación y Control del Agua, 2021)		

De esta forma identificamos, que, de las siete redes analizadas de la regional, se encuentran 3 en nivel I, 3 en nivel III y 1 en nivel II, así identificamos que existe un nivel de desempeño equilibrado respecto a los niveles y porcentajes de ANC, que podemos deducir que la Red en general mantiene un nivel promedio de desempeño medio.

Resultado del rendimiento volumétrico

Para cumplir la regulación 0 0 3 de la Agencia de Regulación y Control del Agua , que menciona; después de concluir con el análisis del balance hídrico por redes de distribución y su nivel de desempeño, se continua con el análisis de los rendimientos volumétricos, a través del método que nos explica Cabrera (1999).

Tabla 28 Eficiencia hídrica de abastecimiento de agua potable

RENDIMIENTOS VOLUMÉTRICOS	Fórmula	Valor (%)
Rendimiento global del sistema	$\eta_s = Q_r / Q$	60.32%
Rendimiento de la red	$\eta_r = Q_s / Q$	78.11%
Rendimiento de la medición	$\eta_g = Q_r / Q_s$	77.22%

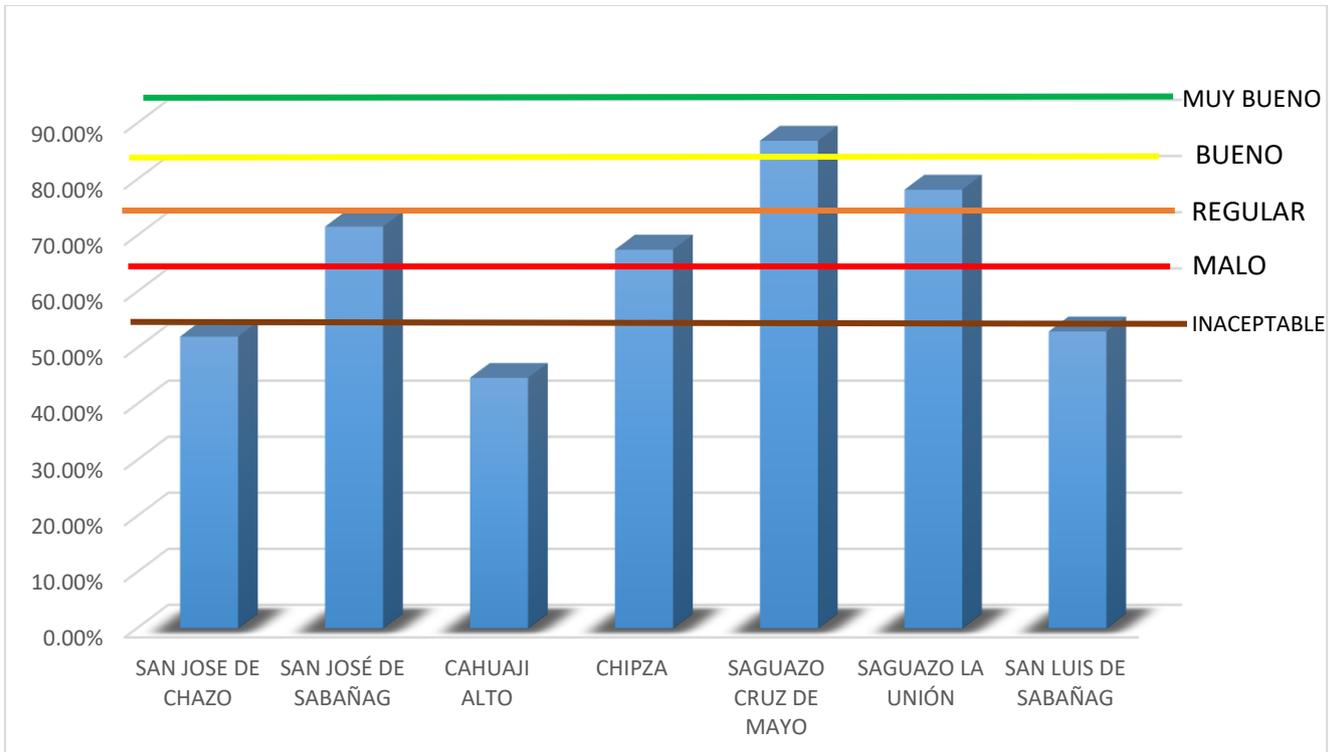
De acuerdo con lo mostrado en la Tabla 28 de eficiencia hídrica de abastecimiento de agua potable, se identifica que dentro de las siete comunidades de la regional llega a existir un rendimiento global del sistema de un 60.32%, el cual nos dice que esta red tiene una calificación de “Malo”, esto respecto a los lineamientos que nos da Cabrera (1999). Así se detalla a continuación el rendimiento volumétrico por cada red y su respectiva calificación a continuación:

