

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

Título del trabajo

**Propuesta de mejora en la gestión operacional y comercial
del sector Y-2 de la red de distribución de agua potable
Yaruquíes**

Previo la obtención del Título de:

**Master en Ingeniería Civil con Mención en Construcción y
Saneamiento**

Presentado por:

Yadyra Marianela León Encalada

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2022

DEDICATORIA

Dedico con todo mi corazón este proyecto de graduación a Dios por regalarme el milagro de la vida, la constancia y el esfuerzo, pues sin ello no lo hubiera logrado. Gracias por ser parte de este reto, mi pequeño amor Joaquín Alejandro, mi bella Kathy y mi gran orgullo Hugo y Betty quienes, han sido parte fundamental en este trayecto, brindándome día a día su paciencia, protección, amor y ayuda incondicional, porque con sus sonrisas transformaron lo imposible en posible.

AGRADECIMIENTO

La autora de este proyecto de graduación agradece profundamente al Master Jeffrey Manuel Barberán Solórzano por impartirme su tiempo, conocimiento, orientación, experiencia y profesionalismo, además de la confianza brindada.

Al Ingeniero Víctor Méndez por brindarme su inmenso apoyo para la culminación de este desafío.

A la EP EMAPAR empresa que me ayudado en la coordinación del trabajo.

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, me corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Yadyra Marianela León Encalada* doy mi consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”



Yadyra Marianela León
Encalada

EVALUADORES

.....
Nadia Rosaura Quijano Arteaga
PROFESOR DE LA MATERIA

.....
Jeffrey Manuel Barberán Solórzano
TUTOR

RESUMEN

Para alcanzar las metas de desarrollo sostenible ODS 6 (Agua Limpia y Saneamiento) planteados por la ONU, las empresas que brindan servicios de agua potable y alcantarillado enfrentan desafíos importantes con respecto a los estándares de servicio y calidad consistentes. En el logro de estos objetivos, es importante que las empresas operen de manera eficiente y gestionen estratégicamente, por lo que, existen algunos desafíos en la gestión operativa y comercial de los servicios de agua potable, lo que requiere un compromiso muy estricto por parte del proveedor del servicio.

La empresa pública Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Riobamba EP EMAPAR busca lograr un impacto socioeconómico positivo de sus inversiones y proyectos a través de la prestación eficiente de los servicios. Se proponen acciones de mejora en la gestión comercial y operativa del sector Y-2 de la red de agua potable Yaruquíes, relacionadas con temas centrados en el modelo de gestión de captación, conducción, distribución y la necesidad de inversión para mejorar la prestación de servicios. Al mismo tiempo, la integración del sistema informático permite ejecutar comandos e informes en tiempo real.

Ante esta situación se requieren tomar medidas y desarrollar acciones que lleven a una mayor eficiencia y control en el servicio de abastecimiento de agua potable del sector, garantizando una adecuada gestión de la infraestructura, el uso eficiente del agua como recurso y la transformación del vínculo de confianza de la gestión integral de la EP EMAPAR.

Palabras clave: servicio, calidad, eficiencia y mejoramiento.

ABSTRACT

To achieve the sustainable development goals SDG 6 (Clean Water and Sanitation) set by the UN, companies that provide drinking water and sewerage services face significant challenges with respect to consistent service and quality standards. In achieving these objectives, it is important that companies operate efficiently and manage strategically, therefore, there are some challenges in the operational and commercial management of drinking water services, which requires a very strict commitment on the part of the service provider.

The public company Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Riobamba EP EMAPAR seeks to achieve a positive socioeconomic impact of its investments and projects through the efficient provision of services. Actions are proposed to improve the commercial and operational management of the Y-2 sector of the Yaruquíes drinking water network, related to issues focused on the management model of catchment, conduction, distribution and the need for investment to improve the provision of services. At the same time, the integration of the computer system allows to execute commands and reports in real time.

Faced with this situation, it is necessary to take measures and develop actions that lead to greater efficiency and control in the drinking water supply service of the sector, guaranteeing adequate management of the infrastructure, the efficient use of water as a resource and the transformation of the bond of trust of the integral management of the EP EMAPAR.

Keywords: *service, quality, efficiency and improvement.*

ÍNDICE GENERAL

EVALUADORES.....	5
RESUMEN.....	I
<i>ABSTRACT</i>	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS	VI
SIMBOLOGÍA	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	IX
CAPÍTULO 1	1
1. Introducción	1
1.1 Introducción	1
1.2 Antecedentes.....	2
1.3 Estudios previos	3
1.4 Localización	4
1.5 Problema a resolver.....	5
1.6 Justificación	6
1.7 Objetivos.....	7
1.7.1 Objetivo General	7
1.7.2 Objetivos Específicos	7
CAPÍTULO 2.....	8
2. METODOLOGÍA	8
2.1 Fundamentación teórica	8
2.1.1 Identificación de la empresa.....	8

2.1.2	Parámetros de diseño para sistemas de agua potable y alcantarillado de la ciudad de Riobamba (<i>EMPRESA PÚBLICA EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE RIOBAMBA, 2008</i>).....	8
2.1.3	Agua no contabilizada (<i>BENAVIDES, 2003</i>).....	10
2.1.4	Macro-medición.....	12
2.1.5	Micro-medición.....	12
2.2	Características hidráulicas sanitarias de la red de agua potable Yaruquíes.	16
2.2.1	Conducción	18
2.2.2	Reserva.....	18
2.2.3	Tratamiento	19
2.2.4	Distribución	20
2.2.5	Continuidad del servicio	22
2.2.6	Agua no contabilizada red de distribución de agua potable Yaruquíes ..	23
2.3	Trabajo de campo.....	25
2.3.1	Recopilación y análisis de la información existente	25
2.3.2	Sectorización hidráulica del sector Y-2 de distribución de agua potable de la red Yaruquíes	26
2.3.3	Barrido de presiones y medición de caudales en el sector Y-2.....	28
2.3.4	Muestreo en la medición de micromedidores.....	29
2.3.5	Muestreo para el análisis de la calidad del agua.....	31
2.3.6	Toma de muestras para ensayos de medidores	31
2.4	Trabajo de laboratorio o gabinete.....	33
2.4.1	Calidad del agua	33
2.4.2	Ensayo de medidores.....	34
2.5	Tabulación de datos	36
2.5.1	Medición de caudal y barrido de presión.....	36

2.5.2	Cobertura	38
2.5.3	Consumo actual	38
2.5.4	Catastro de usuarios del sector Y-2	41
2.5.5	Proyección de la demanda	42
2.5.6	Análisis de oferta y demanda	43
2.5.7	Agua no contabilizada sector Y-2.....	43
2.6	Modelación hidráulica	44
2.7	Solución a diseñar	46
CAPÍTULO 3.....		48
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	48
3.1	Interpretación y análisis de resultados.....	48
3.1.1	Patología del sector Y-2 de la red de distribución Yaruquíes.....	49
3.1.2	Personal operativo	50
3.1.3	Caracterización y estructuración del plan de inversiones.....	50
3.2	Descripción técnica.....	51
3.2.1	Gestión operacional	51
3.2.2	Gestión comercial.....	54
3.2.3	Detalle de los costos de inversión	55
3.2.4	Alternativas para la priorización de las inversiones.....	56
3.2.5	Análisis económico escenario 1	57
CAPÍTULO 4.....		59
4.	Conclusiones Y Recomendaciones.....	59
4.1	Conclusiones	59
4.2	Recomendaciones	61
BIBLIOGRAFÍA		62
ANEXOS		63

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
EPEMAPAR	Empresa Pública Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Riobamba
BDE B.P.	Banco de Desarrollo del Ecuador B.P.
IANC	Índice de Agua No Contabilizada
IWA	International Water Association

SIMBOLOGÍA

km	Kilómetro
m	Metro
mca	Metros de columna de agua
l	Litros
s	Segundo
m ³	Metro cúbico
ha	Hectárea
h	Hora

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Esquema red de distribución de agua potable Yaruquíes.....	5
Figura 2.1 Curva errores de medición.....	13
Figura 2.2 Interpretación de la lectura en el medidor.....	15
Figura 2.3 Balance hídrico.	16
Figura 2.4 Pozo El Estadio.	17
Figura 2.5 Reserva Yaruquíes.	19
Figura 2.6 Tratamiento de agua.....	20
Figura 2.7 Área de servicio de la red de distribución de agua potable de Yaruquíes.	22
Figura 2.8 Catastro de usuarios ciclo 6.....	26
Figura 2.9 Sector Y-2 de la red de distribución de agua potable Yaruquíes.	27
Figura 2.10 Registro barrido de presión.....	29
Figura 2.11 Muestreo en la medición del sector Y-2 ciclo 6.....	30
Figura 2.12 Muestreo para el análisis de la calidad del agua sector Y-2.	31
Figura 2.13 Marcas de medidores comunes en el sector Y-2.....	32
Figura 2.14 Retiro de medidor sector Y-2.....	33
Figura 2.15 Ensayo de medidores en laboratorio.	35
Figura 2.16 Colocación de los medidores para ensayo	36
Figura 2.17 Usuarios registrados con consumo 0m ³ categoría comercial y tercera edad.....	39
Figura 2.18 Mapa de presiones mínimas y máximas.....	40
Figura 2.19 Perfil de consumo.	41
Figura 2.20 Modelación hidráulico de la red.	45
Figura 2.21 Simulación en red.	46

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Resumen de captaciones Yaruquíes.	16
Tabla 2.2 Caudal promedio producido por la fuente existente.	18
Tabla 2.3 Red de distribución y zonas de servicio.	20
Tabla 2.4 Longitud y diámetro de la red de distribución Yaruquíes.	21
Tabla 2.5 Horarios de distribución de las zonas de abastecimiento.	23
Tabla 2.6 Cálculo del índice de agua no contabilizada.	24
Tabla 2.7 Estimación del Índice de Agua No Contabilizada (IANC) 2021-2022.....	24
Tabla 2.8 Identificación de las muestras para ensayo.	32
Tabla 2.9 Resultado del análisis de la calidad del agua.	34
Tabla 2.10 Resultados de los ensayos de medidores.....	35
Tabla 2.11 Registro barrido de presión.....	37
Tabla 2.12 Registro de caudal.	37
Tabla 2.13 Clasificación de consumos y número de usuarios.	39
Tabla 2.14 Caudales de diseño y proyección de la demanda.....	42
Tabla 2.15 Cálculo del índice de agua no contabilizada.	43
Tabla 3.1 Caracterización y estructuración del plan de inversiones.	51
Tabla 3.2 Descripción técnica del plan de inversiones para la gestión operacional...	52
Tabla 3.3 Descripción técnica del plan de inversiones para la gestión comercial.....	54
Tabla 3.4 Tipos de inversiones.	55
Tabla 3.5 Escenario 1 para la priorización de inversiones.....	56
Tabla 3.6 Escenario 2 para la priorización de inversiones.....	56
Tabla 3.7 Escenario 3 para la priorización de inversiones.....	57
Tabla 3.8 Detalle de costos	57
Tabla 3.9 Cálculo de ingresos incrementales por facturación 0m ³ y cobertura.....	58

Tabla 3.10 Flujo de la inversión 58

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Introducción

En las empresas que operan servicios de agua potable, los principales parámetros de desempeño de la gestión comercial y operativa reflejan el trabajo de los proveedores del servicio y, por lo tanto, son parte fundamental de la planificación del operador del servicio para maximizar el uso de los recursos disponibles.

La eficiencia en la gestión del recurso hídrico mide el uso físico del agua incorporado a un sistema de distribución de agua, entendiendo por utilizada cuando su destino final se encuentra en un punto de consumo conocido, de ahí que, los desbordamientos de reservas, fugas, consumos no autorizados, usos de operación, entre otros, no son considerados.

La buena gestión de la infraestructura y el uso eficiente de los recursos hídricos, así como el control de los costos de operación y mantenimiento, se consideran pilares fundamentales de una buena gestión por parte de los prestadores de servicios. También es fundamental el uso adecuado de los diversos recursos necesarios para cumplir con los estándares de calidad de servicio u objetivos establecidos por la norma o marco regulatorio e identificados en el plan estratégico.

Enfocarse en el uso racional del agua, minimizar pérdidas y maximizar la satisfacción de los usuarios es prioridad y compromiso de las empresas de servicio alineadas a los Objetivos de Desarrollo Sostenible planteados por las Naciones Unidas, con lo cual los proyectos enfocados al uso eficiente del agua adquieren el carácter de prioridad y entran en los programas de planificación de las empresas.

Dado que la red de distribución de agua potable en Riobamba está sujeta a grandes variaciones en la presión del agua debido a las condiciones topográficas y dinámicas, se deben implementar estrategias adecuadas para controlar y mejorar el

funcionamiento de la red de distribución y garantizar suficiente respuesta a la demanda del servicio, de ahí que, la gestión operativa y comercial del sector Y-2 se encuentra establecida parcialmente por lineamientos, directrices y herramientas, las cuales no logran integrarse en una estrategia con los objetivos y proyectos estratégicos de la empresa.

En este contexto, en el diagnóstico base se identifica que los procesos en la cadena de valor requieren del desempeño de muchas áreas de apoyo, lo cual, impacta directamente en la gestión operacional y comercial provocando baja eficiencia y deficiencias en el cumplimiento de metas del operador del servicio de agua potable.

En el actual marco de resolución de problemas, se proponen acciones para la regulación y optimización de la gestión comercial y operacional a través de la planificación y gestión de actividades, con la finalidad de asegurar el funcionamiento y mantenimiento de la red de distribución, a través de registros de presiones de red, caudal suministrado al sector, muestreo de fugas, recorrido de sistema y verificación del catastro técnico y comercial.

1.2 Antecedentes

En 2011, la empresa pública Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Riobamba EP EMAPAR inició la construcción de las obras civiles de la primera fase del plan maestro de agua potable y saneamiento de la ciudad de Riobamba. Este trabajo está diseñado como una herramienta estratégica integral y una propuesta global para mejorar el servicio que presta la EP EMAPAR.

En los estudios de los planes maestros y la tipología de las redes de distribución, se definieron los límites físicos de las áreas de servicio de la ciudad, los cuales son atendidos por una reserva; a su vez las redes se dividen en varios subsectores prácticamente independientes, que son alimentados de un subsector colindante, a través de puntos de alimentación controlados por válvulas de compuerta. Estas subdivisiones de las redes de distribución, apuntan a operar la red de distribución

conforme a los diseños, sin que exista una disminución de la calidad de servicio en cuanto a presiones e impulsa actividades de operación, mantenimiento y gestión de pérdidas.

