



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**“INVERSIÓN ECONÓMICA VS PÉRDIDAS DE AGUA NO CONTABILIZADA EN
PLANES MAESTROS DE AGUA POTABLE EN ECUADOR”**

Trabajo de Titulación para optar al título de Ingeniero Civil

Autor:

Villa Guilcapi, Hugo Francisco

Tutor:

Ing. María Gabriela Zúñiga MSc.

Riobamba, Ecuador. 2024

DECLARATORIA DE AUTORÍA

Yo, **Hugo Francisco Villa Guilcapi**, con cédula de identidad número: 0605313097, autor del trabajo de investigación titulado: **Inversión económica vs pérdidas de agua no contabilizada en Planes Maestros de agua potable en Ecuador**, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de nuestra exclusiva responsabilidad.

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

En Riobamba, 27 de mayo de 2024.



Hugo Francisco Villa Guilcapi
C.I: 0605313097

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

Quien suscribe, 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: **Inversión económica vs pérdidas de agua no contabilizada en Planes Maestros de agua potable en Ecuador**, bajo la autoría de Hugo Francisco Villa Guilcapi; 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 27 días del mes de mayo de 2024



Mgs. María Gabriela Zúñiga Rodríguez
C.I: 0604004945

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

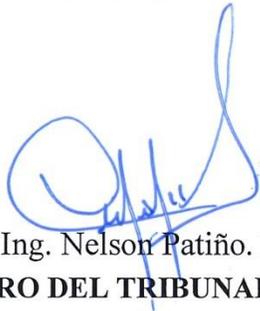
Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación: **Inversión económica vs pérdidas de agua no contabilizada en Planes Maestros de agua potable en Ecuador**, presentado por Hugo Francisco Villa Guilcapi, con cédula de identidad número: 0605313097, 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 30 de mayo de 2024.



Ing. Jessica Brito. Mgs.
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE
GRADO**

Firma



Ing. Nelson Patiño. Mgs.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO

Firma



Ing. Daniel Chuquín. Mgs.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO

Firma



Dirección
Académica
VICERRECTORADO ACADÉMICO

en movimiento



UNACH-RGF-01-04-08.15
VERSIÓN 01: 06-09-2021

CERTIFICACIÓN

Que, **VILLA GUILCAPI HUGO FRANCISCO** con CC: **06065313097**, estudiante de la Carrera **INGENIERÍA CIVIL**, Facultad de **FACULTAD DE INGENIERÍA**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado "**INVERSIÓN ECONÓMICA VS PÉRDIDAS DE AGUA NO CONTABILIZADA EN PLANES MAESTROS DE AGUA POTABLE EN ECUADOR**", cumple con el 9 %, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **TURNITIN**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 20 de mayo de 2024

Ing. María Gabriela Zúñiga MSc.
TUTOR(A)

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi abuelito Rogelio G., que desde el cielo sigue bendiciéndome, y a mi madre Patricia G., cuyo apoyo incondicional ha sido esencial en la construcción de mi vida profesional. Han sido ellos quienes sembraron en mí la responsabilidad y el impulso hacia la superación. Agradezco profundamente sus consejos y palabras, que han sido mi guía constante y el aliento que me motiva a alcanzar grandes éxitos cada día.

A mi hermano Dylan H., mi fiel compañero de aventuras durante muchos años, cuyo aliento y apoyo en cada momento han sido invaluable.

A mi tío y tías por sus sabios consejos y palabras de ánimo, y a mis primos y primas, quienes siempre me han brindado su apoyo.

Finalmente, dedico este esfuerzo a todas las personas que más amo, amigos cercanos y lejanos que han sido mi gran soporte en todo momento.

AGRADECIMIENTO

Agradezco inmensamente a Dios por darme la vida, la salud y la sabiduría para culminar esta etapa de mi vida.

A mi abuelito, quien me crio con todo su amor como a un hijo más y cuyos valores y enseñanzas continúan viviendo en mí a pesar de su partida.

A mi madre, le debo todo mi agradecimiento por su incansable esfuerzo y sacrificio diario, por su apoyo incondicional y por creer en mí siempre.

A mi hermano Dylan, a mis primos Eduardo y Anahid O., por su apoyo y cariño incondicional.

A mi amigo Luis Y., quien, con su apoyo, consejos y enseñanzas siempre ha estado presente. De igual manera a Darío H. Brayán H. por la amistad y confianza brindada.

A la UNACH y a todos los docentes de la carrera de Ingeniería Civil, cuya entrega de conocimientos y experiencias ha sido esencial en mi formación profesional. Un agradecimiento especial a mi tutora de tesis, MsC. Gabriela Zúñiga, por su dedicación, paciencia y guía a lo largo de mi investigación.

Este logro no se habría alcanzado sin el apoyo y colaboración de muchas otras personas que han contribuido de diversas maneras. Por ello, deseo extender mi agradecimiento a todos los que han sido parte de mi trayectoria académica.

ÍNDICE GENERAL

DECLARATORIA DE AUTORÍA

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

CERTIFICADO ANTIPLAGIO

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

RESUMEN

ABSTRACT

1. INTRODUCCIÓN	13
1.1. Antecedentes.....	13
1.2. Planteamiento del problema.....	15
1.3. Justificación.....	16
1.4. Objetivos	17
1.4.1. General	17
1.4.2. Específicos	17
2. MARCO TEÓRICO	18
2.1. Conceptos generales.....	18
2.1.1. El agua.....	18
2.1.2. El agua potable	18
2.1.3. Red de distribución.....	18
2.1.4. Pérdidas de agua potable.....	18
2.1.5. Balance Hídrico	19

2.1.6. Plan Maestro de agua potable.....	19
2.2. Estado del arte	19
3. METODOLOGÍA	21
3.1. Tipo de investigación.....	21
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
4.1. Implementación del Plan Maestro de abastecimiento de agua potable en cantones seleccionados	23
4.1.1. Correlaciones entre las diferentes variables	25
4.2. Impacto de las fugas en el Plan Maestros en las ciudades de investigación	31
4.2.1. Comparativa del porcentaje de agua no contabilizada de los cantones de estudio con el porcentaje medio nacional	31
4.2.2. Comparación de valores porcentuales de caudales en el sistema de agua potable: un análisis detallado en los cantones de estudio	32
4.3. Causas y problemas de las fugas de agua en cantones que han sido intervenidos con el Plan Maestro de agua potable	40
4.4. Discusión.....	44
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	46
5.1. Conclusiones.....	46
5.2. Recomendaciones	47
6. BIBLIOGRAFÍA	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Datos de los diferentes cantones de estudio.....	14
Tabla 2 Rango de correlaciones de Evans.....	22
Tabla 3 Resumen de los cantones de estudio.	24
Tabla 4 Porcentajes para lograr un desempeño alto según el ARCA	32
Tabla 5 Análisis de los caudales de cada sistema de agua potable.....	36
Tabla 6 Análisis económico de los sistemas de agua potable de cada cantón de estudio...	37
Tabla 7 Análisis de las pérdidas de agua per cápita.....	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Diagrama del Desarrollo de la Investigación.....	21
Figura 2 Correlación lineal entre el monto de inversión y la población de cada cantón de estudio. 25	
Figura 3 Correlación lineal entre el índice de agua no contabilizada con el valor de la tarifa de m ³ de agua potable.	27
Figura 4 Correlación lineal entre índice de agua no contabilizada con el monto de inversión para la construcción del Plan Maestro.....	28
Figura 5 Correlación lineal entre la tarifa de m ³ de agua potable con el monto de inversión para la construcción del Plan Maestro.....	29
Figura 6 Correlación lineal entre la tarifa de m ³ de agua potable con el número de habitantes.	30
Figura 7 Comparación del porcentaje de agua no contabilizada de los cantones de estudio con el porcentaje medio nacional.....	31
Figura 8 Porcentajes de desempeño de cada cantón.	34
Figura 9 Porcentajes de los componentes del caudal no facturado.	35
Figura 10 Comparación entre los montos de inversión con la pérdida anual por el agua no facturada.	39

RESUMEN

En Ecuador, un significativo porcentaje de las pérdidas en las redes de distribución de sistemas de agua potable se debe a fugas, afectando tanto a municipios como a las empresas encargadas de la gestión y administración de este servicio. A pesar de las inversiones significativas realizadas en la construcción de Planes Maestros de agua potable en los cantones de estudio (Colta, Chimbo, Alausí, Guano, Tisaleo), el índice de agua no contabilizada sigue siendo alto, superando el promedio nacional. El objetivo del estudio fue analizar la relación entre la inversión en los Planes Maestros de agua potable y las pérdidas de agua en estos cantones. Para evaluar la relación entre dos variables, se propone una metodología estructurada en un enfoque cuantitativo que abarca las etapas de recopilación, procesamiento y análisis de datos. El uso del coeficiente de correlación de Pearson (R) y el coeficiente de determinación (R^2) son herramientas para medir la fuerza y dirección de la asociación estadística entre las variables. Finalmente, el estudio realizado muestra que no existe una relación significativa entre la inversión en el Plan Maestro de agua potable y las pérdidas de agua en estos cantones. Además, se ha determinado la existencia de una correlación significativa entre la tarifa por metro cúbico de agua potable y el Índice de Agua No Contabilizada (IANC). Los resultados indican que a medida que aumenta la tarifa del agua potable, se observa una reducción en el IANC.

Palabras claves: pérdidas económicas, inversión, agua no contabilizada, usuarios, Plan Maestro.

ABSTRACT

In Ecuador, a noteworthy percentage of the losses in the distribution systems of potable water is triggered by leaks which affect both municipalities and the companies responsible of the management of this service. Despite substantial investments made in the development of Master Plans for drinking water in the studied cantons (Colta, Chimbo, Alausí, Guano, Tisaleo), the unaccounted-for water index remains high, exceeding the national average. In this regard, the study aimed to analyze the relationship between the investment attributed to the mentioned Plans and the water losses in these cantons. To assess the correlation between these two variables, the study was carried out under the principles of the quantitative approach that includes stages of data collection, processing, and analysis. The Pearson correlation coefficient (R) and the coefficient of determination (R^2) were used to measure the strength and direction of the statistical association between the variables. Results evidence that there is no significant relationship between the funding consigned to the Master Plans and the water losses in the study contexts. Furthermore, a significant correlation has been determined between the rate per cubic meter of potable water and the Unaccounted-For Water Index (IANC). Consequently, results suggest that as the potable water tariff increases, a reduction in the IANC is observed.

Keywords: economic losses, investment, unaccounted for water, users, master plan.



Reviewed by:

Mgs. Doris Chuquimarca

060449038-3

CAPÍTULO I.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

Se estima que la población mundial aumentará casi 2000 millones de personas en los próximos 30 años, pasando de los 8000 millones actuales a los 9700 millones en 2050, pudiendo llegar a un pico de cerca de 10,400 millones para mediados de 2080 (Naciones Unidas, 2022). Por lo tanto, es importante evitar el desperdicio del agua dulce captada para su distribución a través de los sistemas de agua potable. Cada litro que ingresa debe ser cuidadosamente gestionado y utilizado de manera eficiente. Esto permitirá recuperar la inversión realizada en las infraestructuras necesarias para proporcionar agua potable y reinvertir estos recursos en la expansión de nuevos sistemas que beneficien a una mayor población.

Los servicios de agua potable son elementos fundamentales para garantizar las condiciones de salud y de bienestar de la población y el desarrollo de un territorio. Ya sea debido a eventos externos (fenómenos de origen natural o antrópico como la contaminación) o internos a los sistemas de abastecimiento y de distribución de agua potable (inexistencia de sistemas de calidad, disfuncionamiento de plantas de tratamiento o de canalizaciones, etc.), el suministro de agua potable constituye, para las ciudades de los países en vías de desarrollo, un problema constante, considerablemente agravado en período de crisis (D'Ercole & Metzger, 2004).

Durante el periodo de cuarentena impuesto debido a la pandemia de COVID-19, quedó en evidencia la importancia crítica del uso de agua potable para mantener la higiene y prevenir la propagación del virus (Corporación Andina de Fomento, 2021). No obstante, los servicios de suministro de agua se enfrentan a numerosos obstáculos, como las pérdidas causadas por fugas y las conexiones clandestinas. Estos problemas crónicos en la red de distribución, al no ser debidamente registrados pueden traducirse en pérdidas económicas significativas.