Tabla 29 Eficiencia hídrica de abastecimiento de agua potable por red

N°	COMUNIDADES	RENDIMIENTO GLOBAL DEL SISTEMA	RENDIMIENTO DE LA RED	RENDIMIENTO DE LA MEDICIÓN	CALIFICACIÓN
1	San Jose de Chazo	52.08%	82.17%	63.38%	Inaceptable
2	San José de Sabañag	71.65%	80.80%	88.67%	Regular
3	Cahuaji Alto	44.72%	52.49%	85.21%	Inaceptable
4	Chipza	67.55%	75.89%	89.01%	Regular
5	Saguazo Cruz de Mayo	86.94%	93.94%	92.55%	Muy bueno
6	Saguazo la Unión	78.23%	93.88%	83.32%	Bueno
7	San Luis de Sabañag	52.99%	62.89%	84.25%	Inaceptable
PROMEDIO		67.01%	76.65%	87.17%	Regular

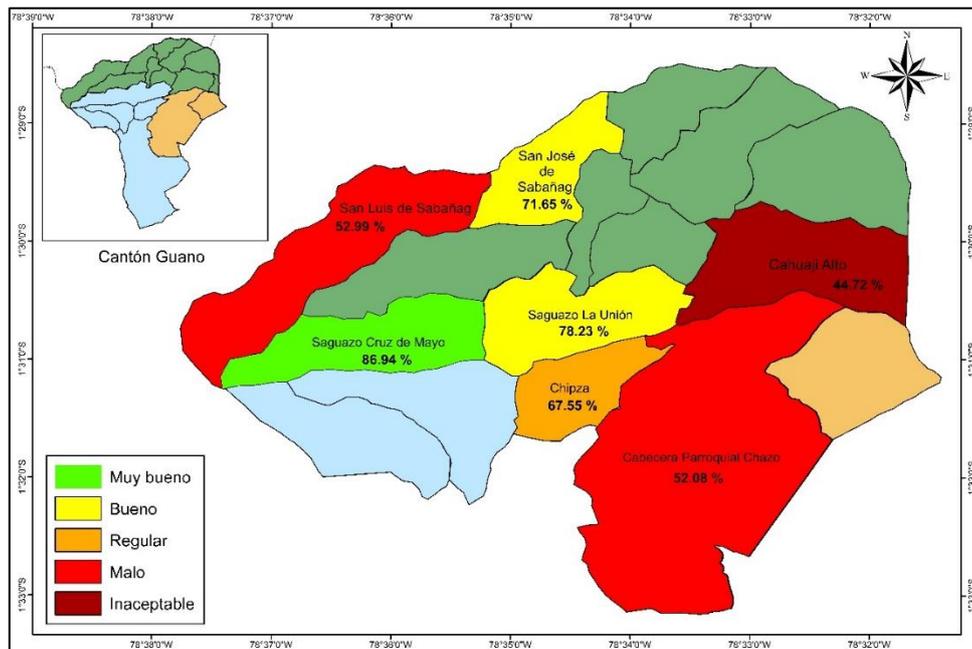
Según se muestra la Figura 11, existen 4 comunidades que superan el porcentaje del 60% y 3 comunidades por debajo de este y cabe recalcar que red tiene rendimientos que van de “inaceptable” a “muy bueno”, denotando que pueda existir mayor priorización de atención para ciertas redes, es importante recalcar que en Saguazo Cruz de Mayo obtienen un rendimiento del 86.94%, que esto nos indica que es la red que en mejor estado se encuentra, de esta forma, se entiende que en promedio y de manera general el sistema posee un rendimiento “Regular”.