Para el sector Y-2 de la red de distribución Yaruquíes, se han identificado una serie de problemas relacionados con la presión de operación de la red de distribución de agua potable, siendo que, el agua llega al usuario en un determinado punto crítico con una presión superior a la presión máxima. Además, dentro de la gestión operacional y comercial, la EP EMAPAR, no cuenta con un modelo de instrucciones y procedimientos de trabajo estandarizados y normalizados para llevar a cabo la operación y el control de gestión de la parte técnica y comercial.

Las tareas de mantenimiento preventivo se realizan en el área operativa. No existen proyectos establecidos de remediación y mejoramiento de la red de distribución de agua potable, ni existe un sistema informático que permita ejecutar y reportar oportunamente las órdenes de servicio para que se puedan evaluar los resultados de las operaciones realizadas en el sistema, puedan ser evaluados a nivel de seguimiento de actividades o tareas ejecutadas. Las bases catastrales de redes tanto de clientes requieren una evaluación de la gobernanza de los datos y la información en general para identificar aquella información más asertiva y planes de acción que permitan levantar, validar y controlar la misma.

1.3 Estudios previos

En 2008, la empresa pública Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Riobamba EP EMAPAR elaboró un estudio sobre el Plan Maestro de Agua Potable y Saneamiento, incluyendo la implantación de un sistema de red de distribución de agua.

En 2011, EP EMAPAR inició la construcción de las obras civiles de la primera fase del plan maestro de agua y alcantarillado de Riobamba. Este trabajo fue financiado por el Banco de Desarrollo del Ecuador B.P. y se ha convertido en una herramienta

estratégica integral y una propuesta global para mejorar los servicios que brinda la EP EMAPAR.

En el año 2014 se desarrolló una consultoría para la modelación operativa y monitoreo de la puesta en marcha de nueve redes de distribución de agua potable que forman parte de la etapa uno del plan maestro de agua potable de la ciudad de Riobamba. En esta modelación se estipuló que la población se encuentra asentada principalmente dentro de las áreas de servicio de las redes de distribución denominadas Saboya, Maldonado y San Martín de Veranillo, mientras que, en las áreas de servicio de Recreo, El Carmen y San José de Tapi se notaba la conformación de núcleos de crecimiento.

1.4 Localización

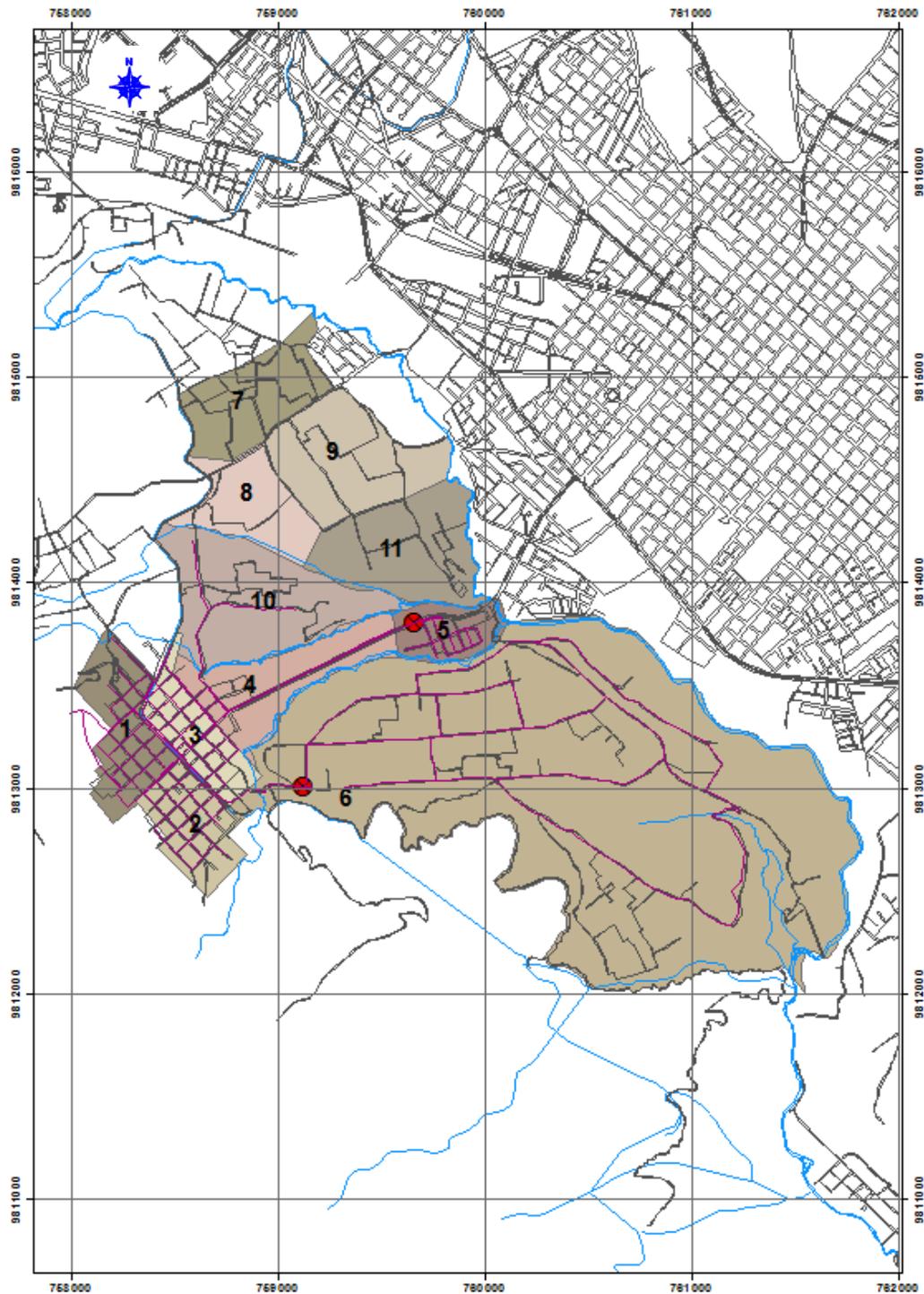
Región: Sierra
Provincia: Chimborazo
Cantón: Riobamba
Parroquia: Yaruquíes
Sector: Y-2 de la red de distribución de Yaruquíes
Tipos de comunidad: Urbana
Altitud: 2815 m.s.n.m.
Coordenadas geográficas: 9812745,92S; 758450,56E

Límites del sector Y-2

Al Norte: El sector Y-1 calle Padre Lovato.
Al Sur: Quebrada de Yaruquíes.
Al Este: El sector Y-6 avenida Cristóbal Colón.
Al Oeste: Barrio San Antonio de Yaruquíes.

La zona de estudio se encuentra localizada en la Parroquia Yaruquíes y tiene un área de cobertura aproximada de 18,37 ha, con una extensión de red aproximada de 4,16 km.

Figura 1.1 Esquema red de distribución de agua potable Yaruquies.



Fuente: EP EMAPAR, 2022.

1.5 Problema a resolver

EP EMAPAR espera lograr un impacto socioeconómico positivo de sus inversiones y proyectos a través de la prestación eficiente de los servicios de agua potable,

saneamiento e higiene. Allí, la gestión operativa y comercial también asegura la continuidad y calidad del agua a través del comercio.

Un elemento clave de una buena gestión es el monitoreo del sistema, que brinda conocimiento sobre los cambios espaciales y temporales en la calidad y cantidad del agua distribuida a la red de distribución.

La red de distribución de agua potable denominada Yaruquíes se abastece directamente desde la planta de tratamiento y tanque de reserva propios del sector, los cuales reciben el caudal aproximado de 15,20 l/s bombeados del pozo denominado El Estadio.

Este sistema se encuentra fraccionado en 11 sectores de los cuales los sectores 1, 2, 3, 4 y 10 pertenecen a la zona de presión alta, mientras que los sectores 5 y 6 pertenecen a la zona de presión baja. El sector Y-2 pertenece a la zona de presión alta con una extensión de red aproximada de 4,16 km y un área de cobertura de servicio de 18,37 ha.

1.6 Justificación

La red de distribución de agua potable del sector Y-2 de Yaruquíes está sujeta a diferencias de presión debido a las condiciones topográficas y dinámicas, por tanto, se deben establecer estrategias suficientes para controlar y mejorar las funciones del sistema, además de proteger las operaciones de la cadena de suministro y las tuberías, reducir roturas, fallas en el servicio, fugas en los accesorios y asegurar un flujo constante bajo demanda, de ahí que, la gestión operacional y comercial de una empresa prestadora de servicio es el control eficiente de las pérdidas físicas y aparentes en las redes de distribución.

Como parte del estudio del plan maestro para la ciudad de Riobamba, se consideró para la red Yaruquíes cámaras que poseen válvulas que controlan la presión de salida

del agua, pero en la actualidad se mantiene un sistema con caudal constante de agua potable y sin control de presiones.

1.7 Objetivos

1.7.1 Objetivo General

Proponer acciones de mejora en la gestión operacional y comercial del sector Y-2 de la red de distribución de agua potable Yaruquies, a través de la elaboración de un plan de seguimiento, control y mejora del área orientado a los resultados operacionales del sector para el aprovechamiento del agua potable.

1.7.2 Objetivos Específicos

- Analizar información de parámetros técnicos de servicio como caudal, número de usuarios, micro-medición, tipo de materiales, medidores, demanda actual, personal operativo, fichas de control y otros; así como de las presiones en el sistema y las pérdidas del mismo, a través del levantamiento de información en campo y oficina, para la determinación de la línea base y situación actual.
- Generar una propuesta de optimización para la red de distribución del sector Y-2, a partir de estrategias de recuperación de pérdidas y control operacional, para garantizar la mejora del servicio en el lugar.
- Verificar la sectorización existente a través de un recorrido del sistema del sector Y-2 de la red de distribución de Yaruquies, a través de verificaciones y pruebas en campo, para calibración, mejora y monitoreo de la red.

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

2.1 Fundamentación teórica

2.1.1 Identificación de la empresa

La empresa pública Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Riobamba, EP EMAPAR, fue creada el 24 de septiembre del 2004, mediante ordenanza No.010-2004 y como principal competencia es prestar los servicios públicos de agua potable y alcantarillado a la población del cantón Riobamba y la conservación de las cuencas hidrográficas aprovechables (*EP-EMAPAR, 2020*).

Misión

“Somos una empresa pública municipal que suministra los servicios de agua potable y alcantarillado para mejorar el nivel de vida de los habitantes del cantón Riobamba” (*EP-EMAPAR, 2020*).

Visión

“En el año 2025 será una empresa eficiente en la dotación permanente de agua potable y el servicio de alcantarillado, con talento humano comprometido, orientados por la responsabilidad social y ambiental bajo los principios de calidad” (*EP-EMAPAR, 2020*).

2.1.2 Parámetros de diseño para sistemas de agua potable y alcantarillado de la ciudad de Riobamba (*EMPRESA PÚBLICA EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE RIOBAMBA, 2008*)

Para los estudios de los planes maestros se han tomado como base las Normas para diseños de sistemas de Agua Potable y Alcantarillado del Ex-IEOS, es decir, las normas de la Subsecretaría de Saneamiento Ambiental (S.S.A.). Por lo expuesto, si en

el presente documento no se cuenta con algún parámetro que se requiera para ejecutar un diseño, se podrán tomar en consideración los datos necesarios del documento planteado por parte del Ex-IEOS (*EMPRESA PÚBLICA EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE RIOBAMBA, 2008*).

Área de servicio. - Se considera para la ciudad de Riobamba, hasta el año 2025, como límite para la dotación de servicios por parte de la EP EMAPAR, el área proyectada a nivel de estudios definitivos en los planes maestros. De considerarse otras zonas futuras o de expansión, el proyectista podrá plantear estudios con sistemas independientes, o adscritos a los existentes, siempre y cuando se demuestre la viabilidad mediante modelaciones que permitan verificar la idoneidad del diseño (*EMPRESA PÚBLICA EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE RIOBAMBA, 2008*).

Presiones de servicio en la red de distribución. - Se proponen presiones mínimas de servicio en la red de 10 mca y 15 mca para las zonas rural y urbana, respectivamente. En casos excepcionales en zona urbana, se propone adoptar 10 mca. La presión estática máxima propuesta es de 60 mca. Los tanques de reserva se ubicarán aproximadamente en una cota 20 m más arriba que el límite superior de la correspondiente zona de servicio, con la finalidad de garantizar presiones adecuadas en los sectores más alejados; definiendo además que los rangos de desnivel topográfico entre zonas de presión sean de aproximadamente 40 m. Se deberán adjuntar los datos de presión, y caudal de la modelación hidráulica que se realice, a partir de los datos de presión y caudal que se posean del plan maestro, correspondiente a las principales horas que se requiere el servicio de agua potable, esto es en la mañana, medio día y la noche. Se verificará en que el punto más desfavorable se tenga una carga dinámica mínima de 7 m. Se propenderá siempre a cerrar circuitos en las redes de distribución de agua potable, para evitar zonas muertas, en las que no exista recirculación de agua potable y pueda en algún momento determinado presentarse condiciones sépticas (*EMPRESA PÚBLICA EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE RIOBAMBA, 2008*).

2.1.3 Agua no contabilizada (*BENAVIDES, 2003*)

En el nivel de la red de distribución, el agua no contabilizada se calcula mediante un indicador porcentual o Índice de Agua No Contabilizada (IANC), que relaciona el volumen total de agua que se suministra a las redes con el volumen total de agua que se factura a los usuarios de éstas en un periodo determinado (*BENAVIDES, 2003*):

$$IANC(\%) = \frac{(\text{Volumen entregado} - \text{Volumen contabilizado})}{\text{Volumen entregado}} * 100$$

Existen tres grandes causas reconocidas que con llevan a que este índice sea menor o mayor. La primera es por error en medición, ya sea en la macro o micromedición. Estas representan entre un 30% y 40% de las pérdidas de una empresa de acueducto. La segunda causa son las fugas, las cuales aportan entre un 25% y un 35% a la pérdida. El 25% restante, está representado en la tercera causa que son las conexiones clandestinas, fraudes o robos. La primera y tercera causa, es agua que se consume, pero no se factura. Se puede decir que es agua que no se pierde pero que de todas maneras, le representa pérdidas de orden financiero a una empresa (*BENAVIDES, 2003*).

El IANC representa, no solamente las pérdidas físicas de volumen de agua, sino también las pérdidas financieras de la empresa o entidad prestadora del servicio. En este sentido, las pérdidas en un sistema de acueducto, de acuerdo con sus características, se clasifican normalmente en dos grandes grupos: Pérdidas Físicas y Pérdidas Comerciales (*BENAVIDES, 2003*).