La elección de las poblaciones de estudio se basa en la línea de investigación de varias tesis promovidas por la Universidad Nacional de Chimborazo “Incidencia de fugas

en redes de abastecimiento de agua potable”, con el objetivo de comparar y relacionar el monto de inversión para la construcción de los Planes Maestros de agua potable con las pérdidas económicas que generan el agua no contabilizada. (Orna K. & Zumba C. 2023; Saigua H. & Vimos J. 2023; Carvajal V. & Vargas J. 2023; Jaramillo J. & Oleas F. 2022).

Es importante enfatizar que únicamente las poblaciones beneficiadas por la implementación del Plan Maestro son las que se consideran en este estudio.

Tabla 1 Datos de los diferentes cantones de estudio.

Cantón	Colta	Chimbo	Alausí	Guano	Tisaleo
Provincia	Chimborazo	Bolívar	Chimborazo	Chimborazo	Tungurahua
Año de ejecución del Plan Maestro	2018	2021	2019	2017	2014
Población estimada beneficiada del Plan Maestro	2112	3864	7375	8669	9582
Porcentaje de cobertura del servicio	88.75%	80.03%	99.94%	100%	66.96%
Autores	Saigua y Vimos	Carvajal y Vargas	Saigua y Vimos	Jaramillo y Oleas	Orna y Zumba

Para la construcción de los sistemas de agua potable en los diferentes cantones de estudio todos fueron financiados por el Banco de Desarrollo del Ecuador (BDE), la administración de dichos contratos recayó en los Gobiernos Autónomos Descentralizados correspondientes a cada cantón.

En el cantón Alausí en el año 2019 se ejecutó el proyecto "Construcción del Plan Maestro de los Sistemas de Agua Potable, Alcantarillado Pluvial y Sanitario de la ciudad de Alausí, cantón Alausí, provincia de Chimborazo". La inversión referencial ascendió a \$2,182,503.96 millones, distribuidos de la siguiente manera: \$669,709.62 destinados a la construcción del sistema de agua potable de la cabecera cantonal y \$ 1,512,794.34 para la construcción y mejoramiento del sistema de alcantarillado sanitario de la misma. El proyecto tuvo un plazo de ejecución de 300 días.

En el cantón Colta en el año 2018 se llevó a cabo la "Construcción del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado Mixto en la ciudad Villa La Unión, y Alcantarillado Sanitario

alrededor de la Laguna de Colta, cantón Colta, provincia de Chimborazo". La inversión referencial fue de \$5,209,132.43 millones, con \$1,234,910.05 destinados a la construcción del sistema de agua potable y \$3,974,222.38 a la construcción del sistema de alcantarillado sanitario. El periodo de entrega de la obra fue estipulado en 270 días.

En el cantón Guano en el año 2017 se realizó la "Construcción del Plan Maestro de Agua Potable y Primera Etapa del Alcantarillado Sanitario en la cabecera cantonal del cantón Guano, provincia de Chimborazo". Con una inversión referencial de \$4,522,949.56 millones, de los cuales, \$2,643,975.50 fueron para el sistema de agua potable y \$1,878,974.06 para el sistema de alcantarillado sanitario. Con un plazo de entrega establecido en 360 días.

En el cantón Chimbo en el año 2021 se efectuó el "Mejoramiento y Ampliación del Sistema de Agua Potable para la cabecera cantonal de San José de Chimbo, provincia de Bolívar". La inversión fue de \$1,510,895.95 millones, destinados íntegramente a la red de agua potable, con un plazo de entrega de 150 días.

En el cantón Tisaleo en el año 2014 se procedió con la "Construcción de los Estudios Integrales y Diseño para el Mejoramiento del Servicio de Agua Potable del cantón Tisaleo (Primera Etapa)". La inversión referencial alcanzó los \$2,650,000 millones, enfocados en el desarrollo de la red de agua potable, con un periodo de ejecución de 365 días.

Estos proyectos reflejan el compromiso y la inversión significativa hacia el mejoramiento y expansión de la infraestructura esencial para el suministro de servicios de agua potable y alcantarillado sanitario en diversas localidades, contribuyendo así a la mejora de la calidad de vida de sus habitantes.

1.2.Planteamiento del problema

En los últimos diez años, el Grupo del Banco Mundial (GBM), la mayor fuente multilateral de financiación para el suministro de agua y saneamiento en los países en desarrollo, ha aprobado 262 proyectos hídricos por un valor de \$31,200,000 millones de dólares, de los cuales \$21,300,000 millones, o el 68 por ciento, se clasifican como proyectos de agua potable y saneamiento (APyS) (BANCO MUNDIAL, 2022).

En diversas regiones del planeta, la escasez de agua es una realidad evidente. No obstante, globalmente se desaprovecha aproximadamente entre el 35 % y el 40 % del suministro hídrico adquirido y generado a partir de diversas fuentes. Una proporción

superior al tercio del agua potable producida no logra alcanzar al destinatario final (MØLLER, 2019).

En América Latina, se registra un índice de agua no contabilizada que varía entre el 35% y el 50%, siendo esto resultado de la deficiente calidad en la administración de los servicios públicos relacionados con el suministro de agua (Banco de Desarrollo de América Latina , 2015).

Según la Agencia de Regulación y Control del Agua (2021), en el Ecuador el promedio nacional de agua no contabilizada asciende a un porcentaje del 48.4%, dicho porcentaje significa que los servicios de agua potable a los usuarios de diferentes puntos del país son deficientes.

Uno de los principales problemas de las empresas de distribución de agua potable a nivel global es el alto nivel de agua no contabilizada, resultado de la diferencia entre el agua producida y la consumida, debido a fugas y una facturación deficiente. Esta situación impacta negativamente en la rentabilidad de estas empresas, al reducir sus ingresos y aumentar sus costos operativos, ya que deben cubrir los gastos de potabilización, conducción, y distribución sin recibir compensación alguna.

Por lo tanto, el enfoque principal de este estudio se centra en la siguiente pregunta ¿Cuál es la relación que existe entre la inversión para ejecutar el Plan Maestro de agua potable y las pérdidas de agua en los cantones de estudio?

1.3.Justificación

La Agencia de Regulación y Control del Agua del Gobierno asegura que las pérdidas por el agua no contabilizada representan cada año unos \$320 millones de dólares. Lo que equivale a desperdiciar anualmente 696.2 millones de metros cúbicos de agua potable al año (PRIMICIAS, 2021).

Esta situación subraya una significativa fuga de recursos económicos que podrían destinarse al desarrollo o mejora de nuevas infraestructuras de distribución, contribuyendo así a elevar la calidad de vida de numerosas comunidades. La reducción de estas pérdidas se vuelve crucial para establecer un sistema de suministro de agua potable eficaz y de alta calidad.

Cada mes las empresas municipales de agua potable de todo el país desperdician 8 millones de metros cúbicos, ocasionando una pérdida conjunta de \$26.6 millones de dólares. El agua no contabilizada es aquella que se bombea o se produce, pero que luego se pierde y no se tiene cuenta de ella en el sistema de facturación (PRIMICIAS, 2021).

Adicionalmente, resulta crucial contrastar los recursos invertidos en la ejecución de Planes Maestros de agua potable con las pérdidas mensuales de agua. Este análisis permitirá cuantificar el dinero desperdiciado, el cual podría ser canalizado hacia la mejora o implementación de sistemas más eficientes de suministro de agua potable.

1.4. Objetivos

1.4.1. General

- Comparar la inversión económica vs pérdidas de agua no contabilizada en Planes Maestros de agua potable en Ecuador.

1.4.2. Específicos

- Recopilar información de ciudades que han sido intervenidas con Planes Maestros de agua potable en los últimos 10 años.
- Analizar la incidencia de fugas en ciudades o poblaciones que han sido intervenidas con Planes Maestros de agua potable.
- Identificar causas y problemas de fugas de agua en ciudades que han tenido intervenciones de Planes Maestros de agua potable.

CAPÍTULO II.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Conceptos generales

2.1.1. El agua

El agua es la sustancia más común en la Tierra y la única que se halla en los estados líquido, sólido y gaseoso en la atmósfera terrestre. El 97.5% del agua de la Tierra es salada. Más del 99% del agua restante está en depósitos subterráneos o en forma de hielo. Así que menos del 1% del agua dulce se encuentra en lagos, ríos y otras formas superficiales disponibles (Khan Academy, 2023).

2.1.2. El agua potable

El agua potable es uno de los principales recursos que necesitamos los seres humanos para sobrevivir día a día. Las características del agua potable son las que hacen que esta sea la única apta para el consumo humano, ya que no supone un riesgo para la salud al estar libre de microorganismos y sustancias tóxicas (Fundación Aquae, 2021).

2.1.3. Red de distribución

Es un conjunto de tuberías, accesorios y dispositivos que permiten el suministro de agua. Una red de distribución es aquella en la que se transporta el agua desde la planta de tratamiento o del tanque de almacenamiento hasta el punto en el que el usuario puede hacer uso de ella, ya sea en una pileta pública o conexiones domiciliarias. Con estos sistemas se pretende preservar la calidad y la cantidad de agua, así como mantener las presiones suficientes en la distribución de esta (Ávila & Luna, 2021).

2.1.4. Pérdidas de agua potable

Se entiende como pérdida en un sistema de distribución de agua potable cuando el volumen total de agua que es entregada a los consumidores no es facturado, debido a que no es registrada por los medidores domiciliarios (Ramírez, 2017).

Fuga

Salida o pérdida de agua incontrolada en cualquiera de los elementos del sistema de abastecimiento, con o sin presencia de rotura o falla estructural en la tubería. Hay dos tipos básicos de fugas: visibles y no visibles. Las fugas visibles brotan hacia la superficie del

terreno o pavimento, aunque su localización puede estar a una distancia considerable del punto donde fue descubierta. Las fugas no visibles se infiltran en el terreno o pueden drenar hacia los sistemas de alcantarillado (Ramírez, 2017).

2.1.5. Balance Hídrico

A través de la ejecución del análisis del balance hídrico, se establecerá la correspondencia entre la cantidad total de agua introducida en el sistema y la cantidad de recursos utilizados por la población en un período de tiempo específico. Esto permitirá conocer la proporción de agua consumida y la proporción de agua que se escapa del sistema. Una vez que se tengan estos datos, será posible calcular el desempeño en términos de volumen de la red de suministro de agua potable de la ciudad (Zúñiga, 2019).

2.1.6. Plan Maestro de agua potable

El Plan Maestro de Servicios de Agua es un estudio integral de los sistemas de suministro, almacenamiento, tratamiento de agua de la ciudad y se utilizará para guiar las decisiones futuras de los servicios de agua (CITY OF BOULDER, 2015).

2.2. Estado del arte

El mundo enfrenta actualmente una severa crisis hídrica, la cual se espera que empeore en los próximos años. Una causa significativa de esta crisis son las elevadas pérdidas en las redes de suministro y distribución de agua, que frecuentemente superan el 50% de la producción total. Esta situación parece paradójica, especialmente dado que el agua es uno de los recursos naturales más cruciales para la vida. La extensa presencia de redes con suministro intermitente subraya la gravedad del problema (Rogers, 2014).

A nivel mundial, se calcula que anualmente se desperdician alrededor de 32,000,000,000 de metros cúbicos de agua, siendo la mitad de estas pérdidas concentradas en países en vías de desarrollo. En estos mismos países, se estima una pérdida diaria de aproximadamente 45,000,000 de metros cúbicos de agua, con un valor económico que supera los 3,000,000,000 de dólares al año. Si se lograra reducir a la mitad la pérdida de agua en los países en desarrollo, la cantidad ahorrada sería suficiente para proveer a alrededor de 90,000,000 de personas (De Bill et al., 2016).

Las fugas de agua y las interrupciones no planificadas en el suministro son factores críticos en el abastecimiento de agua potable, ya que impactan directamente a los clientes y al desempeño económico y ambiental de las empresas de agua. Un estudio realizado con 21 empresas de agua chilenas entre 2007 y 2018 revela que la industria podría mejorar su eficiencia en un 28,6% y 52,5% en cuanto a fugas e interrupciones no planificadas, respectivamente, sin reducir el volumen de agua suministrado. Se estima que las empresas podrían ahorrar alrededor de 48 millones de metros cúbicos de agua potable al año y reducir las horas de interrupciones no planificadas en 62.419 horas anuales (Molinos et al., 2022).

El análisis del acceso al agua en un estudio de 15 ciudades y un correspondiente asentamiento informal o de bajos ingresos en cada ciudad del África subsahariana, el sur de Asia y América Latina. En 12 de las 15 ciudades estudiadas, los hogares conectados al sistema municipal de tuberías reciben agua de manera intermitente, lo que afecta su calidad. En siete de los 15 asentamientos informales, el suministro de agua es inferior a 17 horas semanales. Los hogares sin acceso al agua pública recurren a fuentes alternativas que pueden costar hasta 52 veces más. En asentamientos informales y de bajos ingresos en tres ciudades, Cochabamba, Kampala y Mzuzu, el suministro básico de agua resulta inasequible incluso para hogares de ingresos medios (Barba & Mitlin, 2021).