Figura 12 Rendimientos globales por cada red de distribución - 2018- 2022



Elaborado: (Bravo Zúñiga & Calvopiña Bejarano, 2023)

Figura 13 Mapa de rendimientos globales por cada red de distribución 2018- 2022



Elaborado: (Bravo Zúñiga & Calvopiña Bejarano, 2023)

Resultado del historial de fugas

Fugas atendidas por años

En base a las fugas atendidas en el período 2018-2022, se puede determinar que en el año 2020 y 2021 existieron 59 y 43 fugas atendidas respectivamente, siendo este último el año donde existió menor incidencia de fugas en las redes. Fugas que por visitas in situ se puede sugerir se dieron debido a que las tuberías de red no se encuentran ubicadas a una profundidad adecuada, incluso algunas colocadas a simple vista.

Tabla 30 *Fugas Atendidas por años (2018-2022)*

FUGAS ATENDIDAS POR AÑOS							
Nº	COMUNIDADES	2018	2019	2020	2021	2022	TOTAL, POR COMUNIDAD
1	San Jose de Chazo	8	12	11	7	9	47
2	San José de Sabañag	11	7	10	5	5	38
3	Cahuaji Alto	3	6	6	6	7	28
4	Chipza	5	8	7	5	10	35
5	Saguazo Cruz de Mayo	6	9	8	8	6	37
6	Saguazo la Unión	9	5	10	6	8	38
7	San Luis de Sabañag	10	8	7	6	5	36
	TOTAL	52	55	59	43	50	259

En la Figura 13 se puede identificar el trabajo de la Regional para combatir la presencia de fugas, donde año por año las solucionan para tratar de mantener un funcionamiento y rendimiento que pueda ser adecuado.

Figura 14 Fugas atendidas por años en el período 2018-2022

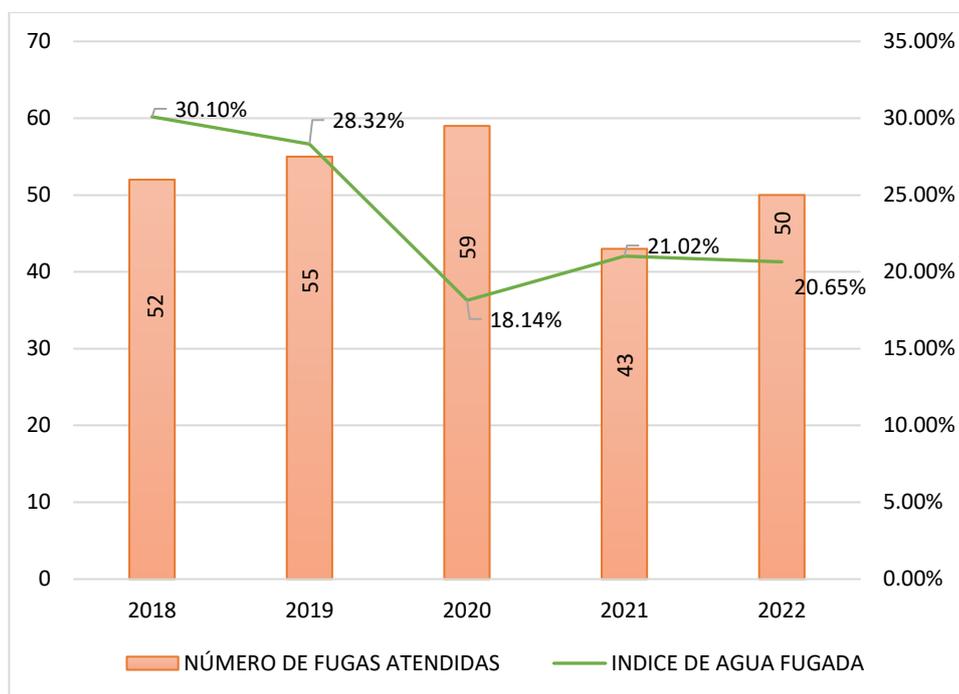


Elaborado: (Bravo Zúñiga & Calvopiña Bejarano, 2023)