Evaluación de pérdidas. - Las pérdidas se pueden clasificar en pérdidas físicas o reales y pérdidas aparentes.

Pérdidas físicas o reales. - Las pérdidas por fugas es el volumen de agua que aunque inyectado a las redes de distribución no llega a ser consumida por los usuarios ya sea

porque se filtra a la superficie desde los tanques de almacenamiento o directamente desde las redes de conducción y distribución (*BENAVIDES, 2003*).

Las principales causas de fugas en las redes pueden ser:

- Degeneración del material de las tuberías por el tipo de suelo que las rodea (ácidos orgánicos, llenos con basuras, arcillas, suelos limosos, etc.)
- Asentamientos del terreno que hacen que las tuberías se rompan.
- Movimientos sísmicos.
- Las uniones de metales diferentes ocasionan corrosión por electrólisis, acabando con uno de los dos materiales en contacto.
- El transporte y la instalación con deficiente mano de obra.
- Calidad de los materiales utilizados en las redes (tuberías, uniones, codos y en general todos los accesorios incluyendo válvulas e hidrantes)
- Mala operación del sistema, causando sobre-presiones o sub-presiones en un rango superior o inferior al del diseño.
- Desinfección de las redes y tanques de almacenamiento.
- Reboses en los tanques de almacenamiento cuando estos son operados manualmente o cuando su sistema de control se encuentra en mal estado.
- Fugas por rupturas en las tuberías.
- Consumos en operaciones de lavado de tuberías y en tanques de almacenamiento (*BENAVIDES, 2003*).

Pérdidas no físicas o aparentes. - Estas se refieren al agua que es consumida pero que no es registrada y por lo tanto no es facturada, o sea, el agua no contabilizada más el agua utilizada en el proceso de *potabilización* (*BENAVIDES, 2003*).

Además, son las generadas por los consumidores, como pérdidas producidas por consumos no autorizados (conexiones ilegales), errores en la facturación de los consumos, incertidumbres en las mediciones a los usuarios, imprecisiones en medición, alteraciones en los equipos de medición por parte de los usuarios, alteraciones en medición por temas de corrupción, errores sistemáticos en manejo de datos, entre otros.

Desde un punto de vista comercial, se debe determinar que la cobranza es más importante si el reclamo es material. Los retiros por encima del 90% se consideran aceptables, pero por debajo del 90% se consideran pérdidas financieras para los proveedores de servicios.

2.1.4 Macro-medición

Es la medición de caudales generales entregados a la red de distribución, es decir es la medición de volúmenes entregados a los diferentes sistemas y sectores de distribución, con la finalidad de disponer de los datos precisos necesarios conjuntamente con los de micro-medición, para evaluar con precisión el IANC% en cada zona, lo que permite acometer con precisión en aquellos que muestren un incremento injustificado de este parámetro, logrando la optimización de recursos (*Etapa EP , 2023*).

2.1.5 Micro-medición

Es el conjunto de actividades que permiten conocer los volúmenes de agua consumidos por la población, pudiendo obtenerse en la actualidad estos datos por: sistema, sector y eventualmente por subsector, además se pueden obtener volúmenes de consumo en las distintas categorías: comercial, residencial, industrial, etc. (*Etapa EP , 2023*).

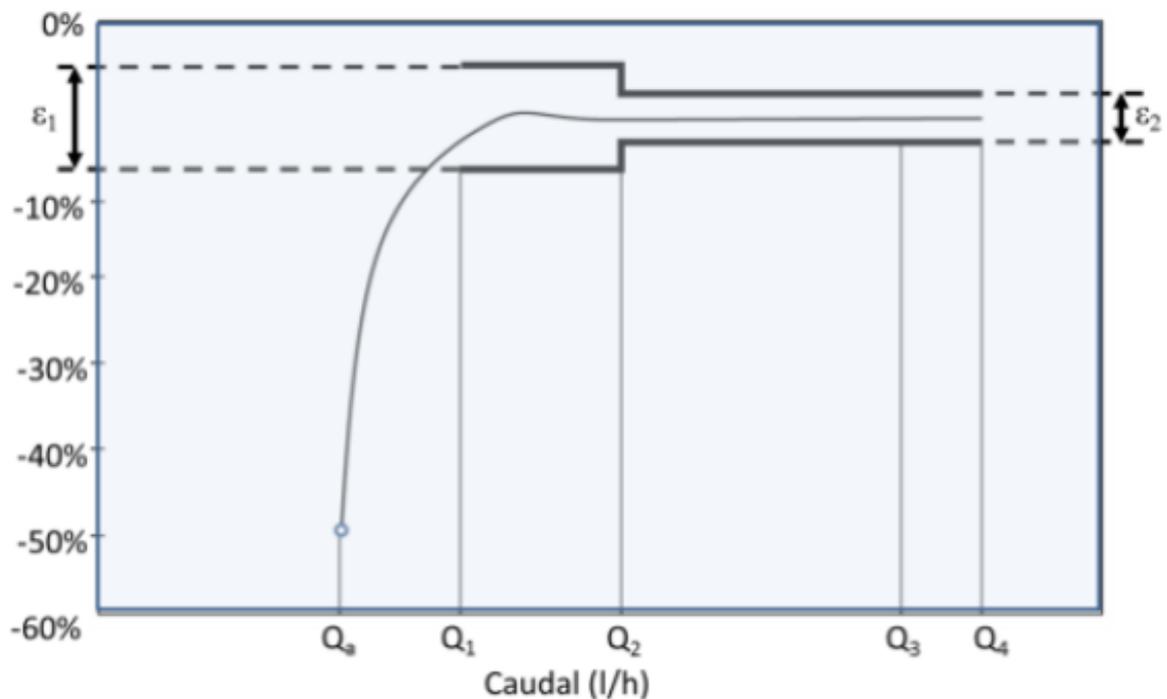
En consecuencia, el principio general de operación del micromedidor permite contabilizar el consumo registrado por su unidad de medición y determina el consumo total ocurrido desde la instalación hasta la fecha de la lectura determinada.

2.1.5.1 Parámetros metrológicos (*Uragentzia, s.f.*)

Son aquellos parámetros que están directamente relacionados con la medición del volumen de agua que circula a través del contador. Están directamente relacionados con la incertidumbre y delimitación y cuantificación del error de medición del contador. Estos parámetros son (*Uragentzia, s.f.*):

- Volumen real: volumen de agua que ha circulado por el contador (*Uragentzia, s.f.*).
- Volumen medido: diferencia entre la lectura final y la inicial del contador (*Uragentzia, s.f.*).
- Error de medición: éste puede ser absoluto (diferencia entre el volumen medido y el real) o relativo (resultado de dividir el error de medición absoluto entre el volumen real) (*Uragentzia, s.f.*).
- Curva de error del medidor: es la representación gráfica de la relación entre el caudal circulante y el error de medición relativo (*Uragentzia, s.f.*).

Figura 2.1 Curva errores de medición.



Fuente: Uragentzia, s.f.

- Siendo Q_a el caudal de arranque, valor del caudal para el cual el contador comienza a moverse y/o el caudal mínimo que mantiene el contador en marcha (*Uragentzia, s.f.*).

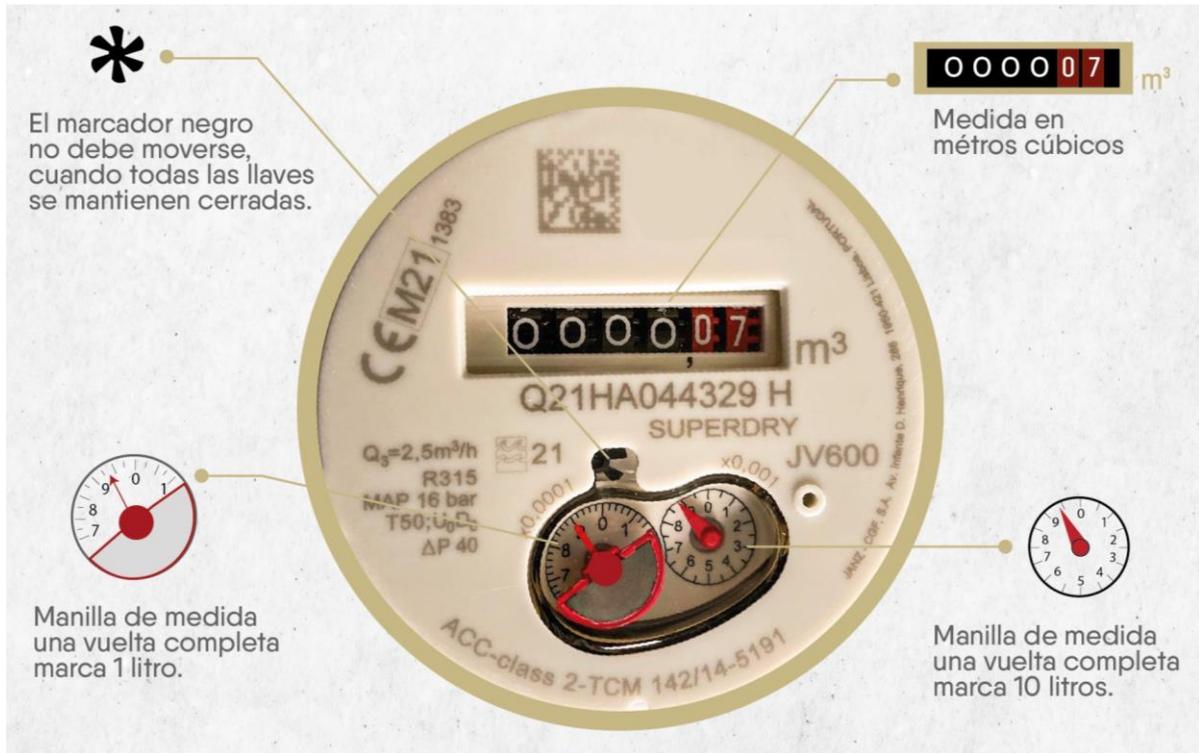
- Q_1 , caudal mínimo, es el valor mínimo a partir del cual el contador funciona dentro del error máximo permitido (ϵ_1) (*Uragentzia, s.f.*).
- Q_2 , caudal de transición, es el valor situado entre el caudal permanente o nominal y el caudal mínimo (*Uragentzia, s.f.*).
- Q_3 , caudal permanente o nominal, es el valor máximo de caudal dentro de las condiciones nominales de funcionamiento, para el que se requiere que el contador funcione de una manera satisfactoria dentro del error máximo permitido (*Uragentzia, s.f.*).
- Q_4 , caudal de sobrecarga o máximo, es el caudal al cual el contador debe poder funcionar sin deterioro durante periodos de tiempo limitados. Es decir, es el valor para el cual puede funcionar de forma excepcional manteniendo el error de medición dentro de los errores máximos permitidos y recuperando su funcionalidad cuando posteriormente retorna a las condiciones normales de operación (*Uragentzia, s.f.*).
- ϵ_1 , error máximo permitido 1: la normativa en materia de metrología divide el rango de caudales en dos bandas. Cada una de ellas tiene un error máximo permitido diferente. La zona de la curva de error dividida entre el Q mínimo y el Q de transición tendría un error máximo permitido igual a $\pm 5\%$ (ϵ_1) (*Uragentzia, s.f.*).
- ϵ_2 , error máximo permitido 2: la segunda zona de la curva de error, entre el Q de transición y el Q máximo, tendría un error máximo permitido igual a $\pm 2\%$ (ϵ_2) (*Uragentzia, s.f.*).

2.1.5.2 Interpretación de lectura en el medidor

De forma general, la operación de los medidores registra los litros, decalitros (10 litros) y los metros cúbicos; además, los números del medidor marcados en blanco y negro

corresponden a la lectura tomada para la valoración del consumo registrado por el usuario del servicio de agua potable.

Figura 2.2 Interpretación de la lectura en el medidor.



Fuente: EP EMAPAR,2022.

2.1.5.3 Balance hídrico

La reducción de pérdidas en el sistema de agua potable es un punto de vital importancia, ya que depende de un análisis apropiado, por ello, es preciso considerar de forma general el balance hídrico propuesto por la Asociación Internacional del Agua (IWA International Water Association).

Este balance es una metodología empleada para calcular las pérdidas del sistema de agua potable, siendo analizado por cada uno de los componentes en el desarrollo de la operación desde el suministro inicial del agua a la red, los niveles de medición de la

facturación al cliente, control de las posibles fugas y consumos adicionales al proceso normal de venta del servicio.

Figura 2.3 Balance hídrico.

Volumen de agua captada	Agua producida	Consumo autorizado	Consumo autorizado facturado	Consumo facturado medido	Agua Facturada
	Volumen suministrado		Consumo autorizado no facturado	Consumo facturado no medido	
Pérdidas de agua		Pérdidas aparentes	Consumo no facturado medido	Agua No Facturada	
			Consumo no facturado no medido		
		Pérdidas reales	Consumo no autorizado		
			Impresiones en medidor		
Volumen de agua producida		Pérdidas reales	Errores en el sistema		
	Fugas en tuberías				
	Fugas en almacenamiento				
			Fugas en acometidas		

Fuente: IWA; International Water Association, 2022.

2.2 Características hidráulicas sanitarias de la red de agua potable Yaruquies

Según un informe proporcionado por la Dirección de Gestión de Operaciones de la EP EMAPAR, la red de distribución de agua potable de Yaruquies tiene dos fuentes principales. Sin embargo, actualmente se extraen del acuífero unos 15,20 l/s.

Tabla 2.1 Resumen de captaciones Yaruquies.

Captación	Tipo	Estructura de captación	Cantidad	Área de servicio	Estado
Estadio Yaruquies	Subterránea	Pozo profundo	1	Yaruquies	En funcionamiento
El Pedregal	Subterránea	Pozo profundo	1	Yaruquies	Sin equipamiento

Fuente: Dirección de Gestión de Operaciones EP EMAPAR, 2022.

En la inspección en situ se puede observar que la fuente de abastecimiento se encuentra en buen estado y cuenta con cerramiento y seguridad para el mantenimiento de las instalaciones; además los operadores a través de turnos rotativos realizan labores específicas de mantenimiento.

Figura 2.4 Pozo El Estadio.



Fuente: Autora, 2022.

A partir del bombeo del pozo El Estadio por medio de la línea de conducción, el caudal producido llega al tanque de reserva para posterior distribución a los sectores correspondientes de la red de distribución de agua potable Yaruquies.

A continuación, se presenta el detalle del caudal promedio producido de la fuente, es importante señalar, que la información es obtenida a través del equipo de medición portátil que está a cargo de la Unidad de Gestión de Control de Pérdidas de la EP EMAPAR.