Un estudio basado en un conjunto de datos de panel de 119 países entre 2004 y 2020 revela que la desigualdad de ingresos disminuye el acceso a servicios básicos seguros. Además, el estudio demuestra que la inclusión financiera mejora significativamente el acceso a estos servicios. Los efectos de la desigualdad de ingresos y la inclusión financiera varían entre entornos rurales y urbanos. Estos hallazgos destacan la importancia de implementar políticas que fortalezcan la inclusión financiera y aborden la desigualdad de ingresos para mejorar el acceso a servicios básicos y la calidad de vida (Acheampong et al., 2024).

CAPÍTULO III.

3. METODOLOGÍA

3.1. Tipo de investigación

Este estudio se basa en un enfoque cuantitativo para la recolección, procesamiento y análisis detallado de los datos recabados. Mediante este método, se busca no solo comprender las dimensiones numéricas de la información obtenida, sino también interpretar las tendencias, patrones y correlaciones dentro de los datos respecto al índice de agua no contabilizada en varios cantones del Ecuador. La investigación inicia con la compilación bibliográfica vinculada a la incidencia de fugas en redes de abastecimiento de agua potable”, utilizando para ello plataformas digitales tales como Scopus, ResearchGate, Google Académico y Revistas Científicas Digitales (Novasinergia). El siguiente diagrama describe el proceso de desarrollo de la investigación.

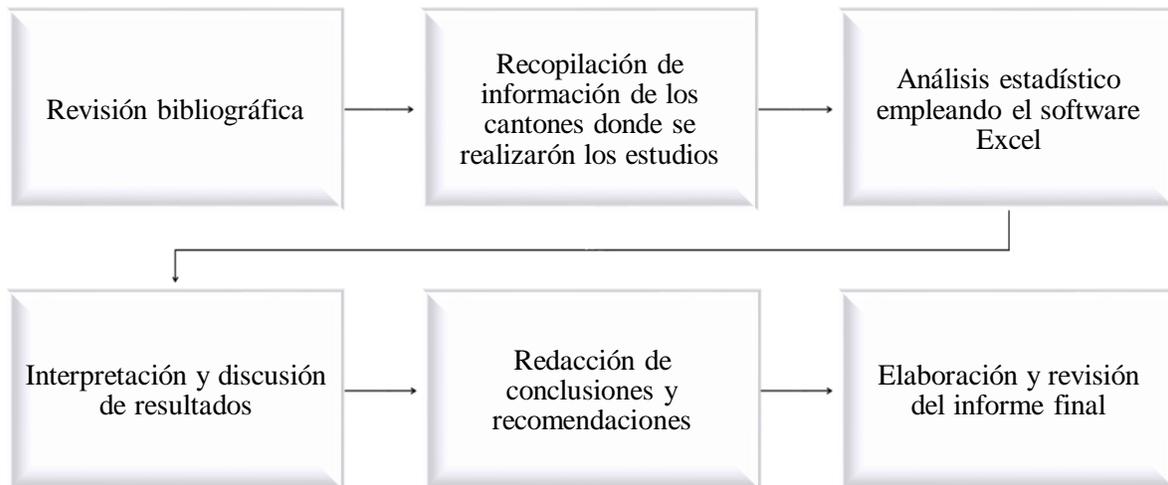


Figura 1 Diagrama del Desarrollo de la Investigación

Se llevó a cabo un análisis investigativo enfocado en la identificación de cantones que han sido objeto de intervenciones a través de la implementación de un Plan Maestro de agua potable durante el periodo de los últimos diez años, una vez seleccionados los cantones, se obtuvo la información del índice de agua no contabilizada encontrada en las tesis de “Incidencia de fugas en redes abastecimiento de agua potable”, además con la información del Servicio Nacional de Contratación Pública (SERCOP) se obtuvo la

información correspondiente al monto de la inversión para la ejecución del Plan Maestro de agua potable.

Se han generado gráficos que presentan los diferentes valores obtenidos. Esto facilita el cálculo del coeficiente de determinación (R^2). Dicho coeficiente indica la adecuación del ajuste entre las variables “Y” y “X”, sirviendo para ilustrar la dirección del modelo lineal.

Según Los valores de R^2 pueden variar entre 0 y 1. A más cercanía de 1, mayor será la fiabilidad. De forma contraria, a más cercanía a cero, menor fiabilidad del modelo. Un valor de R^2 a partir de 0.60, se considera significativa su relación. Y si cumple este criterio se procede a evaluar el coeficiente de correlación (R). La correlación de este modelo se basa con la premisa de: A mayores valores de “X”, mayores en “Y”; y a la inversa. Que a partir de 0.50 es considerable la correlación del modelo (Arellano & Lindado, 2019).

Tabla 2 *Rango de correlaciones de Evans.*

Rango	Relaciones
0	No existe correlación
0.00 a 0.10	Correlación débil
0.10 a 0.50	Correlación media
0.50 a 0.75	Correlación considerable
0.75 a 0.90	Correlación muy fuerte
0.90 a 1	Correlación perfecta

CAPÍTULO IV.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Implementación del Plan Maestro de abastecimiento de agua potable en cantones seleccionados

Con base en el SERCOP se pudo obtener los valores económicos que se invirtieron en la construcción de los Planes Maestros. Además, se procederá a la compilación y análisis de datos adicionales, que incluyen: población, el costo por unidad correspondiente a un metro cúbico de agua potable, y el índice de agua no contabilizada.

Según Arellano et al. (2019), los cantones de estudio se encuentran en un rango poblacional 2 según el estudio realizado denominado “Los consumos y las dotaciones de agua potable en poblaciones ecuatorianas con menos de 150,000 habitantes”, ya que están en un rango de entre 500 a 8,000 habitantes, siendo Colta el cantón de estudio con menos habitantes y Tisaleo el cantón con más habitantes. Hay que recalcar que se toma en cuenta solo la población que se ubica en el sector urbano de estas ciudades ya que ellos son los beneficiarios de la obra, a excepción de Tisaleo que también se vio beneficiada una parte del sector rural.

Cada cantón bajo estudio tiene una tarifa específica para el suministro de agua potable. Sin embargo, según los datos del ARCA (2021), estas tarifas son inferiores al promedio nacional del costo de precio unitario, fijado en \$0.94.

En la Tabla 3 se presentan los datos previamente mencionados, los cuales fueron empleados para el desarrollo del presente estudio.

Tabla 3 *Resumen de los cantones de estudio.*

	COLTA	CHIMBO	ALASI	GUANO	TISALEO	[UNIDAD]
Provincia	CHIMBORAZO	BOLIVAR	CHIMBORAZO	CHIMBORAZO	TUNGURAHUA	[-]
Población estimada en el año de ejecución del Plan Maestro	2112	3864	7375	8699	9582	[HABITANTES]
Año de ejecución del Plan Maestro	2018	2021	2019	2017	2014	[AÑO]
Monto referencial de la inversión	1,234,910.05	1,510,985.95	669,709.62	2,643,975.50	2,650,000.00	[\$]
Tarifa de m³ de agua potable	0.13	0.08	0.26	0.18	0.44	[\$]
Índice de agua no contabilizada	68.79%	58.62%	42.09%	53.98%	36.66%	[%]

4.1.1. Correlaciones entre las diferentes variables

4.1.1.1. Análisis de la correlación lineal entre el monto de inversión y la población de cada cantón de estudio

En la Figura 2 se observa que el coeficiente de determinación (R^2) es igual a 0.3481, se traduce en un coeficiente de correlación de Pearson, R de 0.59, lo cual nos indica que existe una correlación considerable entre las variables analizadas. Este resultado, nos sugiere que, aunque existe una relación considerable entre la población de los cantones y el monto de inversión en Planes Maestros de agua potable, la variable poblacional no es el único factor que determina la asignación de recursos financieros para dichos proyectos. Esto indica que, si bien los Planes Maestros de agua potable son diseñados y construidos considerando el número de habitantes actuales y futuros del sector, otros factores además de la población también juegan un papel importante en la determinación de la inversión financiera.

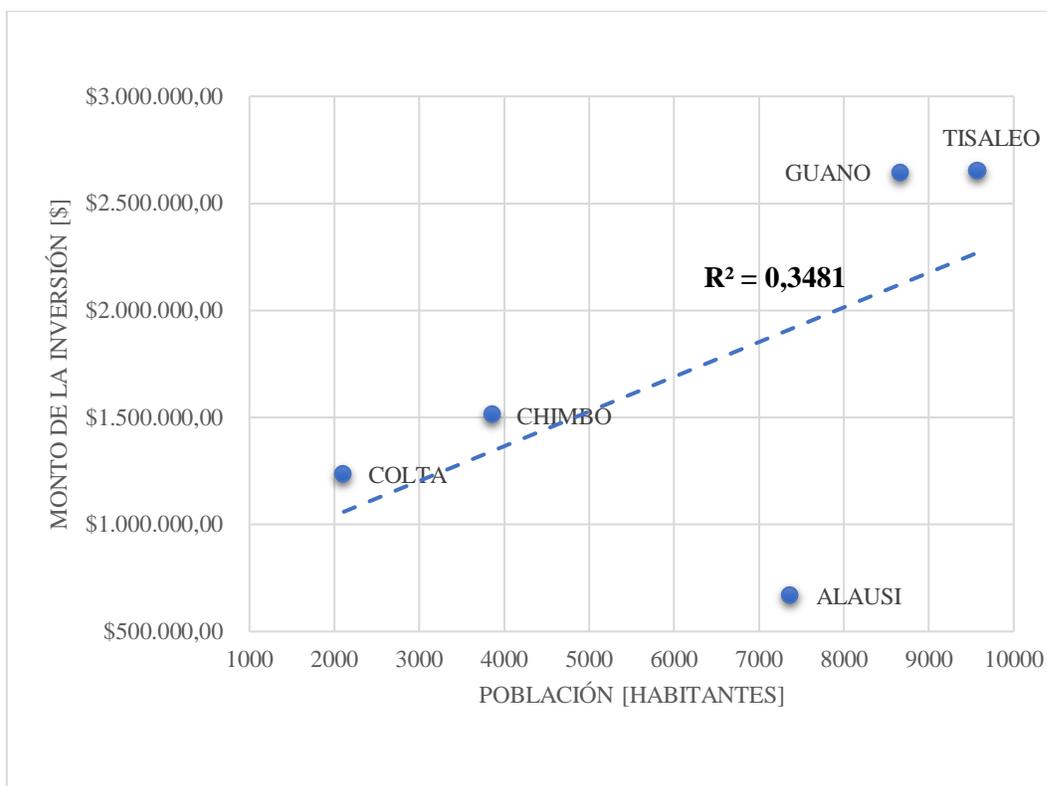


Figura 2 Correlación lineal entre el monto de inversión y la población de cada cantón de estudio.

Según el Banco de Desarrollo del Ecuador (2021), en la guía de gestión de proyectos de agua potable menciona que la inversión económica en sistemas de abastecimiento de agua potable no se limita exclusivamente a la dimensión poblacional, sino que también se ve influenciada por una multiplicidad de factores adicionales como:

- **Fuente de agua:** puede ser superficial, subterránea, reciclada, entre otras.
- **Calidad del agua cruda:** La calidad del agua de la fuente seleccionada determina el nivel y tipo de tratamiento requerido.
- **Tecnología de tratamiento:** La elección de las tecnologías de tratamiento depende de la calidad deseada del agua potable y la normativa aplicable.
- **Longitud y complejidad de la red de distribución:** La extensión de la red de tuberías y su complejidad, incluyendo la necesidad de bombas, estaciones de elevación, y almacenamiento, afecta directamente al costo.

4.1.1.2. Análisis de la correlación lineal entre el índice de agua no contabilizada con el valor de la tarifa de m³ de agua potable

En la Figura 3 se muestra que el valor del coeficiente de determinación (R^2) se establece en 0.752, lo que corresponde a un coeficiente de correlación de Pearson, R de 0.8672, esto indica una correlación muy fuerte entre las variables en estudio. Se observa que conforme a que la tarifa de agua potable aumenta, el Índice de Agua No Contabilizada (IANC) disminuye.