Comparativo entre fugas solventadas y agua fugada por años

En referencia a lo que se observa en la Figura 14 sugiere que la gestión de la Regional para atender los daños fue de manera eficiente, ya que, en el año 2018 y 2019 se observa que hay fugas atendidas, pero aun así existe un porcentaje elevado de agua fugada, por contraparte en el resto de los años la relación disminuye teniendo un mejor desempeño. Además, se identifica como principal factor el tiempo que le tomaba a la Regional solucionar daños.

Figura 15 Fugas solventadas vs % de agua fugada en el período 2018-2022



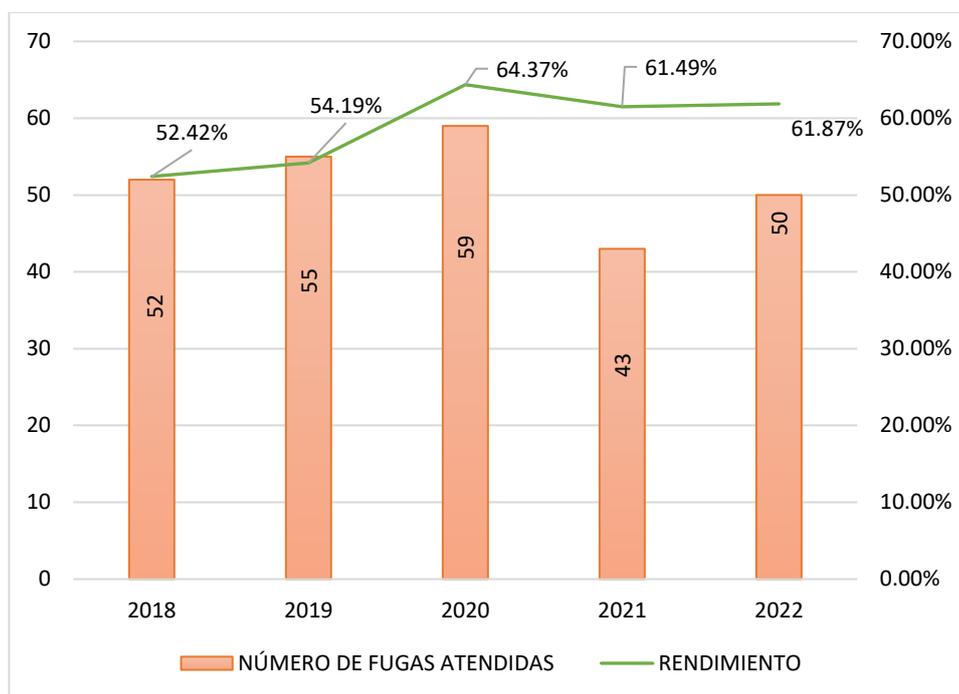
Elaborado: (Bravo Zúñiga & Calvopiña Bejarano, 2023)

Comparativo entre el historial de fugas y el rendimiento volumétrico porcentual por años

Otro claro ejemplo de que las acciones por parte de la Regional de agua fueron mejorando es el resultado que nos arroja la gráfica de la Figura 15, en donde, desde el año 2018 con 52.42% aumentó en casi 10 puntos para el 2022 con 61.87% su rendimiento volumétrico.

Además, se puede observar que la intervención en la reparación de fugas en el año 2020 resulta en un pico de rendimiento del 64.37%, pero se puede determinar también que; si la Regional continuaba con dicho ritmo de trabajo, el rendimiento de los años posteriores hubiera sido mejor, esto favoreciendo tanto a usuarios como a la misma junta de agua.