Tabla 2.2 Caudal promedio producido por la fuente existente.

Descripción	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Pozo El Estadio	15,73	21,03	16,66	15,28	15,07	15,20	15,73	15,20	15,20
Pozo El Pedregal	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fuente: Dirección de Gestión de Operaciones EP EMAPAR, 2022.

2.2.1 Conducción

El sistema de agua potable de Yaruquíes incluye una planta de tratamiento de agua y dos tanques de almacenamiento 1000 m³ y 250 m³ propios, los cuales se alimentan del caudal bombeado desde el pozo El Estadio.

A través de la línea de conducción que llega a los tanques de reserva para su posterior distribución a los sectores correspondientes.

Al momento el pozo denominado Pedregal no se encuentra en funcionamiento.

2.2.2 Reserva

En la inspección en situ se pudo observar que los tanques de reserva se encuentran en condiciones aceptables de operación sin filtraciones de agua al exterior, por lo que, se deduce que mantienen la estanqueidad.

Estos tanques son de forma circular, con cubierta en forma de cúpula y disponen de escaleras de acceso exteriores e interiores para facilitar las labores de operación y mantenimiento.

Figura 2.5 Reserva Yaruquíes.



Fuente: Autora, 2022.

2.2.3 Tratamiento

El agua subterránea captada del pozo El Estadio se conduce de manera directa hacia el tanque de reserva para posteriormente ser distribuida a la red.

El tratamiento que se realiza únicamente es la cloración como desinfección; sin embargo, es importante mencionar que para el caso particular de las aguas provenientes del pozo El Pedregal, se considera que estas sean tratadas mediante una planta modular ubicada en la zona alta del sector Yaruquíes.

Figura 2.6 Tratamiento de agua.



Fuente: Autora, 2022.

2.2.4 Distribución

La red de distribución de agua potable Yaruquíes funciona como un sistema independiente, puesto que se abastece directamente desde el pozo hacia el tanque de reserva propios del sector, los cuales reciben un caudal aproximado de 15,20 l/s.

Tabla 2.3 Red de distribución y zonas de servicio.

Red de distribución	Área de la red (ha)	Sectores	Tipo de material	Longitud (km)
Red Yaruquíes	458,05	7	PVC	29,05

Fuente: Dirección de Gestión de Operaciones EP EMAPAR, 2022.

El sistema se encuentra fraccionado en 11 sectores, de los cuales los sectores 1, 2, 3, 4 y 10 pertenecen a la zona de presión alta, mientras que los sectores 5 y 6 pertenecen a la zona de presión baja.

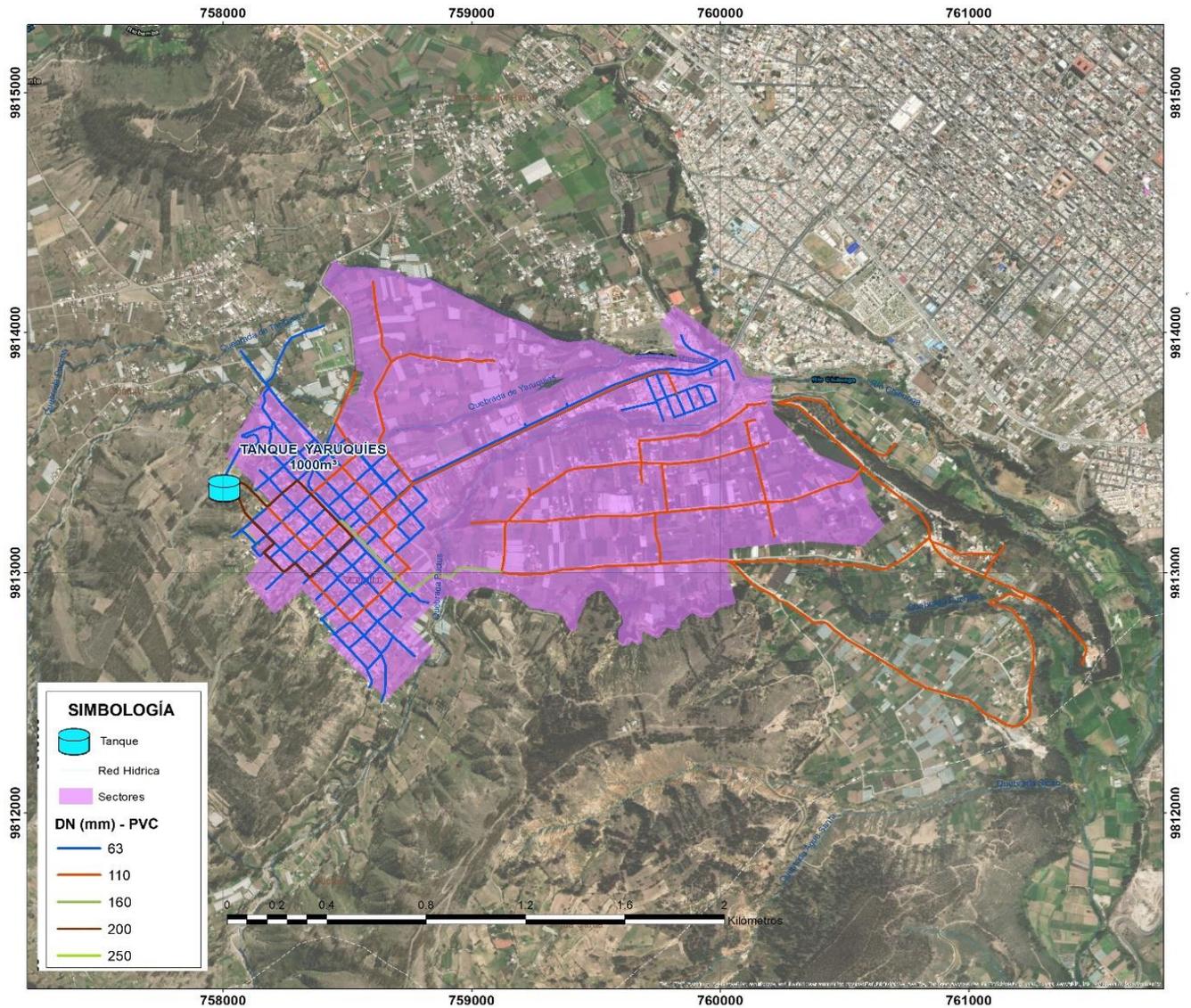
La instalación de redes de distribución en los sectores 7, 8, 9 y 11 se realizará en la segunda fase de construcción del Plan Maestro de la ciudad de Riobamba, razón por la cual, al presente dichos sectores carecen de servicio.

Tabla 2.4 Longitud y diámetro de la red de distribución Yaruquíes.

Red Yaruquíes	
Diámetro nominal (mm)	Longitud (m)
63	17279,35
110	16620,56
160	816,67
200	1539,43
250	60,31
Total	36316,32

Fuente: Dirección de Gestión de Operaciones EP EMAPAR, 2022.

Figura 2.7 Área de servicio de la red de distribución de agua potable de Yaruquíes.



Fuente: EP EMAPAR, 2022.

2.2.5 Continuidad del servicio

En la siguiente tabla y de acuerdo a los informes proporcionados por la Dirección de Gestión Operaciones de la EP EMAPAR, la red de distribución de Yaruquíes continúa brindando servicio.

Tabla 2.5 Horarios de distribución de las zonas de abastecimiento.

Red	Área total (ha)	Distribución			
		por tanqueros	en 3 horarios	en 12 horas	continua
Yaruquies	458,05				458,05

Fuente: Dirección de Gestión de Operaciones EP EMAPAR, 2022.

2.2.6 Agua no contabilizada red de distribución de agua potable Yaruquíes

Se entiende por ANC la diferencia entre el agua producida y el agua facturada.

En los estudios del Plan Maestro (2008-2009), se estimó que el índice de agua no contabilizada se encontraba alrededor del 62%; sin embargo, luego de la ejecución de los proyectos determinados en la primera etapa del Plan Maestro y las acciones realizadas a través de la primera etapa del plan de reducción y control de pérdidas de la EP EMAPAR, establecen que el índice de pérdidas en la red de distribución de Yaruquíes se ha reducido del 49,50% al 35% desde el año 2015 al 2022; esta información ha sido proporcionada por parte de la Unidad de Gestión de Control de Pérdidas quienes, a través de informes ejecutivos de gestión reportan al Banco de Desarrollo del Ecuador B.P. el análisis del porcentaje de agua no contabilizada, con la finalidad de brindar atención y cumplimiento a lo requerido por parte de dicha entidad bancaria.

En los informes ejecutivos se puede constatar que el índice de agua se calcula con base en la información generada por el Sistema Integral de Información Multi-finalitario SIIM, respecto al consumo mensual de las cuentas registradas en la EP EMAPAR y su respectivo registro de lecturas de medidores de usuarios constantes en el sistema multifinalitario, los caudales medidos registrados mensualmente en la captación y la relación porcentual de la sumatoria de los volúmenes de agua consumidos por los usuarios y los volúmenes medidos de producción, es decir el cálculo lo realizan de la siguiente manera:

Tabla 2.6 Cálculo del índice de agua no contabilizada.

Descripción	<i>litros</i>	<i>metros^{cúbicos}</i>
	<i>segundo</i>	<i>mes</i>
Total, caudal producido (agua entregada)	15,20	39398,00
Caudal facturado (facturado medido)	9,15	23718,00
Diferencia (pérdidas de agua)	6,05	15680,00
Porcentaje de pérdidas % (IANC)	39,79	39,79

Fuente: Autora, 2022.

Es importante resaltar que los datos de macro-medicación para la estimación de la producción no son del todo confiables, ya que proviene de mediciones puntuales, de la misma manera algunos consumos han sido estimados. La siguiente tabla indica la evolución de los valores de IANC calculados a partir de los datos proporcionados por EP EMAPAR.

Tabla 2.7 Estimación del Índice de Agua No Contabilizada (IANC) 2021-2022.

Item	Año	Mes	Red Yaruquies IANC (%)
1	2017	enero-diciembre	46,78
2	2018	enero-diciembre	41,68
3	2019	enero-diciembre	42,57
4	2020	enero-diciembre	35,18
5	2021	enero-diciembre	33,13
1	2022	enero	34,29
2	2022	febrero	30,60
3	2022	marzo	33,57
4	2022	abril	32,37
5	2022	mayo	35,01
6	2022	junio	34,57
7	2022	julio	28,40
8	2022	agosto	-----
9	2022	septiembre	39,94

Fuente: Unidad de Gestión de Control de Pérdidas EP EMAPAR, 2022.

2.3 Trabajo de campo

2.3.1 Recopilación y análisis de la información existente

Se recopilaron, analizaron y evaluaron todos los antecedentes e investigaciones disponibles sobre el proyecto de graduación para determinar los diagnósticos básicos y técnicos pertinentes al sector Y-2 de la red de distribución de agua potable de Yaruquíes, esta información fue consultada a las Direcciones de Gestión de Ingeniería, Operaciones y Comercial de la EP EMAPAR, donde se pudo obtener los planos, detalles existentes, facturación por ciclos, número de cuentas, consumos totales, consumos promedios, y demás información respecto al tema de estudio.

Además, se estima que 7341 usuarios utilizan la red de distribución de agua potable de Yaruquíes.

En base a la información otorgada por la Dirección de Gestión de Ingeniería de la EP EMAPAR y el conocimiento de la zona de estudio a través de la información del estado físico y operacional de la red, como planos y detalles de esquina, se procedió a verificar los sectores de la red de distribución de agua potable principalmente el sector Y-2 donde se definió el límite de servicio y los puntos de abastecimiento.

También se obtiene la información del registro del caudal suministrado al sector y presiones en red (mediciones específicas de presiones y caudales).

Figura 2.8 Catastro de usuarios ciclo 6.



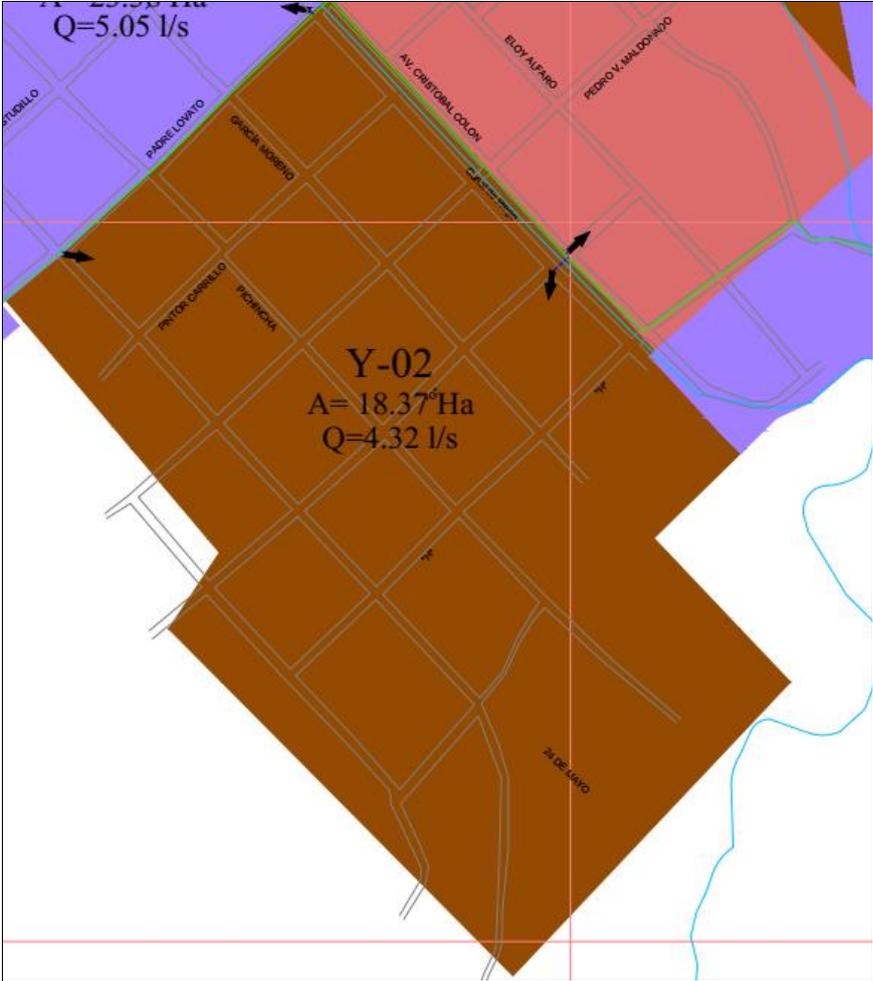
Fuente: Dirección de Gestión Comercial EP EMAPAR, 2022.