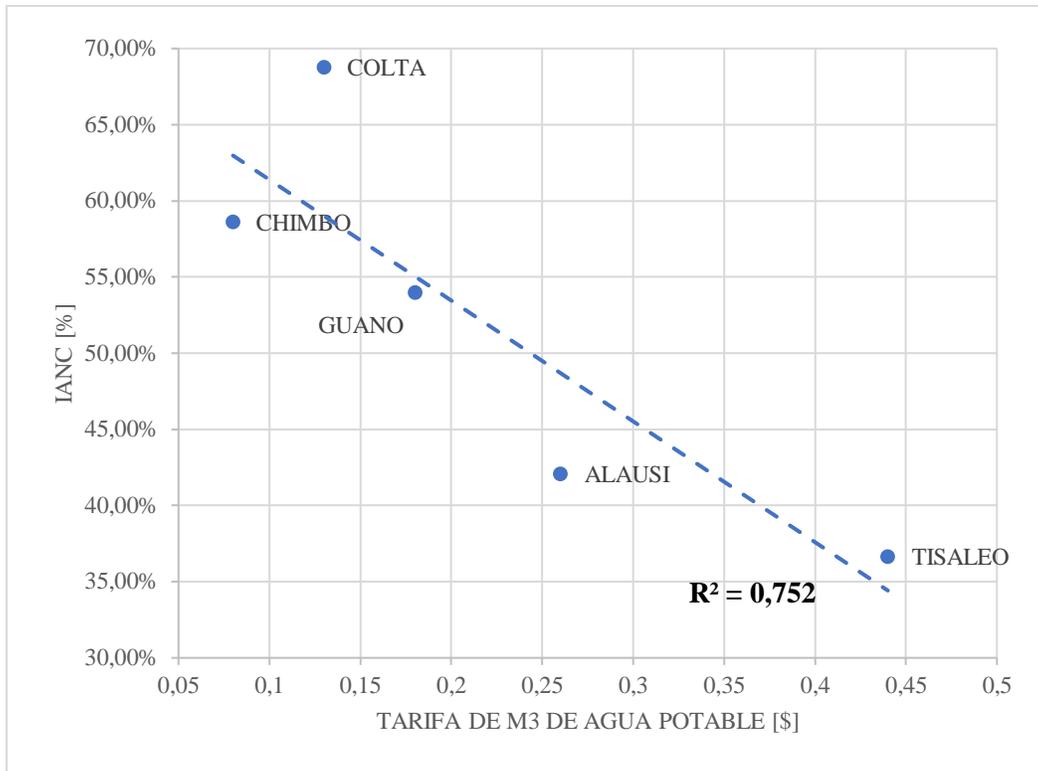


Figura 3 Correlación lineal entre el índice de agua no contabilizada con el valor de la tarifa de m3 de agua potable.

Según la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (2011), este fenómeno podría explicarse por el hecho de que sistemas con un menor IANC suelen reflejar una mayor eficiencia operacional, por lo tanto, las empresas que logran reducir el agua no contabilizada podrían ver que mantener tarifas bajas no refleja justamente el valor y el trabajo que implica ofrecer un servicio de agua de alta calidad por tal razón se incrementa el valor de la tarifa. Además, como señala UNESCO (2021), las entidades pueden utilizar ingresos de tarifas relativamente más altas para financiar inversiones en tecnología, infraestructura y prácticas sostenibles que a largo plazo contribuirán a la reducción del agua no contabilizada y a la sostenibilidad ambiental y financiera del sistema.

4.1.1.3. Análisis de la correlación lineal entre índice de agua no contabilizada con el monto de inversión para la construcción del Plan Maestro

En la Figura 4 se observa que el valor del coeficiente de determinación (R^2) se establece en 0.065, lo que corresponde a un coeficiente de correlación de Pearson, R de 0.2550, lo cual indica una correlación media entre las variables en estudio. Esta correlación

sugiere que, en general, a medida que el monto de inversión en la construcción del Plan Maestro aumenta, el índice de agua no contabilizada tiende a disminuir ligeramente.

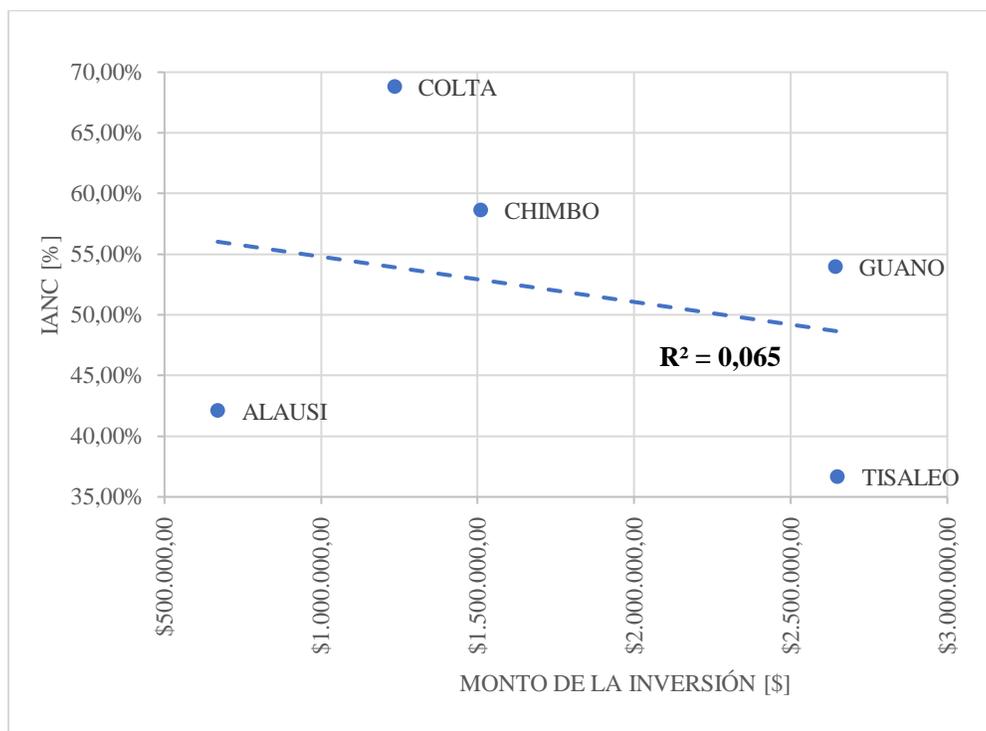


Figura 4 Correlación lineal entre índice de agua no contabilizada con el monto de inversión para la construcción del Plan Maestro.

Según BANCO MUNDIAL (2023), también se puede afectar la efectividad de la inversión de acuerdo a como se implementan los Planes Maestros ya que puede variar, afectando la relación entre la inversión y la reducción del agua no contabilizada. Factores como la calidad de la construcción, la gestión de proyectos, y el mantenimiento posterior pueden influir significativamente en los resultados.

4.1.1.4. Análisis de la correlación lineal entre la tarifa de m³ de agua potable con el monto de inversión para la construcción del Plan Maestro

En la Figura 5 se muestra que el coeficiente de determinación (R^2) es igual a 0.1608, se traduce en un coeficiente de correlación de Pearson, R de 0.4010, lo cual nos indica que existe una correlación media entre las variables analizadas. Esto sugiere que, aunque existe cierta asociación entre ambas variables, esta no es lo suficientemente fuerte como para afirmar que el monto de inversión determina de manera directa las tarifas del

agua potable. La relación entre la inversión en sistemas de agua potable y las tarifas finales cobradas a los usuarios es compleja y se ve influenciada por múltiples factores.

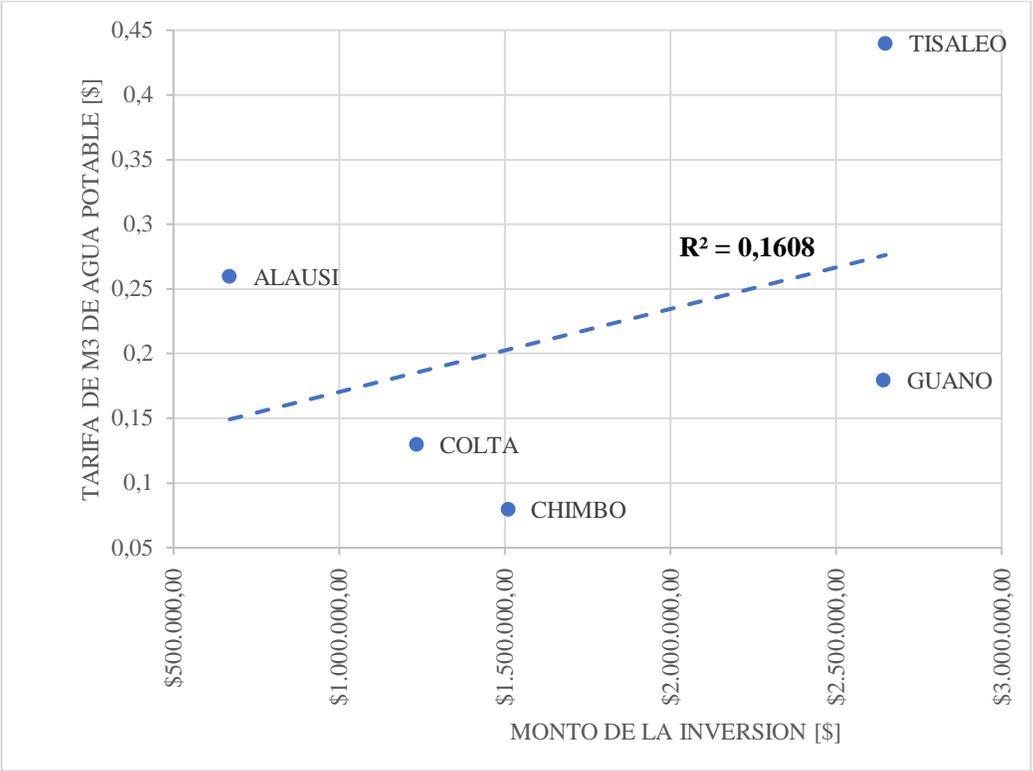


Figura 5 Correlación lineal entre la tarifa de m³ de agua potable con el monto de inversión para la construcción del Plan Maestro.

Por lo mencionado por Munge & Schmid (2008), hay factores como: costo operativo del sistema, la eficiencia en la gestión del agua, la amortización de la inversión con el tiempo. El costo final para el usuario puede ser modificado significativamente por estos elementos, sin importar la cantidad de capital inicialmente invertida en la infraestructura. Además, busca equilibrar los costos de construcción y operación con objetivos más amplios como la accesibilidad, la sostenibilidad y la inclusión social añade complejidad adicional a fijar las tarifas debido a la diversidad en las políticas de precios adoptadas por las entidades gestoras.

4.1.1.5. Análisis de la correlación lineal entre la tarifa de m³ de agua potable con el número de habitantes

En la Figura 6 se observa que el coeficiente de determinación (R^2) es igual a 0.5929, se traduce en un coeficiente de correlación de Pearson, R de 0.77, lo cual nos indica que existe una correlación muy fuerte entre las variables analizadas. Esto significa que, a medida que aumenta el número de habitantes, hay una tendencia significativa hacia el aumento de la tarifa del metro cúbico de agua potable.

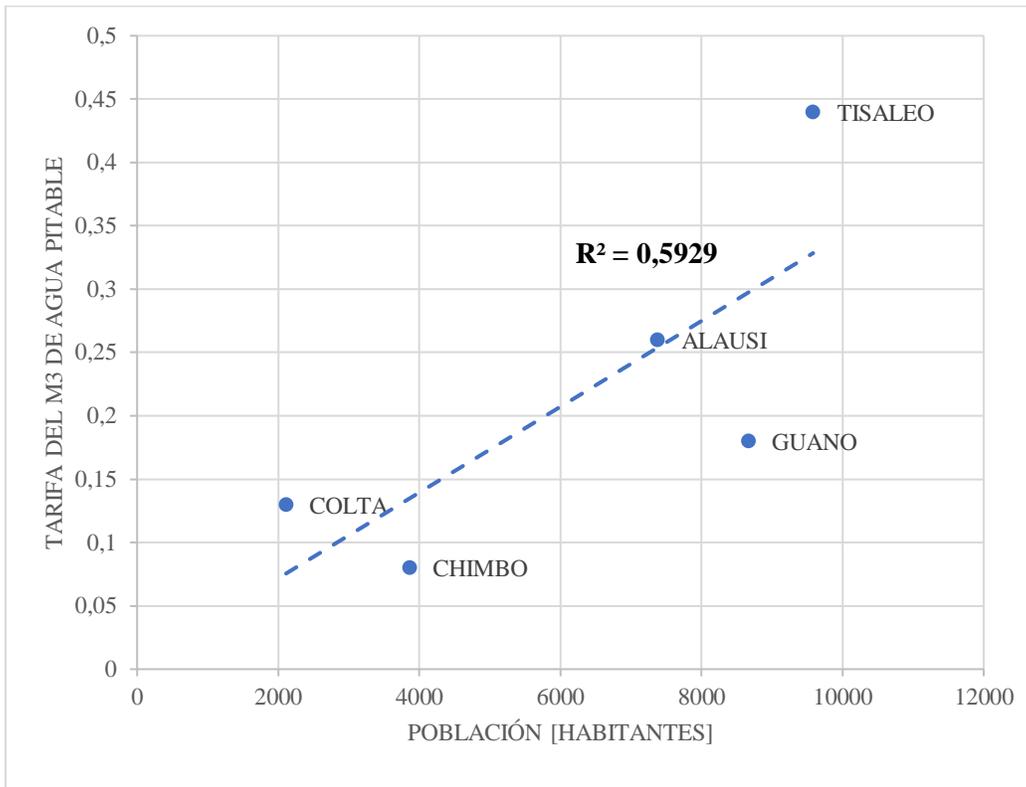


Figura 6 Correlación lineal entre la tarifa de m³ de agua potable con el número de habitantes.