Figura 16 Fugas atendidas vs rendimiento volumétrico en el período 2022-2018



Elaborado: (Bravo Zúñiga & Calvopiña Bejarano, 2023)

Discusión

De acuerdo al boletín estadístico de agua potable y saneamiento del año 2021, el valor de agua no contabilizada (ANC) a nivel nacional es de 48.4%, a nivel provincial el ANC en Chimborazo es de 44.50%, valor tomado del promedio de todas las provincias, a su vez a nivel cantonal el ANC en Guano es del 72.07% y tras el análisis y cálculo para las siete comunidades en estudio de la Regional se obtuvo para el año 2022 un ANC del 38.51% lo que indicaría que su desempeño es “Medio”, lo que significa que no presenta un control eficiente para la gestión del servicio de agua potable. En investigaciones similares realizadas en otras localidades como en el cantón Tisaleo estimaron un valor de ANC de 36.52%, señalando que los resultados obtenidos del balance hídrico utilizando la metodología de Cabrera et al., (1999) se basa solamente en el análisis de volúmenes de agua.

Conforme al análisis de agua no contabilizada que estipula el ARCA, estas se presentan en diversas categorías para conocer su desempeño. Las categorías A y B que de acuerdo al ARCA para valores de ANC deben estar entre los rangos de 35.6% y 46.6% respectivamente, lo que representa que el desempeño será “Alto” y “Medio”. Los resultados presentados en el trabajo realizado asignan a las 7 comunidades que pertenecen a la Regional las siguientes categorías: Para las comunidades de San José de Sabañag, Saguazo Cruz de Mayo y Saguazo la Unión se les otorga un rango de desempeño “Alto”, para la comunidad de Chipza un desempeño “Medio” y para las comunidades de San José de Chazo, Cahuaji Alto y San Luis de Sabañag un redimiendo “Bajo”.

Tomando en cuenta la cantidad de agua que se fuga dentro del sistema que conocemos que es alrededor de 90.30 m³/día y contrastando con el trabajo de Arellano et al., (2018) para conocer la estimación de habitantes considerando las condiciones climáticas se pudo conocer que alrededor de 144 familias podrían beneficiarse del agua que se pierde dentro de las redes de las siete comunidades en estudio.

En cuanto a la operación y mantenimiento del sistema de agua potable en lo que respecta a fugas y su proceso de atenderlas, la Regional obtuvo una mejor eficiencia en el rendimiento volumétrico ya que desde el año 2018 con un 52.42%, hacia el año 2022 ascendió su eficiencia a un 61.87% lo que significa un gran avance en el mejoramiento de la gestión.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- La Junta Administradora de Agua Potable y Saneamiento entregó el historial de agua facturada de todos los usuarios en el período de estudio 2018 – 2022 de cada comunidad en estudio, por otra parte los volúmenes inyectados se

obtuvieron a través de la técnica de flujo ultrasónico medido en las redes de abastecimiento.

- El análisis que resultó del balance hídrico planteado por Cabrera (1999) nos muestra un caudal fugado de 164892.90 m³ desde el año 2018 hasta diciembre del año 2022, que corresponde a las 7 comunidades en el estudio de la Regional San José de Chazo – Santa Fe de Galán.
- De acuerdo con las fugas presentes en el sistema de información geográfica las redes que pertenecen a las comunidades de Cahuaji Alto y San Luis de Sabañag presentan mayor porcentaje de agua fugada, con porcentajes del 47.50% y 37.04% respectivamente. Consecuentemente dentro del rango de índice de agua no controlada obtienen un desempeño Bajo y Medio respectivamente.
- Como se puede evidenciar en la figura 11 las zonas con más incidencia porcentual de fugas son las comunidades de Cahuaji Alto, San Luis de Sabañag y Chipza.
- Se puede considerar que las causas de las fugas son: materiales de las tuberías antiguos, macro medidores averiados y colocados a fin de tener un medio de cobro, falta de seguimiento en instalaciones, conexiones clandestinas y las mismas fugas internas, donde las principales soluciones podrían ser realizar monitoreos y mantenimientos constantes, además de renovar las tuberías que lleven un largo tiempo de vida útil.