2.3.2 Sectorización hidráulica del sector Y-2 de distribución de agua potable de la red Yaruquies

En primer lugar, se definió el límite físico del área de servicio del sector Y-2 de la red de distribución y las condiciones topográficas que determina la zona y el rango de presión.

Como parte de este proceso se identifica los puntos de alimentación del sector Y-2, los cuales son controlados por válvulas de compuerta y con base en la información proporcionada por la gestión de ingeniería y operaciones de la EP EMAPAR se realiza el levantamiento de la infraestructura existente que, provee información topológica de la red y características de la tubería, teniendo como fuente los planos as-build de obras y referencias para localización e identificación de la red en campo.

Figura 2.9 Sector Y-2 de la red de distribución de agua potable Yaruquies.



Fuente: Dirección de Gestión de Ingeniería EP EMAPAR,2022.

Los trabajos de campo e inspecciones in situ desarrolladas desde octubre de 2022 permitieron determinar que la red de distribución del sector Y-2 se encuentra mallada, zonificada y sectorizada. Además, se identificó las válvulas existentes en la red de

distribución, durante la ejecución de esta tarea se ubicó el estado de operación de las válvulas de frontera y abastecimiento correspondiente al sector hidráulico.

La verificación del estado operacional de las válvulas consistió en la apertura y cierre de las mismas, utilizando una llave para comprobar su adecuado funcionamiento. Al final de la actividad, las válvulas localizadas quedaron identificadas en campo.

La comprobación de la hermeticidad del sector Y-2 se lo realizó mediante una prueba de “cero presión” (ZPT por las siglas en inglés de Zero Pressure Test), prueba que consistió en cerrar (durante cortos periodos de tiempo) las válvulas de abastecimiento del sector hidráulico y las válvulas de frontera para verificar si la presión interna del sector hidráulico baja a cero.

Además, se colocó un manómetro en un punto de aforo sobre la red de distribución y se chequeó la presión de servicio existente antes de operar las válvulas, posterior a la actividad antes descrita, la presión leída en el manómetro fue cero debido a que las válvulas quedaron cerradas, por tanto, se confirma la hermeticidad.

2.3.3 Barrido de presiones y medición de caudales en el sector Y-2

El escaneo de presión y las mediciones de flujo involucran el uso de registradores de presión y medidores de flujo para registrar datos de varias unidades dentro de la partición hidráulica del sistema.

En campo, esta operación se realiza mediante equipos de medición para determinar el volumen y presión del agua suministrada a los usuarios del sector Y-2; esta información es requerida para la simulación hidráulica y la cuantificación y detección de las pérdidas físicas y aparentes existentes, formulando mejoras en la operación del sistema.

Figura 2.10 Registro barrido de presión.



Fuente: Unidad de Gestión de Control de Pérdidas EP EMAPAR y autora, 2022.

2.3.4 Muestreo en la medición de micromedidores

Siendo la parte comercial un proceso estratégico para la adecuada provisión del servicio de agua potable, se requiere que la misma sea oportuna, fiable y sólida, por tanto, los procesos que maneja el área de comercial requieren de una metodología probada para contar con dichos insumos en la forma y calidad requeridas por el usuario interno como externo.

Para el registro de lecturas del sector Y-2, la Dirección de Gestión Comercial considera a esta zona como el ciclo 6 de toma de lecturas, dicho esto se procede a realizar las visitas técnicas con la finalidad de conocer y evaluar el desarrollo del proceso de lectura y facturación en sitio de los usuarios que conforman el sistema en análisis.

De acuerdo con información proporcionada por la base de datos de pago y gestión de transacciones de EP EMAPAR, se han identificado 251 usuarios en el sector Y-2.

Figura 2.11 Muestreo en la medición del sector Y-2 ciclo 6.



Fuente: Unidad de Gestión de Catastro y Medición, 2022.

A la presente fecha se encuentra en etapa contractual el proceso de contratación SIE-EP-EMAPAR-09-22, cuyo objeto es el: “SERVICIO DE TOMA DE LECTURA Y CRÍTICA DE LECTURA, INSPECCIÓN DE PREDIOS Y CRÍTICA DE INSPECCIÓN, FACTURACION, ACTUALIZACIÓN DE CATASTRO DE USUARIOS, CICLOS DE FACTUACIÓN Y CAMBIO DE MEDIDORES POR MANTENIMIENTO A LOS USUARIOS DE LA EMPRESA PUBLICA EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE RIOBAMBA (EP EMAPAR)”.

2.3.5 Muestreo para el análisis de la calidad del agua

Se tomó muestra el día 08 de septiembre de 2022 a las 07:28 am para el análisis de las características físicas, químicas y microbiológicas de la calidad del agua distribuida en el sector Y-2, la cual posteriormente fue analizada en la Unidad de Laboratorio de la EP EMAPAR

Figura 2.12 Muestreo para el análisis de la calidad del agua sector Y-2.

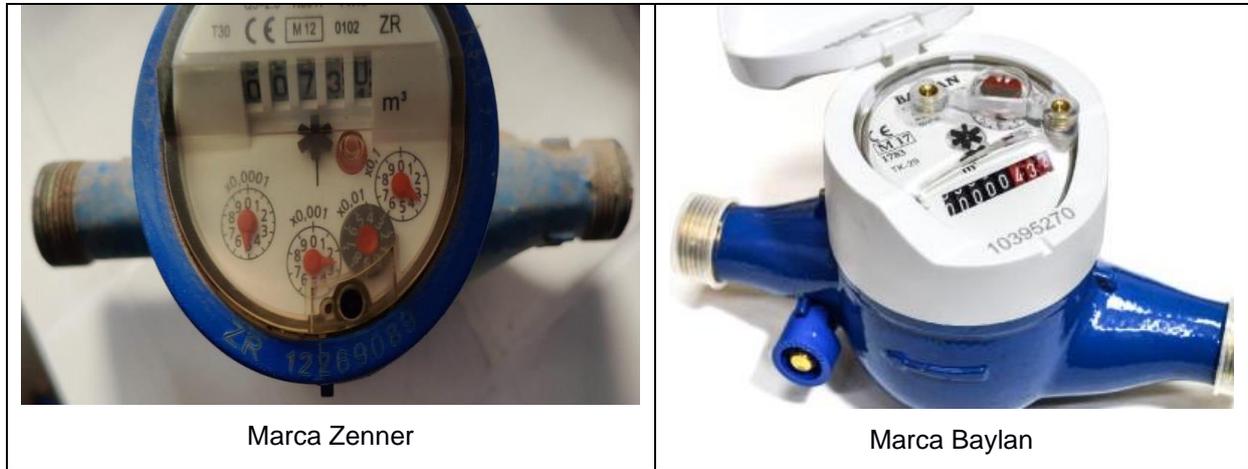


Fuente: Unidad de Laboratorio, 2022.

2.3.6 Toma de muestras para ensayos de medidores

En el sector Y-2 de la red de agua potable Yaruquies, se verifica medidores de caudal velocimétrico chorro múltiple de diferentes marcas, las cuales se indican a continuación:

Figura 2.13 Marcas de medidores comunes en el sector Y-2.



Fuente: Autora, 2022.

El principio de medición de este tipo de medidor es que la velocidad de rotación de la turbina es proporcional al caudal. En otras palabras, el número de revoluciones depende directamente de la velocidad a la que fluye el agua a través de una sección y un segmento determinados.

El 23 de noviembre de 2022, se tomaron y analizaron 10 muestras aleatorias del sector Y-2 y se analizaron en el laboratorio de INTERAGUA-VEOLIA; en el registro de datos se indican los números de medidor y la lectura en m³. Estos medidores representativos son sometidos a las pruebas según la Norma Internacional ISO 4064-2:2014.

Las muestras tomadas se identifican de la siguiente manera:

Tabla 2.8 Identificación de las muestras para ensayo.

ítem	Número de medidor	Lectura registrada en m ³	Tipo de medidor	Marca de medidor	Diámetro pulgadas ϕ
1	ZR12410867	2358	velocimétrico chorro múltiple	ZENNER	1/2
2	ZR12268755	359	velocimétrico chorro múltiple	ZENNER	1/2
3	ZR12269089	730	velocimétrico chorro múltiple	ZENNER	1/2

4	ZR12266377	4468	velocimétrico chorro múltiple	ZENNER	1/2
5	ZR12266356	1921	velocimétrico chorro múltiple	ZENNER	1/2
6	ZR12376698	53	velocimétrico chorro múltiple	ZENNER	1/2
7	ZR12269576	2896	velocimétrico chorro múltiple	ZENNER	1/2
8	ZR12269167	745	velocimétrico chorro múltiple	ZENNER	1/2
9	ZR12266350	1644	velocimétrico chorro múltiple	ZENNER	1/2
10	ZR12410673	2329	velocimétrico chorro múltiple	ZENNER	1/2

Fuente: Autora,2022.

Figura 2.14 Retiro de medidor sector Y-2.



Fuente: Unidad de Gestión de Control de Pérdidas, 2022.

2.4 Trabajo de laboratorio o gabinete

2.4.1 Calidad del agua

Con base en los análisis realizados por la Unidad de Laboratorio de la EP EMAPAR, se presenta un enfoque general de la calidad del agua suministrada al sector Y-2 y se

presenta un resumen de las tipologías físicos, químicos y propiedades bacteriológicas del agua.

Los resultados alcanzados muestran que valores de dureza se encuentran en el rango de 428 y 500 mg/l como CaCO₃, lo que indica que este tipo de agua es muy dura y con tendencia a depositar carbonato de calcio, no obstante, esta agua se considera de buena calidad, siendo recomendable el análisis de la reducción de dureza y la agresividad del agua.

Tabla 2.9 Resultado del análisis de la calidad del agua.

Parámetros	Unidad	Limites	Pozo	Reserva
ph	U	6,5-8,5	7,83	7,15
Turbiedad	UNT	1	5	0,37
Cloruros	mg/l	250	30	15
Dureza	mg/l	300	428	155
Magnesio	mg/l	30-50	82,2	196
Fluoruros	mg/l	1,5	1,6	0,83
Sulfatos	mg/l	400	271	78
Amonio	mg/l	0,05	0,05	0,05
Nitritos	mg/l	0,001	0,0033	0,001
Nitratos	mg/l	10	3,3	2,3
Hierro	mg/l	0,3	0,04	0,28
Plomo	mg/l	0,05	0,03	0,03
Fosfatos	mg/l	0,3	0,09	0,09
Sólidos disueltos	mg/l	500	812	286

Fuente: Unidad de Laboratorio, 2022.

2.4.2 Ensayo de medidores

Realizados los ensayos en el Laboratorio de Ensayo de Medidores de la Pradera en INTERAGUA-VEOLIA, los resultados indican que, de las diez muestras tomadas cinco medidores presentan errores de medición:

Tabla 2.10 Resultados de los ensayos de medidores.

Item	Número de medidor	Resultados	Q4	Q3	Q2	Q1
		Q (l/h)	3125	2500	50	31,25
1	ZR12410867	Error (%)	-5,06	-5,34	-1,20	-3,10
2	ZR12268755		-2,68	-2,92	-0,70	-1,60
3	ZR12269089		-2,71	-2,94	-0,40	-1,10
4	ZR12266377		-4,45	-4,63	-0,90	0,50
5	ZR12266356		0,15	-1,67	3,19	3,10
6	ZR12376698		-4,55	-4,61	-0,60	-2,30
7	ZR12269576		-4,29	-4,49	-5,18	-14,09
8	ZR12269167		-3,31	-3,46	-0,80	-2,70
9	ZR12266350		-2,26	-2,36	-0,30	-1,90
10	ZR12410673		-2,78	-2,67	-2,89	-10,59

Fuente: INTERAGUA-VEOLIA y autor,2022.

Figura 2.15 Ensayo de medidores en laboratorio.



Fuente: INTERAGUA-VEOLIA y autor,2022.

Figura 2.16 Colocación de los medidores para ensayo



Fuente: INTERAGUA-VEOLIA y autor,2022.

2.5 Tabulación de datos

2.5.1 Medición de caudal y barrido de presión

Un análisis del comportamiento de la red sugiere que la presión máxima correspondiente al nivel estático no debe superar los 60 mca (evitando perturbaciones en la red y acometidas domiciliarias), y la presión mínima dinámica en ambos extremos de la red no debe ser inferior de 15 mca cuando el caudal de diseño está circulando (caudal máximo por hora).

Tabla 2.11 Registro barrido de presión.

Días	Hora	Presión (psi)	Presión (mca)	X	Y	Dirección
Día 1	11:00	85	60	758554	9813114	Cristóbal Colón y Pedro Vicente Maldonado
	11:15	85	60	758592	9812887	Capitán Juan Maji y García Moreno
	11:30	60	42	758559	9812623	Duchicela y Capitán Lucas Pendi
	11:45	85	60	758740	9812943	Duchicela y Capitán Lucas Pendi
Día 2	12:45	80	56	758554	9813114	Cristóbal Colón y Pedro Vicente Maldonado
	13:00	85	60	758592	9812887	Capitán Juan Maji y García Moreno
	13:15	60	42	758559	9812623	Duchicela y Capitán Lucas Pendi
	13:30	85	60	758740	9812943	Duchicela y Capitán Lucas Pendi
Día 3	08:00	90	63	758554	9813114	Cristóbal Colón y Pedro Vicente Maldonado
	08:15	85	60	758592	9812887	Capitán Juan Maji y García Moreno
	08:30	70	49	758559	9812623	Duchicela y Capitán Lucas Pendi
	08:45	85	60	758740	9812943	Duchicela y Capitán Lucas Pendi
Día 4	10:00	80	56	758554	9813114	Cristóbal Colón y Pedro Vicente Maldonado
	10:15	78	55	758592	9812887	Capitán Juan Maji y García Moreno
	10:30	58	41	758559	9812623	Duchicela y Capitán Lucas Pendi
	10:45	82	57	758740	9812943	Duchicela y Capitán Lucas Pendi
Día 5	12:45	85	60	758554	9813114	Cristóbal Colón y Pedro Vicente Maldonado
	13:00	85	60	758592	9812887	Capitán Juan Maji y García Moreno
	13:15	62	43	758559	9812623	Duchicela y Capitán Lucas Pendi
	13:30	85	60	758740	9812943	Duchicela y Capitán Lucas Pendi

Fuente: Unidad de Gestión de Control de Pérdidas EP EMAPAR y autor, 2022.

Tabla 2.12 Registro de caudal.