Según la ONU (2020), mencionan varios factores por lo cual se puede explicar esta relación muy fuerte entre ambas variables:

- **Demanda creciente:** En regiones de alta o creciente población, la mayor demanda de agua potable impulsa inversiones en infraestructura y tecnología, elevando las tarifas para cubrir estos gastos.

- **Costos de suministro:** Con el aumento de la población, los costos asociados con el suministro de agua potable, incluyendo el tratamiento y la distribución, pueden incrementar.
- **Políticas y regulaciones:** Las decisiones políticas y regulatorias pueden influir en cómo se establecen las tarifas del agua, con posibles subsidios para comunidades más pequeñas o cargos adicionales destinados a financiar la expansión de la infraestructura en áreas de rápido crecimiento.

4.2. Impacto de las fugas en el Plan Maestros en las ciudades de investigación

4.2.1. Comparativa del porcentaje de agua no contabilizada de los cantones de estudio con el porcentaje medio nacional

En la Figura 7 se presenta un análisis comparativo del IANC para cada uno de los cantones objeto de estudio, confrontándolo con el valor promedio nacional del IANC, según lo reportado en el informe del ARCA de 2021. Esta comparación detalla visualmente las discrepancias o similitudes entre los valores locales y el promedio nacional.

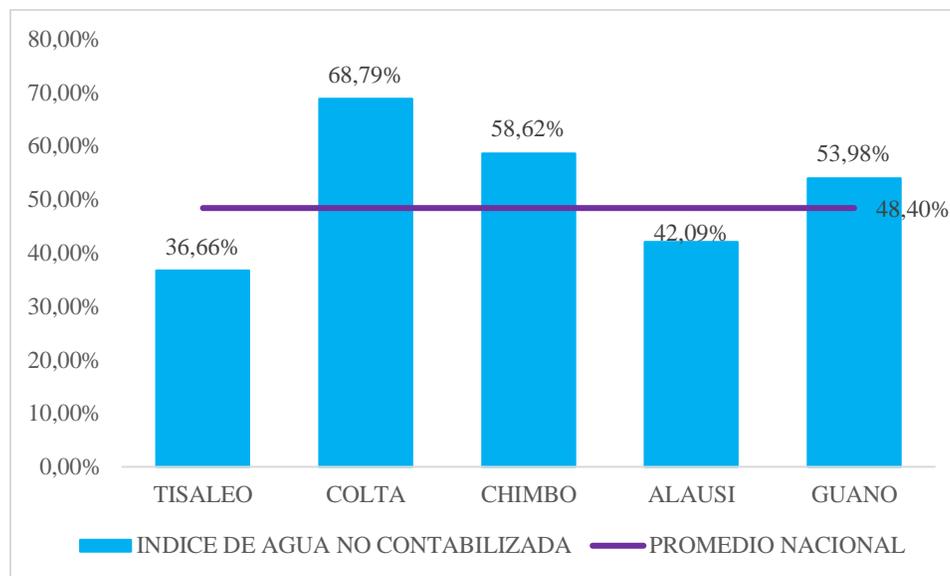


Figura 7 Comparación del porcentaje de agua no contabilizada de los cantones de estudio con el porcentaje medio nacional.

El IANC es crucial para evaluar la eficiencia y la sostenibilidad de los sistemas de gestión del agua en diferentes localidades, analizando el gráfico podemos decir que Tisaleo y Alausí se encuentran por debajo del promedio nacional, lo cual nos indica que estos

cantones tienen sistemas de gestión de agua relativamente más eficientes y efectivos en la reducción de pérdidas de agua, comparados con el promedio nacional. La variabilidad de los índices entre los cantones (desde un 36.66% en Tisaleo hasta un 68.79% en Colta) destaca las diferencias significativas en la gestión del agua a nivel local.

El promedio nacional de IANC es del 48.40%, lo que ya indica un desafío a nivel nacional para cumplir con el estándar del ARCA (<30% de IANC). Todos los cantones, excepto Tisaleo y Alausí, tienen índices de IANC superiores al promedio nacional, lo que resalta aún más sus retos específicos en la gestión eficiente del agua. Sin embargo, incluso estos dos cantones, que están por debajo del promedio nacional, están lejos del umbral del 30% para ser considerados de alto desempeño.

Estos resultados indican la necesidad imperativa de implementar medidas y políticas más efectivas para la gestión del agua.

4.2.2. Comparación de valores porcentuales de caudales en el sistema de agua potable: un análisis detallado en los cantones de estudio

El informe del ARCA del año 2021 establece criterios claros para la clasificación de los sistemas de suministro de agua en términos de eficiencia y sostenibilidad. Según este informe, para que un sistema de suministro de agua sea considerado dentro del rango de desempeño ALTO (Rango I), el Índice de Agua No Contabilizada (IANC) debe situarse entre un 4.8% a 30%. Este rango refleja un estándar de operación óptima, los parámetros mencionados están detallados en la Tabla 4.

Tabla 4 Porcentajes para lograr un desempeño alto según el ARCA

Categorías: Ninguno		
	Rango I - Alto	
4.8	$\leq \text{ANC} \leq$	30
Categorías: A y B		
	Rango II - Medio	
30	$< \text{ANC} \leq$	45
Categorías: C y D		
	Rango III - Bajo	
	$\text{ANC} >$	45

Fuente: Agencia de Regulación y Control del Agua

El apartado del agua no contabilizada establecido por el ARCA subraya la importancia de adoptar medidas para el control de pérdidas de agua, incluyendo tanto el agua físicamente perdida (a través de fugas en la red de distribución) como el agua comercialmente pérdida (a través de errores en la medición, facturación o fraude). Al mantener el IANC dentro de estos límites, las entidades gestoras demuestran no solo una alta eficiencia operativa, sino también un compromiso con la sostenibilidad ambiental y la responsabilidad social, al asegurar que el recurso hídrico se distribuya de manera justa y eficiente.

Los resultados de los cantones indican diferencias significativas en la gestión del agua, reflejadas en los porcentajes de caudal registrado y no registrado. Como se puede observar en la Figura 8, Colta presenta el mayor desafío, con casi 69% de su caudal no registrado, lo que sugiere serias ineficiencias o pérdidas. Tisaleo y Alausí muestran una situación más equilibrada pero aún con margen de mejora, teniendo un poco más de la mitad de su caudal registrado. Chimbo y Guano, aunque no están en las condiciones más críticas, también evidencian problemas significativos en la gestión del agua, con más del 50% de su caudal no registrado. Estas variaciones señalan la necesidad de abordar las causas del alto porcentaje de caudal no registrado en estos cantones, posiblemente mediante inversiones en infraestructura, mejoras en la medición y monitoreo, y esfuerzos para minimizar el uso no autorizado del agua, con el fin de mejorar la eficiencia y sostenibilidad en la gestión del agua.

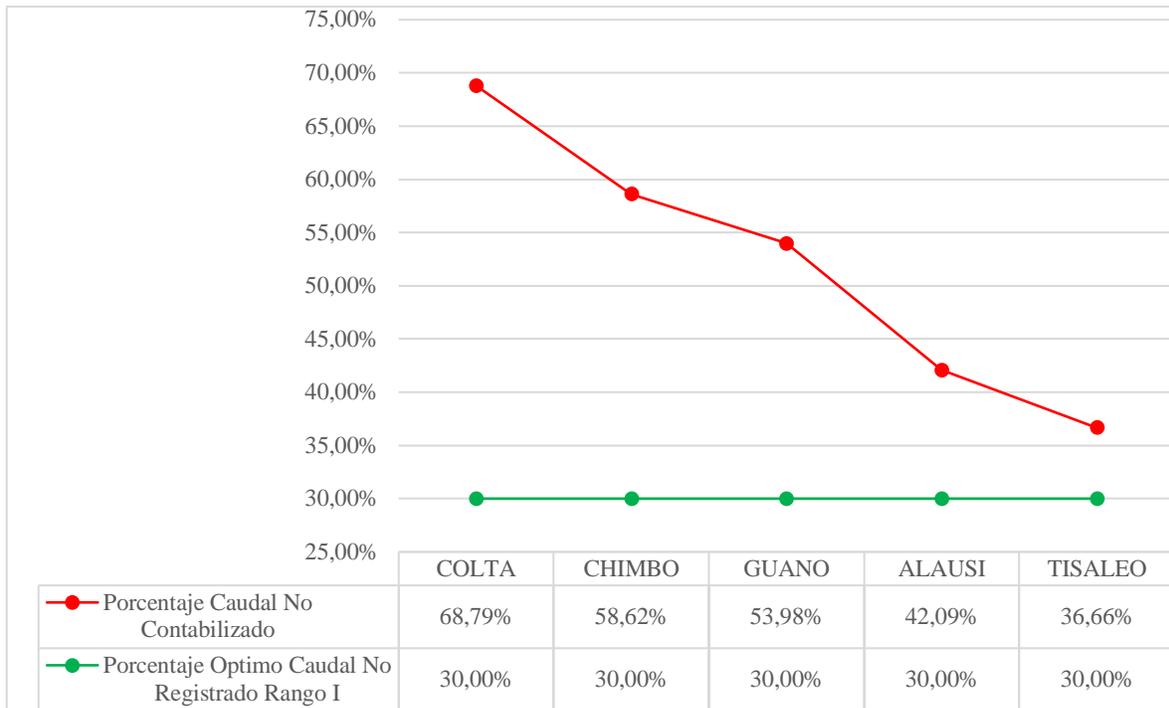


Figura 8 *Porcentajes de desempeño de cada cantón.*

En la Figura 9 se plasman los datos sobre el caudal no registrado en los cantones, lo cual indican que las fugas representan la mayor parte de este caudal, señalando problemas significativos en la infraestructura de suministro de agua. Colta, Chimbo, y Guano enfrentan las mayores dificultades con más de la mitad de su caudal no registrado atribuido a fugas. En contraste, el caudal consumido incontroladamente es considerablemente menor en todos los cantones, siendo más notable en Colta y Alausí. Este patrón sugiere que la prioridad para mejorar la gestión del agua debería centrarse en la reparación y mejora de la infraestructura para reducir las pérdidas físicas de agua, además de implementar estrategias para controlar el consumo incontrolado. La eficiencia y sostenibilidad de la gestión del agua en estos cantones mejorarían significativamente mediante la atención a estas áreas críticas.