Recomendaciones

- Se recomienda a la Regional San José de Chazo – Santa Fe de Galán, la colocación de macro medidores en los tanques de almacenamiento de cada

comunidad, con el fin de obtener periódicamente un historial de valores más exactos en cuanto al caudal que se inyecta.

- Dar un correcto seguimiento a todas las redes de las 7 comunidades en estudio, mediante la implementación del balance hídrico propuesto por Cabrera (1999), con el objetivo de seguir el comportamiento de cada red, y gestionar mejor el cobro y suministro del líquido vital.
- De acuerdo con las conclusiones realizadas se propone que la empresa priorice mayor atención a las 2 comunidades que reflejan problemas aún más con Saguazo Cruz de Mayo que refleja un mal manejo de recolección de datos.
- Se sugiere realizar un diagnóstico de dimensionamiento para estimar de manera adecuada las presiones en cada una de las redes, y un correcto rediseño del sistema de agua potable, para así encontrar los diámetros suficientes y estimar las presiones de acuerdo con la norma.

CAPÍTULO VI. PROPUESTA

Una vez determinados los resultados del índice de agua no contabilizada de la Regional de Chazo – Santa Fe de Galán, es evidente la importancia de plantear una propuesta que nos permita emplear; medidas correctivas y medidas preventivas, donde ayude a menorar los índices de agua fugada y aumentar el rendimiento de la red en general.

En investigaciones de este tipo es necesario que se lleve a cabo un profesionalismo muy alto para que la misma sea viable, es por ello, que según Cabrera (1999) nos sugiere:

- Contar con herramientas de medición precisas (caudalímetros) en los puntos en donde se inyecta el caudal a la red.

- Dotar de medidores a todos los usuarios.
- Implementar una base de datos de los consumos hechos por los usuarios.

Desde un inicio, la realización de un mapa dividido con las zonas con mayor afectación por fugas en la red nos ayudara a identificar de una manera más rápida y eficaz este problema. Además, esta división nos permitirá identificar los efectos que los mantenimientos en las redes provocan, con el fin observar una mejora en el sistema y en el servicio que se brinda a los usuarios como menciona Orna & Zumba (2023) en su investigación, también nos hablan de la importancia de contar con equipos que permitan la identificación de fugas no visibles es de suma importancia, como la implementación de un sensor acústico que nos permita detectar una avería y repararla de forma rápida. Con ello también es necesario que el personal que este a cargo de la operación de la red y de este tipo de aparatos cuente con el conocimiento necesario para el manejo de los mismo o la vez se realicen capacitaciones que permitan lo antes mencionado.

Por otro parte, Achache & Gómez (2022) en su investigación de “Incidencia de fugas en la red de abastecimiento de agua potable del cantón Riobamba” plantean la implementación de un software, con ello cabe decir que este es un método que necesitaría de una fuerte inversión por parte de la entidad, sin embargo, los beneficios aportados por este método son varios como; control remoto del sistema de agua potable, interacción directa con los equipos de campo, identificación de daños o fugas en la red, además de la posibilidad de poder guardar información del funcionamiento.

Llevar una bitácora diaria o semanal de reporte de fugas echo por los operarios del sistema servirá para tener un historial de daños y poder identificar daños que sean mayores o concurrentes por un daño mayor. También se debe pensar a largo plazo, es decir, prever de antemano el desgaste que se va dando con el tiempo en tuberías, maquinarias y herramientas que se utilizan para el mantenimiento y operación del sistema. Esto quiere

decir que debe existir una reserva económica para renovar lo antes mencionado y poder seguir brindando un servicio de calidad, como el reemplazo de tuberías que ya hayan cumplido su tiempo de vida útil por nuevas (Orna & Zumba, 2023).