ID	Caudal (l/s)	Velocidad (m/s)
1	1,90	0,03
2	2,00	0,03
3	2,01	0,03
4	2,13	0,03

5	2,10	0,03
6	2,05	0,03
7	2,05	0,03
8	2,05	0,03
9	2,03	0,03
10	2,05	0,03
11	2,07	0,03
12	2,40	0,04
13	2,60	0,04
14	2,40	0,04
15	2,50	0,04
16	2,50	0,04
17	2,10	0,03
18	2,20	0,03
19	2,40	0,04
20	2,70	0,04
Total	2,21	0,03

Fuente: Unidad de Gestión de Control de Pérdidas EP EMAPAR y autor, 2022.

2.5.2 Cobertura

De acuerdo con las estipulaciones del plan maestro, la tasa de cobertura aumentará gradualmente año a año, alcanzando el 98%.

Según datos proporcionados por la Autoridad de Regulación y Control del Agua (ARCA), la cobertura de los servicios de agua potable se ha incrementado a aproximadamente un 93,7% en los últimos años.

2.5.3 Consumo actual

Con base en los datos de facturación proporcionados por la Dirección de Gestión Comercial de EP EMAPAR, se detalla el número de usuarios y el consumo por cada categoría establecida a través del Reglamento de Prestación de Servicios al Cliente EP EMAPAR. Datos válidos hasta noviembre de 2022.

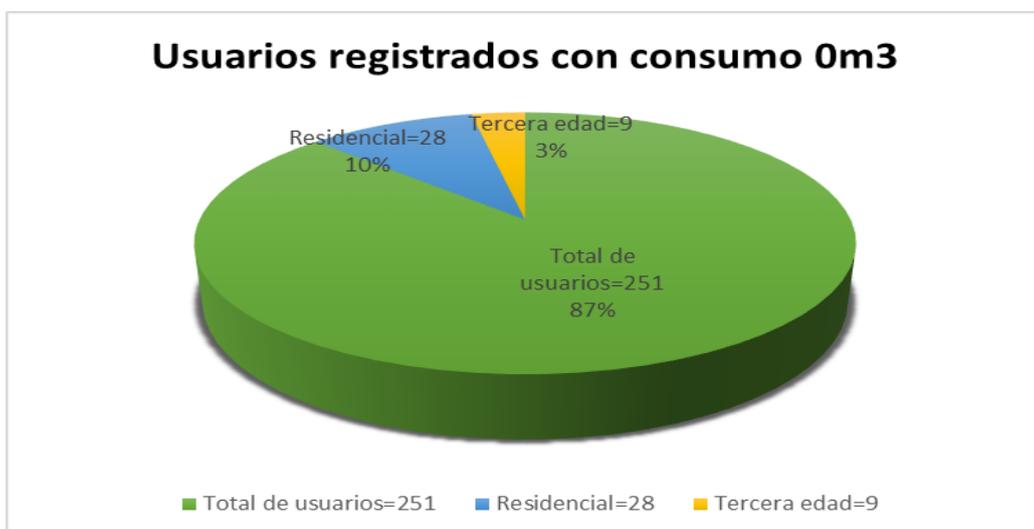
Tabla 2.13 Clasificación de consumos y número de usuarios.

Categoría	Número de Usuarios	Total, de consumo m ³	% de abonados	% de consumo
Comercial	1	9	0,40	0,20
Comercial directo	0	0	0,00	0,00
Discapacidad	2	58	0,80	1,34
Industrial	2	17	0,80	0,40
Industrial directo	0	0	0,00	0,00
Macro mediciones	0	0	0,00	0,00
Oficial A	0	0	0,00	0,00
Residencial exonerado directo	0	0	0,00	0,00
Residencial exonerado	3	100	1,20	2,31
Residencial	190	3187	75,70	73,62
Residencial directo	0	0	0,00	0,00
Solo alcantarillado	0	0	0,00	0,00
Tanqueros	0	0	0,00	0,00
Tercera edad	53	958	21,10	22,13
Tercera edad directo	0	0	0,00	0,00
Total:	251	4329	100,00	100,00

Fuente: Dirección de Gestión Comercial EP EMAPAR y autora, 2022.

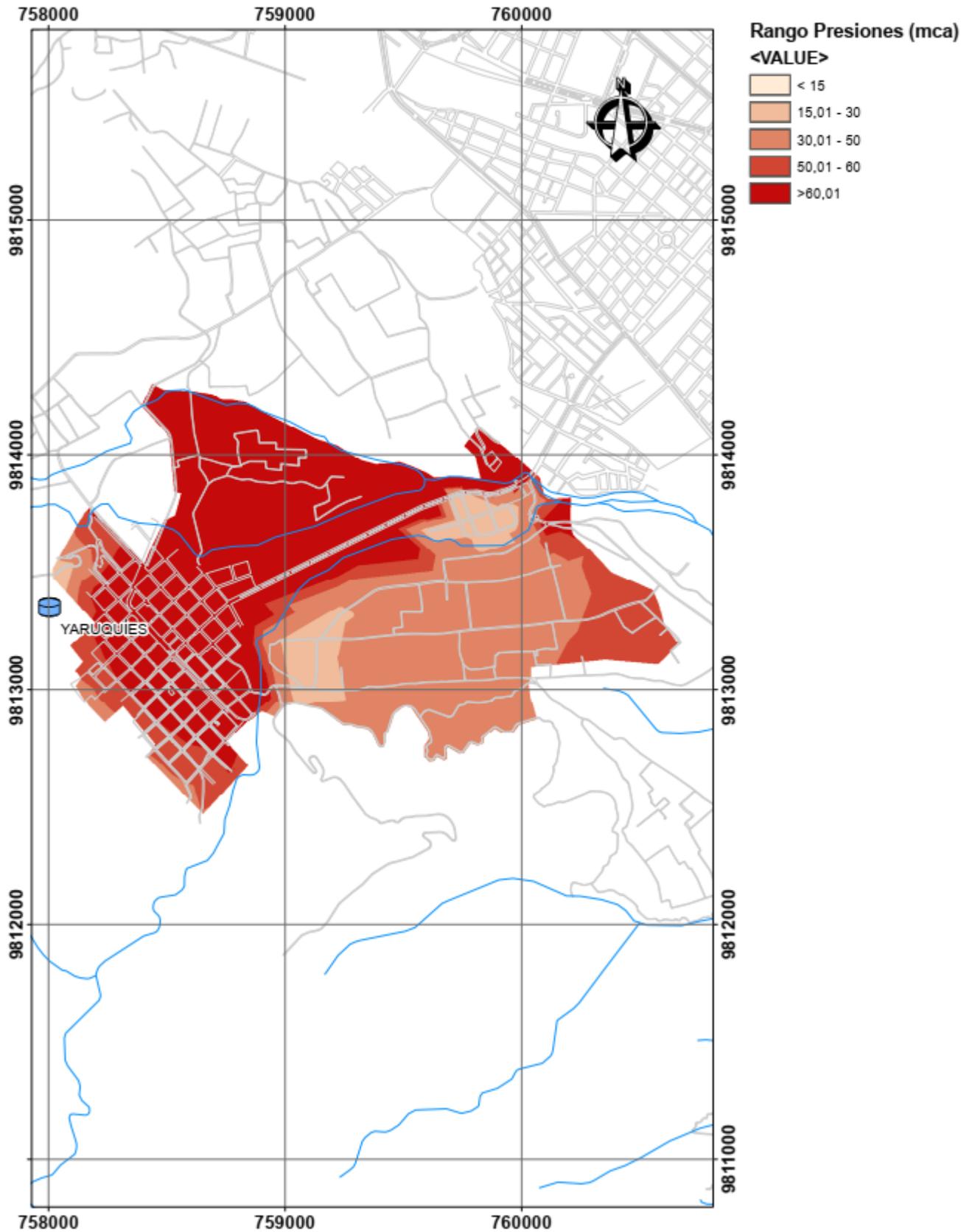
De los resultados se pudo identificar que, en las categorías residencial (28 usuarios) y tercera edad (9 usuarios) registran un consumo de 0,00 m³/mes, por tanto, no se establece si estos predios se encuentran deshabitados al no reflejar consumos o disponen de medidores dañados.

Figura 2.17 Usuarios registrados con consumo 0m³ categoría comercial y tercera edad.



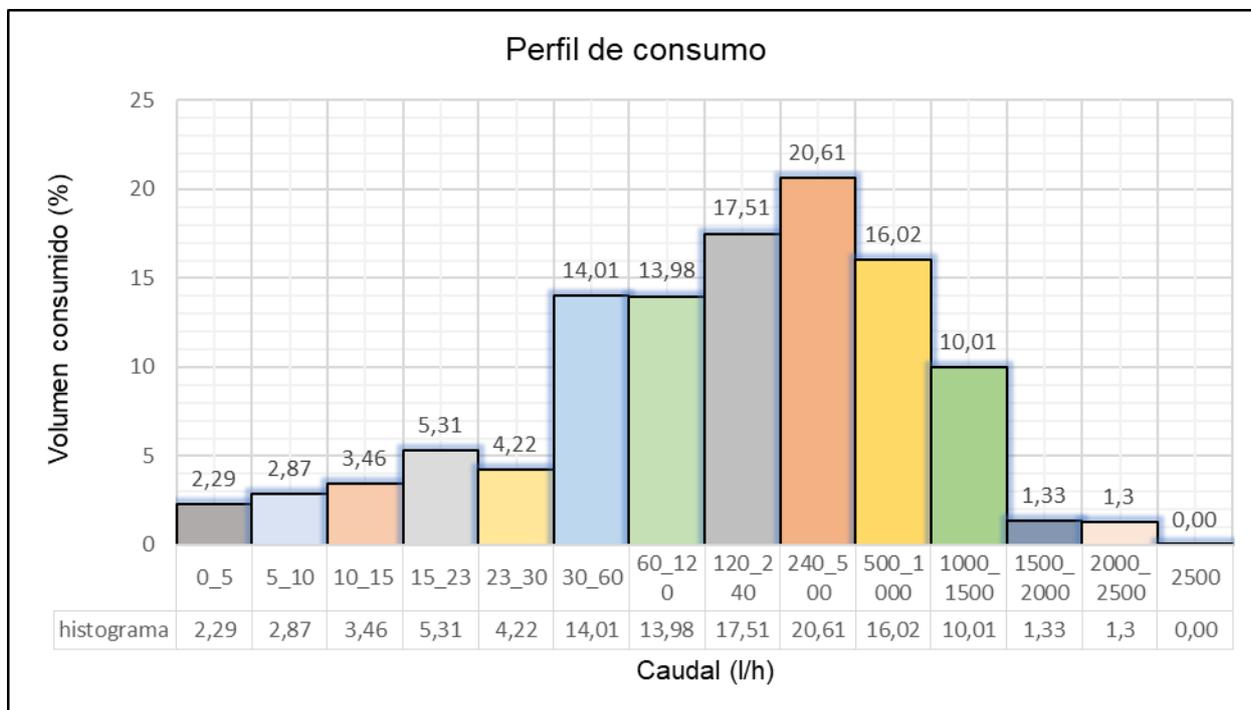
Fuente: Autora, 2022.

Figura 2.18 Mapa de presiones mínimas y máximas.



Fuente: EP EMAPAR, 2022.

Figura 2.19 Perfil de consumo.



Fuente: Autor, 2022.

2.5.4 Catastro de usuarios del sector Y-2

Se verifica a partir de la base de datos facilitada por la Dirección de Gestión Comercial de la EP EMAPAR que, no se dispone de toda la información referente a la codificación de los usuarios. No se cuenta con los usuarios totalmente tipificados y ubicados, por lo que, no se puede hacer énfasis en la identificación de grandes consumidores o aquellos que son susceptibles a las posibles bajas en la presión. Asimismo, se identifica lo siguiente:

- Una vez asignada la ruta se asigna las secuencias a cada predio, sin embargo, el número secuencial cambia dependiendo de la solicitud de acometidas o instalación de medidores, por lo que, las secuencias se redefinen y tardan en ser asignadas, esto imposibilita la toma de lecturas.

- Medidores taponados, dañados, inexistentes, sustraídos, directos, hacen que la información de lecturas se considere en lectura 0 m³ o de forma directa.
- Medidores instalados, pero no catastrados.
- Demora en el tiempo de finalización e ingreso del número de medidor en la cuenta de agua potable asignada.
- Dificultad en el levantamiento de información de predios (casa deshabitada, lotes vacíos, etc).

2.5.5 Proyección de la demanda

La siguiente tabla muestra la proyección de demanda futura para el sector Y-2 de la red de distribución de agua potable de Yaruquíes, asumiendo una cobertura del servicio del 98%.

Tabla 2.14 Caudales de diseño y proyección de la demanda.

POBLACION Y DOTACION							FACTORES Y DEMANDAS				
AÑO	POBLACIÓN TOTAL PROYECTADA	DOTACIÓN NETA	IANC	DOTACIÓN BRUTA	COBERTURA DEL SERVICIO	POBLACIÓN SERVIDA	DEMANDA PROMEDIO DIARIA [Qmed]	FACTOR DEMANDA MÁXIMA DIARIA	DEMANDA MÁXIMA DIARIA [QM D]	FACTOR DEMANDA MÁXIMA HORARIA	DEMANDA MÁXIMA HORARIA [QM H]
	[usuarios]	[l/hab.día]	%	[l/hab.día]	%	[hab]	[L/s]	[K1]	[L/s]	[K2]	[L/s]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2022	251	190	40	316,35	98,00	250	0,92	1,30	1,19	1,50	1,37
2023	255	190	40	316,67	98,00	252	0,92	1,30	1,20	1,50	1,39
2024	257	190	39	311,48	98,00	255	0,92	1,30	1,20	1,50	1,38
2025	260	190	39	311,48	98,00	257	0,93	1,30	1,20	1,50	1,39
2026	262	190	39	311,48	98,00	260	0,94	1,30	1,22	1,50	1,41
2027	265	190	39	311,48	98,00	262	0,94	1,30	1,23	1,50	1,42
2028	267	190	38	306,45	98,00	265	0,94	1,30	1,22	1,50	1,41
2029	270	190	38	306,45	98,00	268	0,95	1,30	1,24	1,50	1,43
2030	273	190	38	306,45	98,00	271	0,96	1,30	1,25	1,50	1,44
2031	276	190	37	301,59	98,00	273	0,95	1,30	1,24	1,50	1,43
2032	278	190	37	301,59	98,00	276	0,96	1,30	1,25	1,50	1,45
2033	281	190	37	301,59	98,00	279	0,97	1,30	1,27	1,50	1,46
2034	284	190	36	296,88	98,00	282	0,97	1,30	1,26	1,50	1,45
2035	287	190	36	296,88	98,00	285	0,98	1,30	1,27	1,50	1,47
2036	290	190	36	296,88	98,00	287	0,99	1,30	1,28	1,50	1,48
2037	292	190	36	296,88	98,00	290	1,00	1,30	1,30	1,50	1,49
2038	295	190	35	292,31	98,00	293	0,99	1,30	1,29	1,50	1,49
2039	298	190	35	292,31	98,00	295	1,00	1,30	1,30	1,50	1,50
2040	301	190	35	292,31	98,00	295	1,00	1,30	1,30	1,50	1,50
2037	303	190	35	292,31	98,00	297	1,00	1,30	1,31	1,50	1,51
2038	304	190	35	292,31	98,00	298	1,01	1,30	1,31	1,50	1,51
2039	305	190	35	292,31	98,00	299	1,01	1,30	1,32	1,50	1,52
2040	306	190	35	292,31	98,00	300	1,01	1,30	1,32	1,50	1,52

Fuente: Dirección de Gestión Operaciones EP EMAPAR y autora, 2022.