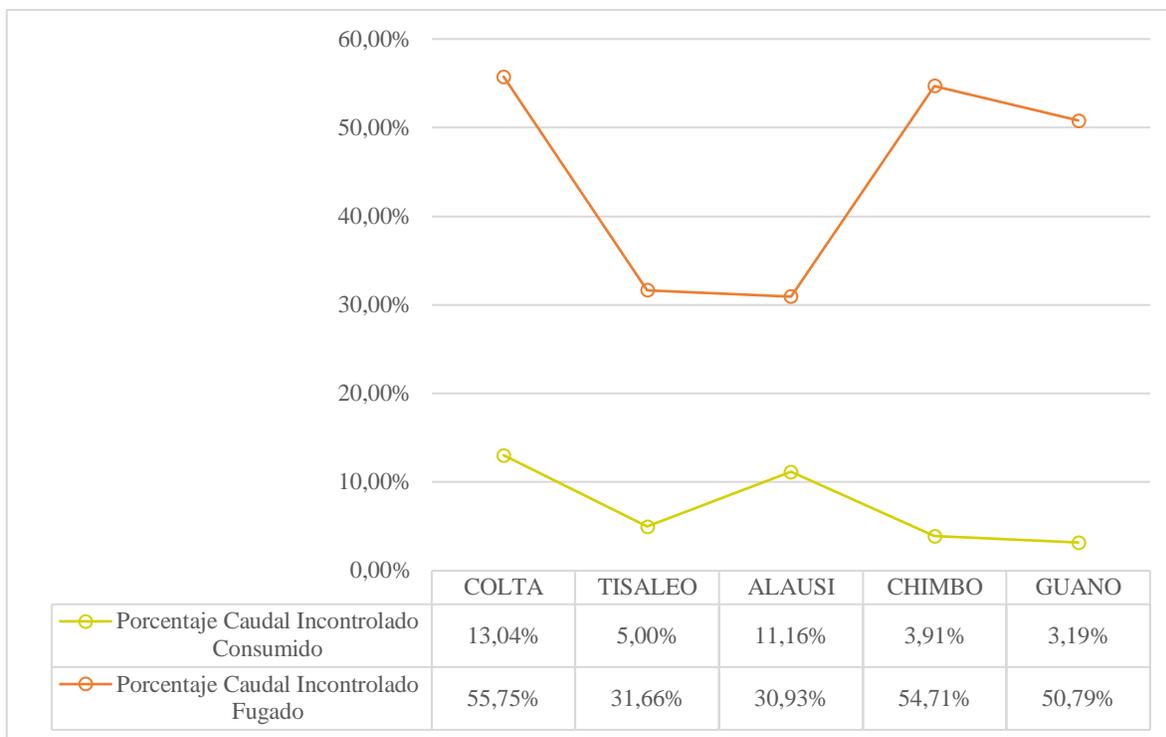


Figura 9 *Porcentajes de los componentes del caudal no facturado.*

En la Tabla 5 se presenta un análisis detallado de los caudales de cada sistema de agua potable correspondiente a los cantones bajo estudio. Esta tabla compila y organiza datos como el caudal inyectado, registrado, incontrolado consumido, incontrolado fugado, no facturado.

Tabla 5 Análisis de los caudales de cada sistema de agua potable.

	Colta	Tisaleo	Alausí	Chimbo	Guano	Unidad
Caudal inyectado	591,300.00	685,337.20	1,274,461.95	1,284,565.04	2,288,466.43	[m ³ /año]
Caudal registrado	182,084.00	434,062.00	738,041.00	531,570.00	1,053,033.00	[m ³ /año]
Caudal incontrolado consumido	77,125.96	34,266.86	142,249.58	50,263.20	73,078.20	[m ³ /año]
Caudal incontrolado fugado	329,674.01	217,008.34	394,171.37	702,833.539	1,162,355.23	[m ³ /año]
Caudal no facturado	406,799.97	251,275.20	536,420.95	753,096.74	1,235,433.43	[m ³ /año]
Autores	Saigua y Vimos	Orna y Zumba	Saigua y Vimos	Carvajal y Vargas	Jaramillo y Oleas	

Podemos apreciar cómo los porcentajes previamente mencionados se traducen en cifras concretas para cada cantón.

- **Caudal Registrado vs. Inyectado:** Todos los cantones presentan una diferencia significativa entre el caudal inyectado y el registrado, indicando una alta tasa de agua no facturada, que incluye tanto el consumo incontrolado como las fugas.
- **Caudal Incontrolado Consumido:** Varía considerablemente entre cantones, siendo más alto en Alausí y Colta, lo que podría indicar diferencias en el acceso no regulado al agua o en la eficiencia de la detección de consumo no autorizado.
- **Caudal Incontrolado Fugado:** Representa la mayor parte del caudal no facturado anualmente en todos los cantones, destacando especialmente en Chimbo y Guano con más de 700,000 m³ y 1,162,355.23 m³ respectivamente, cada año. Esto señala problemas serios de infraestructura que necesitan atención urgente para reducir las pérdidas físicas de agua anuales.

En la Tabla 6 se detalla el análisis económico de los sistemas de agua potable de cada cantón incluido en el estudio, donde se puede observar las pérdidas económicas causadas por el caudal incontrolado consumido, fugado y no facturado. Este análisis incluye la cuantificación de las pérdidas financieras asociadas a cada una de estas categorías, proporcionando una perspectiva integral sobre el impacto económico que estas ineficiencias generan en los sistemas de distribución de agua.

Tabla 6 *Análisis económico de los sistemas de agua potable de cada cantón de estudio.*

	Colta	Tisaleo	Alausí	Chimbo	Guano
Monto de la inversión para la construcción del Plan Maestro de agua potable	\$1,234,910.05	\$2,650,000.00	\$669,709.62	\$1,510,985.95	\$2,643,975.50
Pérdidas por el caudal incontrolado consumido	\$10,026.37	\$15,077.42	\$36,984.89	\$4,021.06	\$13,154.08

Pérdidas por el caudal incontrolado fugado	\$42,857.62	\$95,483.67	\$102,484.56	\$56,226.68	\$209,223.94
Pérdidas por el caudal no facturado	\$52,883.99	\$110,561.09	\$139,469.45	\$60,247.74	\$222,378.02

Es fundamental comprender que los montos de las pérdidas económicas están intrínsecamente ligados al valor de la tarifa de agua potable establecida en cada cantón. Por esta razón, aunque Guano (tarifa del m³ \$0.18) registre un volumen de caudal no facturado de 1,162,355.23 m³/año, resultando en una pérdida anual de \$222,378.02, Alausí (tarifa del m³ \$0.26), con un caudal no facturado significativamente menor de 394,171.37 m³/año, incurre en una pérdida de \$139,469.45. Esto indica que, pese a que el volumen de caudal no facturado de Alausí representa solo el 33.91% del de Guano, las pérdidas económicas correspondientes alcanzan aproximadamente el 62.72% de las de Guano. Este fenómeno resalta cómo las diferencias en las tarifas de agua potable pueden influir de manera considerable en el impacto económico del caudal no facturado entre distintos cantones.

En la Figura 10 se efectúa un análisis comparativo entre los montos de inversión destinados a la construcción del Plan Maestro de agua potable y las pérdidas económicas anuales registradas en cada sistema de distribución de agua potable de los cantones estudiados.

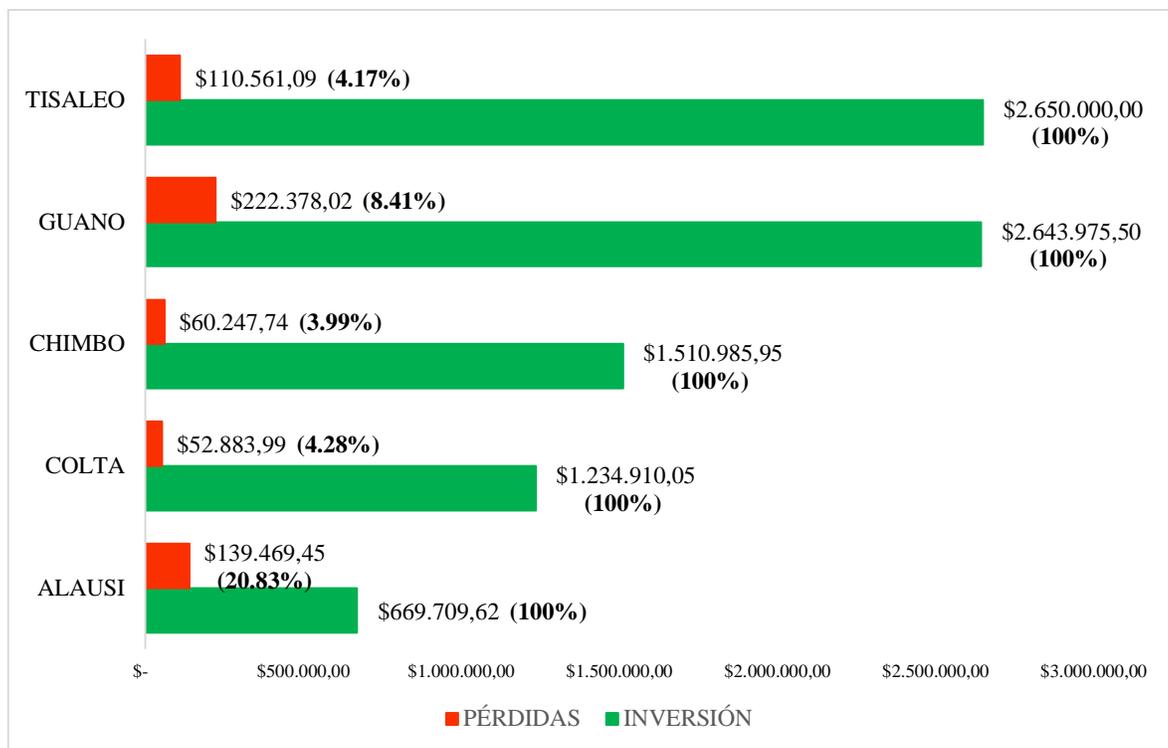


Figura 10 Comparación entre los montos de inversión con la pérdida anual por el agua no facturada.

Es importante considerar que los porcentajes mencionados están directamente relacionados con el volumen de caudal que no se ha facturado, el costo asociado al metro cúbico de agua en cada cantón, así como el tamaño de la inversión realizada para llevar a cabo la construcción del Plan Maestro. Por lo tanto, aunque Guano tenga un porcentaje mayor de agua no contabilizada que Alausí, esto solo se traduce en un 8.41% de la inversión total. En contraste, Alausí, a pesar de tener un volumen de caudal no facturado y una inversión inicial que podría ser menor que en Guano, enfrenta un porcentaje de pérdida de inversión más elevado (20.83%) que el resto de los cantones analizados.

En la Tabla 7 se presenta un análisis detallado de las pérdidas de agua potable per cápita en cada uno de los cantones incluidos en el estudio. Adicionalmente, esta tabla proporciona un desglose de las pérdidas económicas per cápita, tanto diarias como anuales, asociadas a estas pérdidas de agua.

Tabla 7 Análisis de las pérdidas de agua per cápita

	Colta	Chimbo	Alausí	Guano	Tisaleo	
Pérdida de agua per cápita	433.6	505.26	148.46	371.17	62.91	[l/hab/día]
Pérdidas económicas per cápita al día	0.06	0.05	0.04	0.07	0.03	[\$/hab/día]
Pérdidas económicas per cápita al año	21.6	18	14.4	25.2	10.8	[\$/hab/año]

Chimbo se distingue como el cantón con la mayor pérdida de agua per cápita, resultando en un costo de \$0.05 dólares por día por cada habitante, lo que acumula una pérdida económica de \$18 dólares por habitante anualmente. En contraste, Tisaleo registra la menor tasa de pérdida de agua por habitante, con 62.91 litros por día, lo cual se traduce en un costo diario de \$0.03 dólares por habitante y una pérdida anual de \$10.8 dólares por cada individuo. Estas cifras económicas están intrínsecamente ligadas a la tarificación del suministro de agua potable de cada población en estudio.

Aunque estos costos no se reflejan en pagos directos por parte de los ciudadanos, es imperativo para los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales implementar estrategias de recuperación financiera para compensar dichas pérdidas. Consecuentemente, esto conduce a la formulación de nuevas ordenanzas municipales, y/o alza o nuevos impuestos. Estas medidas se adoptan con el objetivo de asegurar la sostenibilidad económica de los servicios de suministro de agua y mantener la infraestructura correspondiente. A pesar de que los ciudadanos no deberían pagar la ineficiencia o el mal manejo de los servicios básicos.

4.3. Causas y problemas de las fugas de agua en cantones que han sido intervenidos con el Plan Maestro de agua potable

Las principales causas de las fugas de agua potable según Romero (2014) son:

- **Instalación defectuosa:** Si las tuberías no se instalan correctamente o si los materiales de instalación son de baja calidad, pueden surgir fugas.

Según una investigación de Plastigama-Wavin, el 30% de los problemas como roturas en tuberías se deben a las propiedades del material utilizado en las tuberías y sus componentes. Además, una instalación deficiente es responsable del 26% de las pérdidas de agua (Plastigama Wavin, 2024).

- **Presión del agua:** Una presión de agua excesiva puede dañar las tuberías y provocar fugas. Del mismo modo, una presión baja puede generar vacíos en las tuberías, lo que también puede causar fugas.