Para terminar, es de suma importancia el dialogo con los usuarios y población en general que se beneficia de este servicio, ya que, esto nos ayuda a concientizar el buen uso del sistema y evitar que se generen daños en medidores, además, también evitar las conexiones clandestinas que perjudican a la red, con ello tanto usuarios como la Junta del agua podrán tener un correcto desempeño del sistema de agua potable.

BIBLIOGRAFÍA

- Abarca, D. (2012). *Técnicas de detección y localización de fugas de agua en redes de distribución*.
- Achache, N., & Gómez, S. (2022). *Incidencia de fugas en la red de abastecimiento de agua potable del cantón Riobamba*.
- Alcuacer, L., & Guaminga, F. (2023). *Incidencia de fugas en las redes de abastecimiento de agua potable en la ciudad de Ibarra*.
- Alvarado, C., & Arévalo, M. (2016). *Propuesta metodológica para localizar tuberías de distribución de agua potable con mayor probabilidad de presentar fugas no visibles*.
- Agencia de Regulación y Control del Agua. (2021). *Benchmarking de prestadores públicos de los servicios de agua potable y saneamiento en el Ecuador*.
- Arellano, A., Bayas, A., Meneses, A., & Castillo, T. (2018). Los consumos y las dotaciones de agua potable en poblaciones ecuatorianas con menos de 150 000 habitantes. *NOVASINERGIA REVISTA DIGITAL DE CIENCIA, INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA*, 1(1), 23–32. <https://doi.org/10.37135/unach.ns.001.01.03>
- Borja, M. (2016). *Metodología de Investigación Científica para ingeniería Civil*.

- Cabrera, E., Almandoz, J., Arregui, F., & García, J. (1999). Auditoría de redes de distribución de agua. *Ingeniería del agua*, 6(4), 387.
<https://doi.org/10.4995/ia.1999.2794>
- Campana, J., & Ortega, W. (2016). *Evaluación de la Red de Distribución de Agua Potable para Determinar Pérdidas y Fugas en la Urbanización La Colina del Cantón Rumiñahui*. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/15217/1/CD-6992.pdf>
- Cedeño, C., Molina, X., & Perero, M. (2021). Plan estratégico para la reducción de pérdidas de agua potable en Portoviejo. *Revista Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*.
- Fuentes, O., Palma, A., & Rodríguez, K. (2011). Estimation and Location of Leaks in a Pipe Water Network Using Genetic Algorithms. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, XII(2), 235–242.
- GADMC-G. (2022). *Parroquia Santa Fe de Galán*.
- García, J. (2020). *Diseño de una metodología para control de pérdidas de agua potable para la zona alta del cantón Azogues Azogues*. 6, 452–470.
<https://doi.org/10.23857/dc.v6i4.1478>
- INEC. (2001). *Población del Cantón Guano VI Censo*.
https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Bibliotecas/Fasciculos_Censales/Fasc_Cantonaes/Chimborazo/Fasciculo_Guano.pdf
- INEC. (2010). *FASCÍCULO PROVINCIAL CHIMBORAZO*.
- INEN. (2003). *INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A 1000 HABITANTES*.
www.pdfactory.com

- Jaramillo, J., & Oleas, F. (2022). *INCIDENCIA DE FUGAS EN LA RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE LOS CANTONES CHAMBO Y GUANO.*
- Jiménez, M. (2003). *La sectorización hidráulica como estrategia de control de pérdidas en sistemas de acueducto.*
- Ochoa, L., & Bourguett, V. (2001). *Reducción integral de pérdidas de agua potable* (Vol. 2).
- Orna, K., & Zumba, P. (2023). *Incidencia de fugas en redes de abastecimiento de agua potable en el cantón Tisaleo de la provincia de Tungurahua.*
- Rosero, C. (2019). *AGUA POTABLE NO CONTABILIZADA EN EL CANTÓN PANGUA Y PROGRAMA DE CONTROL DE PÉRDIDAS.*