2.5.6 Análisis de oferta y demanda

Se realiza análisis de oferta y demanda a partir del registro de medición del caudal que abastece el sector Y-2 (tabla 2.12) y la demanda actual (tabla 2.14) en donde se calcula lo siguiente:

La oferta actual es 2,21 l/s

La demanda actual es 1,37 l/s

Excedente= Oferta-Demanda

Excedente= 2,21 l/s -1,37 l/s

Excedente= 0,84 l/s

Tal como se puede apreciar la oferta actual puede abastecer el sector Y-2, no existe déficit de agua potable, sin embargo, es importante señalar que un papel fundamental lo tiene el porcentaje de agua no contabilizada.

2.5.7 Agua no contabilizada sector Y-2

Se presenta el resumen de poblaciones caudales e índices de perdidas obtenidas a durante las campañas de monitoreo continuo de caudal. El índice de agua no contabilizado IANC del sector Y-2, es obtenida a través del análisis de información recopilada respecto del número de usuarios, consumos facturados y volúmenes de agua producidos medidos.

Tabla 2.15 Cálculo del índice de agua no contabilizada.

Descripción	Sector Y-2	Unidad
Población	251	usuarios
Caudal entregado	2,21	l/s
Caudal medio facturado	1,67	l/s
Índice pérdidas físicas (estimado para la red Yaruquíes)	6,46	%
Índice pérdidas aparentes	24,40	%
Índice de pérdidas (IANC)	30,86	%

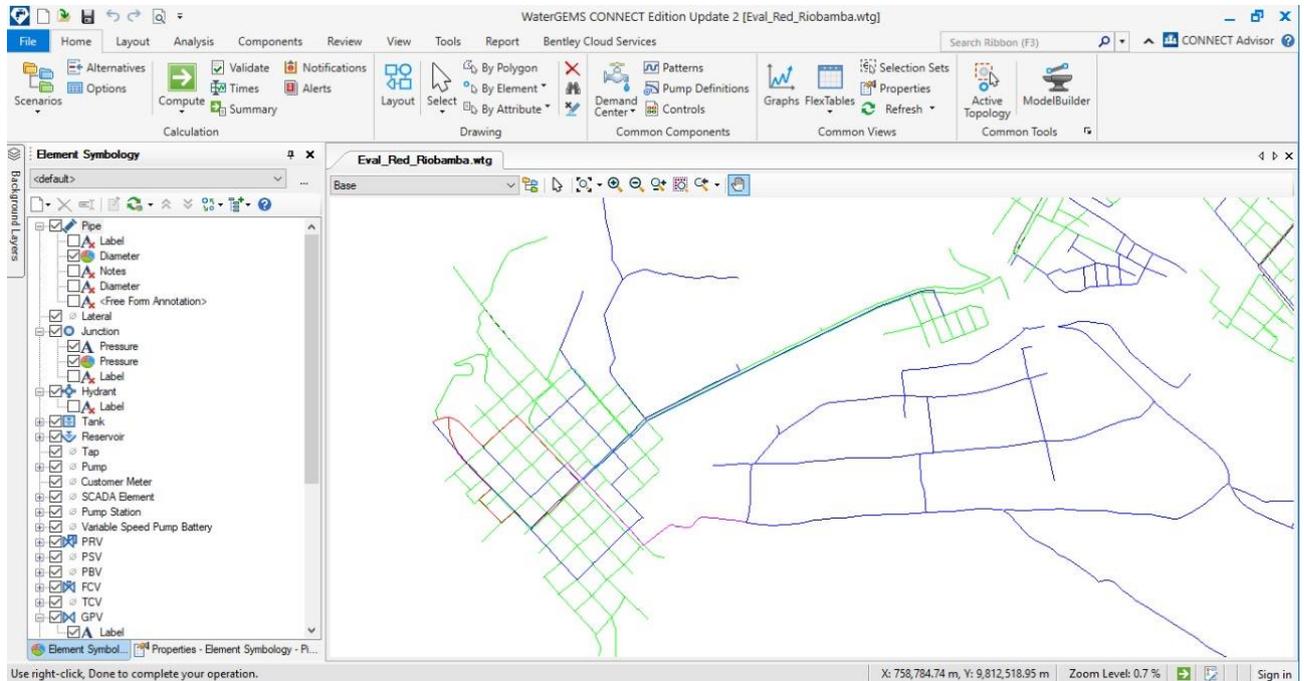
2.6 Modelación hidráulica

Para la simulación y comprobación del funcionamiento hidráulico se ha previsto utilizar el programa WATERGEMS para el análisis de la red de distribución de agua potable de Yaruquíes sector Y-2. De esta forma, si el comportamiento es cierto en estas situaciones, también lo será en el resto de escenarios posibles.

Para analizar el comportamiento de la red de distribución se consideraron los siguientes parámetros:

- Para evitar la interrupción de la red, conexión domiciliaria, la presión máxima no debe exceder los 60 mca. Esta presión máxima corresponde al nivel estático, es decir, para cargas máximas generadas por tanques de almacenamiento, estaciones de bombeo y estaciones de reducción de presión, sin movimiento de flujo hacia la red de distribución.
- Presión dinámica mínima en los terminales de la red principal cuando este circulando el caudal de diseño (caudal máximo horario) no debe ser inferior a 15 mca.
- Para evitar daños a los equipos, el límite máximo de velocidad de las líneas de distribución no debe exceder los 3,0 m/s.
- Se recomienda que la velocidad en la tubería sea superior a 0,3 m/s para evitar la formación de incrustaciones y depósitos.
- Como regla general, la pérdida de carga no debe exceder los 10 m/km en las redes de distribución.

Figura 2.20 Modelación hidráulico de la red.

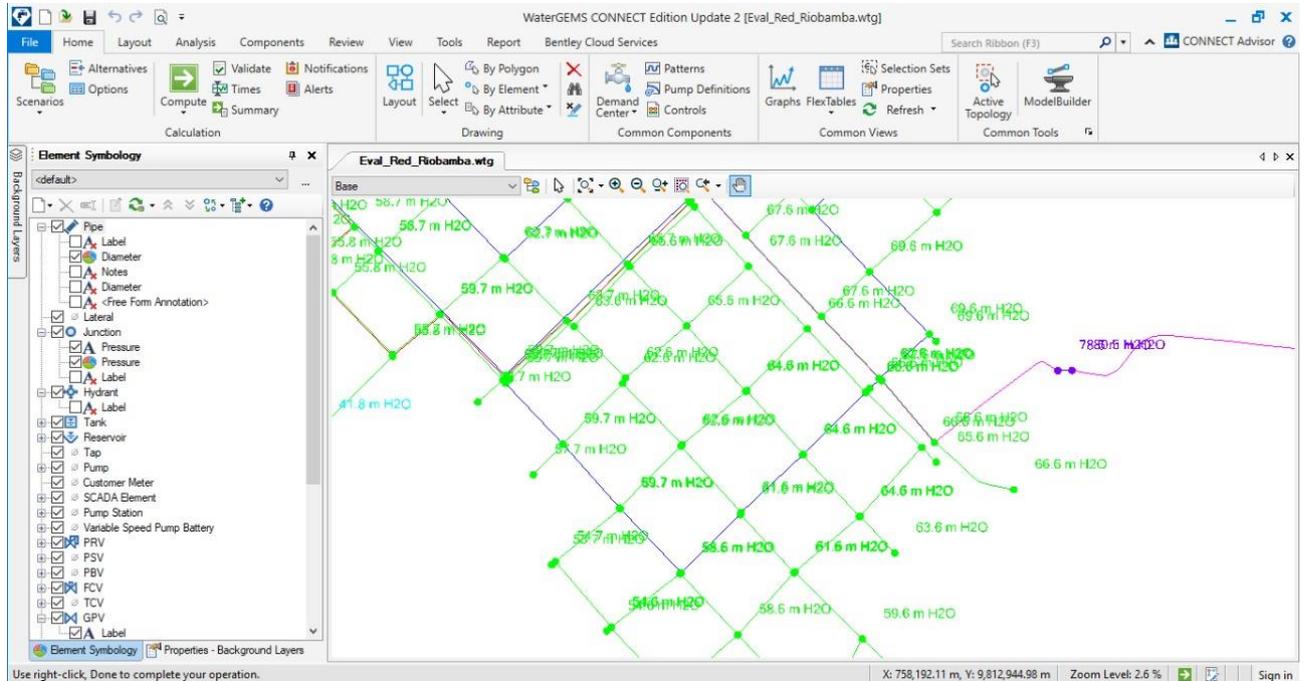


Fuente: Unidad de Gestión de Pérdidas, 2022.

Se realizaron simulaciones en diferentes escenarios y se identificaron alternativas en concordancia a los análisis del sector Y-2 de la red de distribución de agua potable de Yaruquíes, por tanto, se percibe la necesidad de intervenir desde tres ámbitos como infraestructura, operación y control de pérdidas, considerando lo siguiente:

- Falta de control de caudales en la línea de conducción que alimenta a la reserva de Yaruquíes.
- Es necesario modernizar el sistema de macro-medición del tanque existente, ya que esto ayudará a monitorear el caudal distribuido hacia cada uno de los sectores que conforman la red de distribución Yaruquíes lo cual incluye el sector Y-2 y estimar de manera más certera los porcentajes de IANC de forma individual.
- No se identificaron fugas visibles o invisibles para el sistema de distribución.

Figura 2.21 Simulación en red.



Fuente: Unidad de Gestión de Pérdidas, 2022.

- Es necesario realizar una modificación a la red de distribución que permita realizar una adecuada sectorización y regulación del caudal distribuido.
- En cuanto a la operación de la red de distribución, se toma un registro de presiones a través de una conexión domiciliaria y cuyos resultados reflejan presiones de 80psi y en horas de la noche varían de 80 a 100 psi.
- De igual manera es fundamental el control de agua no contabilizada (pérdidas físicas y aparentes) en el sector Y-2; de la información levantada se obtiene que el índice general bordea el 30,86 % del caudal.

2.7 Solución a diseñar

Con los datos establecidos en el diagnóstico de la línea base del sector Y-2, se considera que la EP EMAPAR requiere de ciertas intervenciones para mejorar la

gestión operacional y comercial del servicio de agua potable; este plan de intervención se define de la siguiente manera:

- Mejorar en la gestión operacional.

- Mejorar en la gestión comercial.

Es necesario mejorar la infraestructura y el modelo de gestión de captación, transporte y distribución de agua potable en cuanto al modelo de gestión. Una revisión de la infraestructura de servicio y gestión reveló deficiencias técnicas y la necesidad de inversión para mejorar la prestación de los servicios de agua potable, integrando sistemas informáticos que permitieran cumplir con los requerimientos. Las actividades se pueden evaluar a nivel de actividades rastreadas o tareas realizadas.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Interpretación y análisis de resultados

Con los resultados en la fase de diagnóstico se propone acciones a través de un plan de intervención que, permite establecer procesos sustanciales para la prestación de los servicios de agua potable que la EP EMAPAR ofrece en la red de Yaruquies, especialmente en el sector Y-2, desde la captación de agua cruda, pasando por el proceso de producción y distribución de agua potable, hasta la gestión comercial.

Mejora en gestión operacional

El sistema de agua potable de Yaruquies carece de macro-medición a lo largo del captación, conducción y distribución, con ello el índice de agua contabilizada es sobrestimado.

La falta de una red de agua potable catastral que permita la ubicación o características de los componentes del sistema y registros de control de válvulas ubicadas en áreas no almacenadas dificulta las decisiones operativas.

Debido a las pérdidas del sistema, se desconoce el rendimiento requerido, al igual que la distribución real y la capacidad de operativa de la red. Actualmente, existen válvulas en el punto de suministro, pero no existe un registro claro de su operatividad, hermeticidad y perfil de funcionamiento.

Se requiere una inspección del sitio para determinar la condición de la válvula de suministro.

Se requieren sistemas de telemetría y control remoto para el control centralizado de estaciones remotas ubicadas a lo largo del sistema de distribución de agua potable que

alimenta la red Yaruquíes para mejorar el equilibrio de distribución y métodos para controlar los niveles de los tanques para eliminar el despliegue de desbordamiento.

También se debe monitorear el flujo de agua y la presión distribuida al sector Y-2.

Mejora en gestión comercial

Con micromedidores de diferentes rangos, tecnologías y años de servicio, no existe un programa de mantenimiento de medidores que permita actuar de inmediato para evitar subestimar las pérdidas y los perfiles de consumo de las poblaciones o las necesidades de los equipos. No existen estudios relacionados, ni tampoco información o referencia rigurosa al impacto real de las pérdidas aparentes en el balance hídrico de la red.

No existe un sistema de control de documentos que valide el proceso o asegure la actualización y mantenimiento continuo de los registros de usuarios.

La configuración, el control y la gestión adecuados de los registros de usuarios son fundamentales para garantizar la solvencia técnica y financiera, que es clave para el crecimiento de la facturación, la recuperación del control y la transformación en la cobranza.

3.1.1 Patología del sector Y-2 de la red de distribución Yaruquíes

En la simulación se constata que las presiones de servicio en el sector Y-2 se encuentran fuera del rango óptimo de servicio de la red siendo las presiones mínima y máxima registradas. Es importante notar que no se cuenta con válvulas reductoras de presión que regulen al sector, razón por la cual en el sector se registran presiones superiores a los 60 mca, superando la presión de trabajo de las tuberías instaladas en el sector.