De acuerdo con la investigación de Zuñiga (2019), se ha identificado una variabilidad significativa en las presiones dentro del sistema de distribución de agua potable del cantón Guano. El estudio revela que, en total, 13 nudos de consumo del modelo matemático muestran presiones por debajo de los 15 metros de columna de agua, mientras que 136 nudos muestran una presión por encima de los 50 metros (llegando en algunos casos por encima de los 80 metros), por lo tanto, Guano presenta problemas de presiones altas, siendo una razón para la obtención de un valor alto de agua fugada en la red de distribución.

- **Daños estructurales:** Los terremotos u otros eventos sísmicos pueden dañar la infraestructura subterránea, incluidas las tuberías, lo que puede provocar fugas. El 11 de diciembre de 2021, un aluvión provocó daños significativos en el sistema de distribución de agua potable del cantón Guano, afectando aproximadamente el 60% de la infraestructura. Dicho evento resultó en daños en múltiples tramos de la red, lo cual ocasionó la interrupción del suministro de agua a varios barrios de la zona (Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, 2021).

El 26 de marzo de 2023, un deslave en Alausí impactó significativamente el sistema de distribución de agua potable, resultando en la afectación del 60% de la infraestructura. El evento causó daños en aproximadamente 300 metros de tubería que transporta agua desde la Planta de Pueblo Viejo. Esta interrupción en la red provocó la suspensión temporal del suministro de agua a aproximadamente 32 barrios, la mayoría situados en la zona céntrica de Alausí (SGR, 2023).

- **Falta de mantenimiento:** La falta de mantenimiento regular, como inspecciones y reparaciones preventivas, puede permitir que los problemas pequeños se conviertan en grandes fugas con el tiempo.

En el sistema de agua potable del cantón Guano la red de agua actual cuenta con varias válvulas reductoras de presión VRP, las cuales no se encuentran en funcionamiento debido a la falta de mantenimiento, esta es una de las razones por las que el abastecimiento presenta graves problemas en la gestión de presiones a lo largo de toda la ciudad (Zúñiga, 2019).

- **Impacto físico:** Las tuberías pueden dañarse debido a la excavación cercana, la construcción o el tráfico pesado, lo que puede resultar en fugas.

Carvajal V. y Vargas J. (2023) señalan que, en Chimbo, las fugas son resultado de salidas del sistema mal selladas, roturas de tuberías causadas por maquinaria durante trabajos en el área, así como un número considerable de conexiones irregulares.

Los principales problemas que acarrearán las fugas de agua potable son:

- **Desperdicio de agua:** Las fugas en la red de agua potable resultan en una pérdida directa de agua potable, lo que desperdicia un recurso valioso y limitado.

El desperdicio de agua potable creció en el Ecuador, la cantidad de agua no registrada incrementó de 696,2 millones de metros cúbicos en 2019 a 705,83 millones en 2020. Esto representa que el 48.4% del agua potable del país se perdió en las tuberías antes de alcanzar los hogares de los consumidores (YOUTOPIA, 2023).

- **Aumento de costos operativos:** Las fugas aumentan los costos operativos de los servicios de agua potable, ya que se necesita más energía y productos químicos para bombear y tratar el agua adicional para compensar las pérdidas.

Se ha registrado un incremento en el desperdicio de agua en los cantones de Atacames, Rioverde y Esmeraldas. Según Empresa de Agua Potable y Alcantarillado, este incremento se debe al aumento en el caudal de agua, de 960 a 1.350 litros por segundo, lo cual ha generado una presión excesiva que está dañando las tuberías. Este aumento en la presión, necesario para asegurar el suministro a los barrios ubicados en zonas elevadas, resulta en un incremento del 40% en los costos de producción (La Hora, 2019)

- **Ingresos perdidos:** Las fugas de agua significativas pueden llevar a una reducción en los ingresos de las compañías de agua, ya que no pueden facturar por el agua perdida
- **Hundimientos y socavones:** Las fugas de agua pueden erosionar el suelo debajo de las carreteras y otras estructuras, lo que puede provocar hundimientos, socavones y daños a la infraestructura.

En el barrio Santa Teresita de Quito se han formado cinco socavones como resultado de una fuga en una tubería subterránea. Las dimensiones de estos hundimientos varían, alcanzando hasta dos metros de longitud y un metro de ancho, con una profundidad que llega a los 1.5 metros hacia el subsuelo. Esta situación ha comprometido la integridad de la infraestructura vial y plantea preocupaciones respecto a la seguridad en el área afectada (EXPRESO, 2023).

Según Saigua H. y Vimos J. (2023), las fugas de agua tanto en Alausí como en Colta se deben principalmente a la ruptura de tuberías debido a su deterioro y a la ausencia de planes de mantenimiento. Además, en Alausí, la presencia de la falla geológica conocida como Bola de Oro también contribuye significativamente a las fallas en el suministro de agua potable.

En relación a Guano, Jaramillo J. y Oleas F. (2022) indican que las fugas de agua son provocadas por conexiones directas sin medidor, fugas internas y medidores dañados.

Finalmente, según Orna K. y Zumba C. (2023), en Tisaleo las fugas son causadas por sobrepresiones que generan daños permanentes y variables. Además, se han registrado otras causas como tomas ilícitas por parte de los residentes, fugas en la válvula de desfogue y en la tubería de PVC, así como fugas en las uniones de la tubería de PVC.

Estos cinco cantones tienen una misma similitud, que no tiene un plan de mantenimiento preventivo, tampoco de mantenimiento correctivo con la excepción de Tisaleo, los demás cantones simplemente acogen la queja o denuncia ciudadana de algún tipo de fuga visible y designa un personal que acuda a la reparación oportuna. Sin tener un registro oportuno de las reparaciones ejecutadas.

4.4.Discusión

De acuerdo con el Banco Mundial (2021) la Empresa de Abastecimiento de Agua Potable y Saneamiento de Manta realizó una inversión técnica de \$16,986,344.13 en el desarrollo y mejora de su infraestructura de suministro de agua potable. Este proyecto incluyó la construcción de un sistema avanzado de agua potable, logrando reducir significativamente el porcentaje de agua no contabilizada del 50% al 30%. Además, la expansión del sistema de conexión domiciliaria permitió incorporar más de 6,000 hogares adicionales a la red de distribución. Como resultado directo de estas mejoras, aproximadamente 44,223 residentes se vieron beneficiados, mejorando su acceso a servicios básicos de agua potable y saneamiento. Esta iniciativa no solo optimiza la gestión y eficiencia del recurso hídrico, sino que también refuerza el compromiso de la entidad con la sustentabilidad y la mejora continua del servicio a la comunidad.

La investigación realizada ha evaluado las inversiones substanciales en infraestructura de agua potable en varios cantones, detallando los montos específicos asignados a cada uno: Colta con \$1,234,910.05, Chimbo con \$1,510,985.95, Alausí con \$669,709.62, Guano con \$2,643,975.50, y Tisaleo con \$2,650,000.00. A pesar de estas considerables asignaciones financieras destinadas a mejorar la gestión y suministro del recurso hídrico, los datos analizados muestran que el índice de agua no contabilizada no ha experimentado una reducción significativa; Colta con 68.79%, Chimbo con 58.62%, Alausí con 42.09%, Guano con 53.9%, y Tisaleo con 36.66%.

Como señala la Contraloría General Del Estado (2021) en su reporte de control público, durante el periodo de 2011 a 2021, se identificaron serias irregularidades en proyectos de construcción de sistemas de agua potable, siendo la más destacada el incumplimiento de los términos contractuales por parte de constructores y fiscalizadores. Esto incluyó el no respeto a los plazos y especificaciones técnicas establecidas, provocando retrasos injustificados y deficiencias en las infraestructuras. Adicionalmente, se observaron prácticas financieras inapropiadas como pagos realizados sin la debida verificación de los trabajos, desembolsos duplicados, y el pago por equipos y accesorios no utilizados. A esto se suman facturas emitidas antes de la firma de los contratos, poniendo en evidencia una gestión deficiente y la necesidad de una revisión exhaustiva en los procesos de contratación y seguimiento.

Según Benavides (2003) en algunas ciudades, como Buenos Aires o Londres, al usuario no se le cobra en función del consumo sino con base en otros parámetros que solo sirven para estimar el consumo indirectamente (como el área de la vivienda), de forma tal que la pérdida que la ciudad presenta es realidad un dato completamente incierto ya que el consumo del usuario no está ni siquiera siendo estimado.

En el marco de nuestro estudio, existe tomas directas, medidores en mal estado, lo cual impide la correcta contabilización del volumen de agua consumido en estas residencias, por lo cual terminan pagando solo la tarifa mínima impuesta por el municipio o empresa distribuidora del servicio de agua potable, es por eso que se debería medir el consumo de todos los usuarios de esa manera eliminaríamos la desigualdad por el cobro de tarifas iguales a quienes gastan volúmenes distintos de agua, así como la desigualdad proveniente de aquellos que acceden al servicio de manera irregular. Esta última práctica genera costos adicionales que terminan siendo absorbidos por el conjunto de la población.

CAPÍTULO V.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

La relación entre la inversión realizada en el Plan Maestro de agua potable y las pérdidas generadas por el agua no contabilizada en los cantones estudiados es media y no directamente proporcional. Al obtener los resultados se observó que las pérdidas económicas ocasionadas por la no contabilización del agua en Alausí representan más del 20% del total de la inversión que se destinó para la ejecución del Plan Maestro de agua potable, siguiéndole Guano con 8.41%, Colta con 4.28%, Tisaleo con 4.17% y Chimbo con 3.99%. Esto indica que la eficacia en la gestión del agua y la reducción de pérdidas no depende únicamente de la cantidad de inversión inicial, sino también de la implementación de prácticas de gestión eficientes y el mantenimiento de la infraestructura.

Se recopiló información con la cual se realizó un análisis detallado en cinco cantones específicos que han sido objeto de intervenciones mediante la implementación del Plan Maestro de agua potable, específicamente en Colta, Chimbo, Alausí, Guano, y Tisaleo. La selección de estos cantones se basó también en que se encuentran dentro de la línea de investigación "Incidencia de fugas en redes de abastecimiento de agua potable". A través de esta investigación, se reveló que se ha llevado a cabo una inversión económica significativa, ascendiendo a un total de \$8,709,581.12, con el objetivo principal de mejorar el suministro y la calidad del agua potable para aproximadamente 31,632 personas de los cantones mencionados.

Se analizó la incidencia que tienen las fugas en un Plan Maestro de agua potable construido, el cual debería resultar en un Índice de Agua No Contabilizada (IANC) reducido, fundamentado en la premisa de que se está desarrollando infraestructura nueva con materiales y técnicas de construcción de calidad. No obstante, la realidad observada difiere significativamente de esta expectativa, ya que el IANC en los cantones estudiados supera el 40%, con la única excepción de Tisaleo, donde el índice se sitúa en el 36.66%. Esta situación se atribuye a la ausencia de estrategias de mantenimiento preventivo y la falta de implementación de tecnologías avanzadas para la identificación y reparación de fugas en el sistema de distribución de agua.

La problemática de las fugas de agua potable en los sistemas de distribución es multifacética y compleja, abarcando desde factores físicos inherentes al desgaste y daño de la infraestructura, hasta deficiencias en la gestión y mantenimiento. Las causas son variadas que van desde el deterioro natural y el daño físico por factores externos, hasta fallas en la instalación y mantenimiento preventivo. A pesar de las diferencias específicas de cada cantón, un hilo conductor común es la ausencia de un enfoque proactivo para el mantenimiento y gestión de la infraestructura. Este panorama resalta la necesidad crítica de implementar estrategias integrales que incluyan mantenimiento preventivo, modernización de la infraestructura, y una gestión más eficaz para mitigar las pérdidas, garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico, y optimizar el servicio a la comunidad.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda elaborar un programa estratégico para la minimización de pérdidas, centrado prioritariamente en mitigar las pérdidas comerciales mediante la regularización de conexiones no autorizadas y la sustitución de medidores antiguos por tecnología nueva y más precisa. La implementación de esta estrategia conllevará un beneficio económico directo, al posibilitar la facturación de volúmenes de agua previamente considerados como pérdidas, incrementando así los ingresos para las entidades municipales.

Se sugiere, que se analice el costo de la tarifa de metro cúbico de agua potable de cantones como Guano, Chimbo, y Colta, ya que al tener un costo muy bajo también incide en que el IANC aumente. Además, este análisis debe extenderse a considerar el impacto económico de incrementar la tarifa, no solo como una medida para cubrir los costos operativos y de mantenimiento, sino también como un incentivo para la concienciación y uso eficiente del recurso hídrico por parte de los usuarios.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Acheampong, A., Osei, E., & Tetteh, G. (23 de Febrero de 2024). *sciencedirect.com*.
Obtenido de sciencedirect.com: <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2024.106573>
- ARCA. (2021). *regulacionagua.gob.ec*. Obtenido de regulacionagua.gob.ec:
http://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2022/12/Boleti%CC%81n-estadi%CC%81stico-APS-2021_fn_v02.pdf
- ARCA. (2021). *regulacionagua.gob.ec*. Obtenido de regulacionagua.gob.ec:
https://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2022/12/Boleti%CC%81n-estadi%CC%81stico-APS-2021_fn_v02.pdf
- Arellano, A., & Lindao, V. (6 de Junio de 2019). *novasinerгия.unach.edu.ec*. Obtenido de novasinerгия.unach.edu.ec: <https://doi.org/10.37135/unach.ns.001.03.02>
- Arellano, A., Izurieta, C., Bravo, C., Merino, A., & Yépez, D. (10 de Diciembre de 2019). *novasinerгия.unach.edu.ec*. Obtenido de novasinerгия.unach.edu.ec:
<https://doi.org/10.37135/unach.ns.001.04.07>
- Ávila, A., & Luna, P. (2021). *bivica.org*. Obtenido de bivica.org:
https://www.bivica.org/files/6007_M%C3%B3dulo3_C3%20Tema1%20redes.pdf
- Banco de Desarrollo de América Latina . (2015). *biblioteca.olade.org*. Obtenido de biblioteca.olade.org: <https://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/cg00406.pdf>
- Banco de Desarrollo del Ecuador. (2021). *bde.fin.ec*. Obtenido de bde.fin.ec:
https://bde.fin.ec/wp-content/uploads/2021/06/GUIA_DE_GESTION_DE_PROYECTOS_AGUA-POTABLE_2_0_1.pdf
- Banco Mundial. (5 de Noviembre de 2021). *bancomundial.org*. Obtenido de bancomundial.org:

<https://www.bancomundial.org/es/results/2021/11/05/integrating-transport-and-water-investments-for-transformative-change-in-ecuador-the-manta-experience>

BANCO MUNDIAL. (3 de Octubre de 2022). *bancomundial.org*. Obtenido de [bancomundial.org](https://www.bancomundial.org/es/topic/water/overview): <https://www.bancomundial.org/es/topic/water/overview>

BANCO MUNDIAL. (28 de Julio de 2023). *bancomundial.org/es*. Obtenido de [bancomundial.org/es](https://www.bancomundial.org/es/topic/water/overview): <https://www.bancomundial.org/es/topic/water/overview>

Barba, V., & Mitlin, D. (29 de Junio de 2021). *sciencedirect.com*. Obtenido de [sciencedirect.com](https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2021.105625): <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2021.105625>

Benavides, O. (Diciembre de 2003). *repositorio.uniandes.edu.co*. Obtenido de [repositorio.uniandes.edu.co](http://hdl.handle.net/1992/21267): <http://hdl.handle.net/1992/21267>

Carvajal, V., & Vargas, J. (27 de Junio de 2023). *dspace.unach.edu.ec*. Obtenido de [dspace.unach.edu.ec](http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/11190): <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/11190>

CEPAL. (Febrero de 2011). *cepal.org*. Obtenido de [cepal.org](https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/37287/LCW385_es.pdf): https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/37287/LCW385_es.pdf

CITY OF BOULDER. (2015). *bouldercolorado.gov*. Obtenido de [bouldercolorado.gov](https://bouldercolorado.gov/es/projects/water-utility-master-plan#:~:text=El%20Plan%20Maestro%20de%20Servicios,de%20los%20servicios%20de%20agua): <https://bouldercolorado.gov/es/projects/water-utility-master-plan#:~:text=El%20Plan%20Maestro%20de%20Servicios,de%20los%20servicios%20de%20agua>.

CONAGUA. (2007). *conagua.gob.mx*. Obtenido de [conagua.gob.mx](https://files.conagua.gob.mx/conagua/mapas/SGAPDS-1-15-Libro42.pdf): <https://files.conagua.gob.mx/conagua/mapas/SGAPDS-1-15-Libro42.pdf>

Contraloría General Del Estado. (2021). *contraloria.gob.ec*. Obtenido de [contraloria.gob.ec](https://www.contraloria.gob.ec/SalaDePrensa/NoticiasPorSector/24231): <https://www.contraloria.gob.ec/SalaDePrensa/NoticiasPorSector/24231>

Corporación Andina de Fomento. (23 de Agosto de 2021). *caf.com*. Obtenido de [caf.com](https://www.c/es/conocimiento/visiones/2020/07/impactos-del-covid19-en-agua-y-saneamiento-en-america-latina/): <https://www.c/es/conocimiento/visiones/2020/07/impactos-del-covid19-en-agua-y-saneamiento-en-america-latina/>

- De Bill, R., Soppe, G., & Sy, J. (31 de Agosto de 2016). *worldbank.org*. Obtenido de [worldbank.org: https://blogs.worldbank.org/water/what-non-revenue-water-how-can-we-reduce-it-better-water-service](https://blogs.worldbank.org/water/what-non-revenue-water-how-can-we-reduce-it-better-water-service)
- D'Ercole, R., & Metzger, P. (2004). *hal.science*. Obtenido de [hal.science: https://hal.science/hal-01155465/file/D'Ercole%20Metzger%202004%20-%20Vulnerabilidad%20de%20Distrito%20Metropolitano%20de%20Quito%20-%20compressed.pdf](https://hal.science/hal-01155465/file/D'Ercole%20Metzger%202004%20-%20Vulnerabilidad%20de%20Distrito%20Metropolitano%20de%20Quito%20-%20compressed.pdf)
- EXPRESO. (9 de Abril de 2023). *expreso.ec*. Obtenido de [expreso.ec: https://www.expreso.ec/quito/calles-barrio-santa-teresita-hunden-causa-156718.html](https://www.expreso.ec/quito/calles-barrio-santa-teresita-hunden-causa-156718.html)
- Fundación Aequae. (15 de Diciembre de 2021). *fundacionaqueae.org*. Obtenido de [fundacionaqueae.org: https://www.fundacionaqueae.org/wiki/caracteristicas-agua-potable/](https://www.fundacionaqueae.org/wiki/caracteristicas-agua-potable/)
- INEC. (2016). *ecuadorencifras.gob.ec*. Obtenido de [ecuadorencifras.gob.ec: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Bibliotecas/Libros/Diagnostico_ASH_pobreza_INEC_BM.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Bibliotecas/Libros/Diagnostico_ASH_pobreza_INEC_BM.pdf)
- Jaramillo, J., & Oleas, F. (8 de Diciembre de 2022). *dspace.unach.edu.ec*. Obtenido de [dspace.unach.edu.ec: http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/10118](http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/10118)
- Jouravlev, A. (Julio de 2004). *cepal.org/es*. Obtenido de [cepal.org/es: https://www.cepal.org/es/publicaciones/6440-servicios-agua-potable-saneamiento-umbral-siglo-xxi](https://www.cepal.org/es/publicaciones/6440-servicios-agua-potable-saneamiento-umbral-siglo-xxi)
- Khan Academy. (2023). *Khan Academy*. Obtenido de [Khan Academy: https://es.khanacademy.org/science/biology/ecology/biogeochemical-cycles/a/the-water-cycle](https://es.khanacademy.org/science/biology/ecology/biogeochemical-cycles/a/the-water-cycle)
- La Hora. (11 de Junio de 2019). *lahora.com.ec*. Obtenido de [lahora.com.ec: https://www.lahora.com.ec/noticias/fugas-de-agua-generan-40-de-gastos-adicionales/](https://www.lahora.com.ec/noticias/fugas-de-agua-generan-40-de-gastos-adicionales/)

- Molinos, M., Maziotis, A., Sala, R., & Mocholí, M. (15 de Julio de 2022). *sciencedirect.com*. Obtenido de sciencedirect.com:
<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106538>
- MØLLER, M. (13 de Mayo de 2019). *kamstrup.com*. Obtenido de kamstrup.com:
<https://www.kamstrup.com/en-en/insights/minimising-bursts-and-leaks-through-pressure-management>
- Münge, F., & Schmid, R. (Enero de 2008). *pseau.org*. Obtenido de pseau.org:
https://www.pseau.org/outils/ouvrages/skat_ddc_hydroconseil_precio_del_agua_2008.pdf
- Naciones Unidas. (2022). *un.org*. Obtenido de un.org: <https://www.un.org/es/desa/new-un-water-development-report>
- Naciones Unidas. (2022). *un.org*. Obtenido de un.org: <https://www.un.org/es/global-issues/population#:~:text=Una%20poblaci%C3%B3n%20en%20crecimiento&text=Se%20estima%20que%20la%20poblaci%C3%B3n,millones%20para%20mediados%20de%202080>.
- ONU. (26 de Noviembre de 2020). *news.un.org/es*. Obtenido de news.un.org/es:
<https://news.un.org/es/story/2020/11/1484732>
- Orna, K., & Zumba, C. (22 de Mayo de 2023). *dspace.unach.edu.ec*. Obtenido de dspace.unach.edu.ec: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/10941>
- Peñañiel, L. (Septiembre de 2018). *iconline.ipleiria.pt*. Obtenido de iconline.ipleiria.pt:
https://iconline.ipleiria.pt/bitstream/10400.8/3619/1/DISERTACION_FINAL_GABRIELA_PE%C3%91AFIEL.pdf
- Plastigama Wavin. (23 de Febrero de 2024). *youtube.com*. Obtenido de youtube.com:
<https://www.youtube.com/watch?v=vdJIxu5imhM>
- PRIMICIAS. (6 de Julio de 2021). *primicias.ec*. Obtenido de primicias.ec:
<https://www.primicias.ec/noticias/economia/perdidas-agua-fugas-ecuador-municipios/>

- Ramírez, M. d. (Octubre de 2017). *repositorio.usm.cl*. Obtenido de repositorio.usm.cl:
<https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/23579/3560900258439UTFSM.pdf>
- Reyes, M. (Diciembre de 2009). *repositorio.uniandes.edu.co*. Obtenido de repositorio.uniandes.edu.co: <http://hdl.handle.net/1992/14447>
- Rogers, D. (Febrero de 2014). *sciencedirect.com*. Obtenido de sciencedirect.com:
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.02.157>
- Romero, M. (6 de Agosto de 2014). *ptolomeo.unam.mx*. Obtenido de ptolomeo.unam.mx:
<http://132.248.52.100:8080/xmlui/handle/132.248.52.100/4135>
- Saigua, H., & Vimos, J. (15 de Marzo de 2023). *dspace.unach.edu.ec*. Obtenido de dspace.unach.edu.ec: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/10507>
- Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos. (13 de Diciembre de 2021).
gestionderiesgos.gob.ec. Obtenido de gestionderiesgos.gob.ec:
<https://www.gestionderiesgos.gob.ec/informes-de-situacion-aluvion-chimborazo-ciudad-de-guano-desde-el-11-de-diciembre-de-2021/>
- SGR. (7 de Julio de 2023). *gestionderiesgos.gob.ec*. Obtenido de gestionderiesgos.gob.ec:
<https://www.gestionderiesgos.gob.ec/informes-de-situacion-deslizamiento-alausi-chimborazo/>
- UNESCO. (2009). *unesdoc.unesco.org*. Obtenido de unesdoc.unesco.org:
https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000374903_spa
- UNESCO. (2021). *unesdoc.unesco.org*. Obtenido de unesdoc.unesco.org:
<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000378890/PDF/378890spa.pdf.multi>
- Unicef. (2019). *unicef.org*. Obtenido de unicef.org: <https://www.unicef.org/ecuador/acceso-agua-saneamiento-e-higiene>
- YOUTOPIA. (16 de Octubre de 2023). *youtopiaecuador.com*. Obtenido de youtopiaecuador.com: <https://youtopiaecuador.com/cuidado-del-ambiente/desperdicio-agua-potable-tuberias-fugas/#:~:text=por%20las%20fugas->

,705%20millones%20de%20m3%20de%20agua%20potable,las%20tuber%20C3%AD
as%20por%20las%20fugas&text=El%20desperdicio%20de%20agua%20potable%2
0creci

Zúñiga, G. (Febrero de 2019). *riunet.upv.es*. Obtenido de riunet.upv.es:

<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/118836/Z%20c3%ba%20c3%b1iga%20-%20An%20c3%a1lisis%20y%20diagn%20c3%b3stico%20de%20la%20red%20del%20sistema%20de%20Agua%20Potable%20de%20la%20cabecera%20cantonal%20del...pdf?sequence=2&isAllowed=y>