3.1.2 Personal operativo

La Dirección de Gestión de Operaciones de la EP EMAPAR, cuyo objeto es operar y mantener la red de acueducto y alcantarillado de la ciudad de Riobamba, está conformada por tres unidades de gestión:

La Unidad de Gestión de Agua Potable opera los sistemas de agua potable existentes en las etapas de captación y operación, conducción, almacenamiento, redes de distribución y conexiones domiciliarias.

La Unidad de Gestión de Alcantarillado brinda operación y mantenimiento de sistemas de drenaje tales como sistemas de recolección, instalaciones sanitarias, drenaje pluvial y combinado, pozos de inspección y sumideros.

La Unidad de Gestión de Control de Pérdidas realiza el seguimiento a las instalaciones clandestinas de agua potable y alcantarillado, el control de los grandes consumidores, análisis y seguimiento de cuentas con lecturas 0m³, y de 1 a 10m³; y el apoyo técnico a las Direcciones de Gestión Comercial e Ingeniería.

La Dirección de Gestión de Operaciones incluye un director, tres jefes de departamento y doce ingenieros de operaciones que son responsables de realizar las tareas solicitadas por los usuarios y de informar sobre fugas y otras noticias relacionadas con problemas acerca del sistema.

3.1.3 Caracterización y estructuración del plan de inversiones

El plan de inversiones contribuye de manera decisiva a lograr los objetivos estratégicos de la empresa y cumple con los criterios establecidos por la Agencia de Regulación y Control del Agua (ARCA), por lo que se consideran necesarias las actividades que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 3.1 Caracterización y estructuración del plan de inversiones.

Plan de inversiones	
Acciones	Descripción
Gestión operacional	1. Automatización de las mediciones de cantidad y calidad de pozos, tuberías y reservas existentes en el sistema de agua potable de Yaruquíes.
	2. Repotenciación para programas de pérdida de agua (presurización, protección activa contra fugas, capex, centro de control).
	3. Implementación de telemetría y control remoto de la red de distribución de agua potable de Yaruquíes.
	4. Complementación de SIG y catastro técnico de la infraestructura agua potable de Yaruquíes.
	5. Registro de los volúmenes de agua cruda y tratada para el sistema de agua potable de Yaruquíes.
	6. Adquisición de válvulas reductoras de presión con accesorios y data loggers, registradores de presión y válvulas pilotos para control de caudales nocturnos.
Gestión comercial	7. Proyecto para el incremento y complementación del parque de micromedidores del sistema de agua potable Yaruquíes por cobertura y facturación 0 m ³ .
	8. Mejoramiento del laboratorio de ensayo de medidores.
	9. Diagnóstico y propuesta estratégica para minimizar la submedición, estimar perfiles de consumo y gestionar grupos el parque de medidores.

Fuente: Autora, 2022.

3.2 Descripción técnica

El plazo de ejecución se establece en base a la programación de las actividades y procedimientos de contratación, este se ajustará de acuerdo a la duración de las actividades planificadas conforme el requerimiento para la implementación de cada una de estas; mientras que, el monto referencial aproximado se ha especificado en base a un valor referencial que ha sido determinado conforme a las características de los materiales, equipos y mano de obra a utilizarse sin perjuicio de que sea susceptible de variación conforme los costos del mercado nacional e internacional en equipos tecnológicos.

3.2.1 Gestión operacional

La propuesta para la gestión operacional se enfoca a la red de distribución de agua potable Yaruquíes, para lo cual, se considera como línea base el análisis realizado al sector Y-2 de esta red. A continuación, se detalla lo siguiente:

Tabla 3.2 Descripción técnica del plan de inversiones para la gestión operacional.

Nombre del proyecto	Automatización de las mediciones de cantidad y calidad de pozos, tuberías y reservas existentes en el sistema de agua potable de Yaruquíes.
Descripción	Un elemento clave de esta actividad es el monitoreo del sistema, que nos permite conocer los cambios espaciales y temporales en la calidad y cantidad de distribución del agua. Para ello, se deben implementar elementos de recolección de datos y se deben enviar variables monitoreadas como tasa de producción del pozo, presión y válvulas al centro de control. Esto permite la telemetría y el control remoto del sistema.
Cobertura y ubicación	Dado que la población beneficiaria corresponde a 7341 usuarios de la red de distribución de agua potable Yaruquíes, se intervendrá la infraestructura en producción, tratamiento, almacenamiento y distribución existente.
Monto referencial aproximado	200 000
Plazo de ejecución	6 meses
Indicadores de incidencia	Porcentaje de agua no contabilizada
Nombre del proyecto	Repotenciación para programas de pérdida de agua (presurización, protección activa contra fugas, capex, centro de control).
Descripción	Repotenciar el programa de la Unidad de Gestión de Pérdidas, con la finalidad de disminuir el índice de agua no contabilizada. El proyecto involucra un programa de búsqueda sistemática de fugas con equipamiento adecuado, a través de rutas y diseños que toman en cuenta la sectorización establecida del, los tiempos de búsqueda, el trabajo nocturno y personal operativo (geofonadores).
Cobertura y ubicación	Dado que la población beneficiaria corresponde a 7341 usuarios de la red de distribución de agua potable Yaruquíes, se intervendrá la infraestructura en producción, tratamiento, almacenamiento y distribución existente.
Monto referencial aproximado	200000
Plazo de ejecución	12 meses
Indicadores de incidencia	Porcentaje de agua no contabilizada Cobertura de micro-medición
Nombre del proyecto	Implementación de telemetría y control remoto de la red de distribución de agua potable de Yaruquíes.
Descripción	El proyecto tiene por objeto realizar los servicios de suministro, instalación y mantenimiento de los sistemas de medición y telecontrol de los sistemas de producción y distribución de agua potable de la red de Yaruquíes. La implementación de telemetría incluye un sistema centralizado de monitoreo y control para la principal instalación de suministro de agua potable de Yaruquíes.
Cobertura y ubicación	Dado que la población beneficiaria corresponde a 7341 usuarios de la red de distribución de agua potable Yaruquíes, se intervendrá la infraestructura en producción, tratamiento, almacenamiento y distribución existente.
Monto referencial aproximado	130000
Plazo de ejecución	12 meses
Indicadores de incidencia	Porcentaje de agua no contabilizada Cobertura de micro-medición

Nombre del proyecto	Complementación de SIG y catastro técnico de la infraestructura agua potable de Yaruquíes.
Descripción	El catastro de la red es un sistema de registro y almacenamiento que contiene información sobre todos los detalles de ubicación y especificación de los elementos de agua que deben ser Se utiliza como herramienta de análisis, evaluación, construcción, desarrollo y desarrollo de programas de toma de decisiones relacionados con la operación y mantenimiento del sistema.
Cobertura y ubicación	Dado que la población beneficiaria corresponde a 7341 usuarios de la red de distribución de agua potable Yaruquíes, se intervendrá la infraestructura en producción, tratamiento, almacenamiento y distribución existente.
Monto referencial aproximado	50000
Plazo de ejecución	6 meses
Indicadores de incidencia	Porcentaje de agua no contabilizada
Nombre del proyecto	Registro de los volúmenes de agua cruda y tratada para el sistema de agua potable de Yaruquíes.
Descripción	La normativa vigente determina la obligación de la instalación de aparatos de medición que permitan medir el volumen de agua cruda, agua tratada y distribuida con el objetivo de establecer control y operatividad del sistema de agua potable para en lo posterior implementar mejoras en el servicio que brinden una mejor calidad que los usuarios necesitan. La EP EMAPAR al no disponer de aparatos de medición de caudales fijos que permitan determinar volúmenes de agua es necesaria la implementación de estos equipos y mediante el registro y transferencia de datos mantener el control adecuado del sistema de agua potable. Además, se permitirá obtener datos reales de volúmenes de agua para ser contrastados con la micro-medición, y mediante ello, conforme los resultados obtenidos, formular acciones de intervención, con el objetivo de reducir el Índice de agua no contabilizada y optimizar recursos.
Cobertura y ubicación	Dado que la población beneficiaria corresponde a 7341 usuarios de la red de distribución de agua potable Yaruquíes, se intervendrá la infraestructura en producción, tratamiento, almacenamiento y distribución existente.
Monto referencial aproximado	60000
Plazo de ejecución	4 meses
Indicadores de incidencia	Porcentaje de agua no contabilizada
Nombre del proyecto	Adquisición de válvulas reductoras de presión con accesorios y data loggers, registradores de presión y válvulas pilotos para control de caudales nocturnos.
Descripción	Se requiere suministrar el agua potable a sus habitantes con la cantidad, presión y constancia adecuada; es decir, que se cuente con el caudal necesario para cubrir la dotación y necesidad de cada habitante, además de que este caudal esté disponible durante las 24 horas del día y que el agua llegue con la presión adecuada para su uso.
Cobertura y ubicación	Dado que la población beneficiaria corresponde a 7341 usuarios de la red de distribución de agua potable Yaruquíes, se intervendrá la infraestructura en producción, tratamiento, almacenamiento y distribución existente.
Monto referencial aproximado	30000
Plazo de ejecución	2 meses
Indicadores de incidencia	Porcentaje de agua no contabilizada

Fuente: Autora, 2022.

3.2.2 Gestión comercial

La propuesta para la gestión comercial también se enfoca a la red de distribución de agua potable Yaruquies, para lo cual, se considera como línea base el análisis realizado al sector Y-2 de esta red; a continuación, se detalla lo siguiente:

Tabla 3.3 Descripción técnica del plan de inversiones para la gestión comercial.

Nombre del proyecto	Proyecto para el incremento y complementación del parque de micromedidores del sistema de agua potable Yaruquies por cobertura y facturación 0 m ³ .
Descripción	Los medidores son el componente básico para registrar el uso de agua, lo que le permite conocer el historial de suministro de agua de su hogar y cuantificar el uso a lo largo del tiempo. Por esta razón, cada hogar debe tener un medidor de agua potable que cumpla con las normas técnicas aplicables. Con la instalación de contadores se recupera una gran cantidad de agua potable y se suministra al sistema de abastecimiento, lo que mejora significativamente la presión en la red y aumenta el tiempo de suministro en las zonas no servidas.
Cobertura y ubicación	Dado que la población beneficiaria corresponde a 7341 usuarios de la red de distribución de agua potable Yaruquies, se intervendrá la infraestructura en producción, tratamiento, almacenamiento y distribución existente.
Monto referencial aproximado	200000
Plazo de ejecución	3 meses
Indicadores de incidencia	Índice de Agua No Contabilizada Cobertura de micromedición Eficiencia de recaudación
Nombre del proyecto	Mejoramiento del laboratorio de ensayo de medidores.
Descripción	Un medidor es un elemento fundamental para registrar el consumo de agua, ya que le permite conocer el historial de la cantidad de agua suministrada a su hogar y cuantificar su consumo a lo largo del tiempo. Se requiere un laboratorio de ensayo de materiales con la tecnología adecuada para establecer un control preciso del medidor.
Monto referencial aproximado	1'013 360
Plazo de ejecución	6 meses
Indicadores de incidencia	Satisfacción del usuario Eficiencia en la recaudación
Nombre del proyecto	Diagnóstico y propuesta estratégica para minimizar la submedición, estimar perfiles de consumo y gestionar grupos del parque de medidores.
Descripción	Consiste en realizar diagnósticos por sector y tipo de consumo de la submedida identificando la causa en base a indicadores. Además, los perfiles de los consumidores deben crearse de acuerdo con los sectores y categorías de consumidores, y los factores de coincidencia deben establecerse en consecuencia. Finalmente, la intervención sugerirá planes para el crecimiento e innovación del parque de medidores basados en criterios y volúmenes para maximizar el impacto en la escasez de los mismos.

Monto referencial aproximado	80000
Plazo de ejecución	3 meses
Indicadores de incidencia	Índice de Agua No Contabilizada

Fuente: Autora, 2022.

3.2.3 Detalle de los costos de inversión

A continuación, se presenta, un resumen del plan de inversión en la gestión operacional y comercial donde se detalla el tipo de inversión.

Tabla 3.4 Tipos de inversiones.

Ítem	Proyecto	Monto referencial	Tipo mejora	Tipo inversión
1	Automatización de las mediciones de cantidad y calidad de pozos, tuberías y reservas existentes en el sistema de agua potable de Yaruquíes.	\$200.000,00	Gestión técnica-operativa	equipamiento
2	Repotenciación para programas de pérdida de agua (presurización, protección activa contra fugas, capex, centro de control).	\$200.000,00	Gestión técnica-operativa	equipamiento
3	Implementación de telemetría y control remoto de la red de distribución de agua potable de Yaruquíes.	\$130.000,00	Gestión técnica-operativa	equipamiento
4	Complementación de SIG y catastro técnico de la infraestructura agua potable de Yaruquíes.	\$50.000,00	Gestión técnica-operativa	equipamiento
5	Registro de los volúmenes de agua cruda y tratada para el sistema de agua potable de Yaruquíes.	\$60.000,00	Gestión técnica-operativa	equipamiento
6	Adquisición de válvulas reductoras de presión con accesorios y data loggers, registradores de presión y válvulas pilotos para control de caudales nocturnos.	\$30.000,00	Gestión técnica-operativa	equipamiento
7	Proyecto para el incremento y complementación del parque de micromedidores del sistema de agua potable Yaruquíes por cobertura y facturación 0 m ³ .	\$200.000,00	Gestión técnica-operativa	infraestructura
8	Mejoramiento del laboratorio de ensayo de medidores.	\$1.013.360,00	Gestión comercial	infraestructura
9	Diagnóstico y propuesta estratégica para minimizar la submedición, estimar perfiles de consumo y gestionar grupos el parque de medidores.	\$80.000,00	Gestión comercial	infraestructura

Fuente: Autora, 2022.

3.2.4 Alternativas para la priorización de las inversiones

Dentro del plan de inversiones se identificaron proyectos prioritarios considerando los recursos económicos para la ejecución de los mismos, sin embargo, es importante señalar que en todos los proyectos son comunes las actividades para el mejoramiento de la gestión operacional y la gestión comercial. Realizados los análisis respectivos, se consideran tres escenarios de forma secuencial, en la siguiente tabla se identifican la priorización de las inversiones a realizar considerando la importancia y la generación del impacto.

Tabla 3.5 Escenario 1 para la priorización de inversiones.

ítem	Descripción	Tipo de pérdida	Monto referencial
4	Complementación de SIG y catastro técnico de la infraestructura agua potable de Yaruquíes.	pérdidas físicas	\$50.000,00
5	Registro de los volúmenes de agua cruda y tratada para el sistema de agua potable de Yaruquíes.	pérdidas físicas	\$60.000,00
7	Proyecto para el incremento y complementación del parque de micromedidores del sistema de agua potable Yaruquíes por cobertura y facturación 0 m ³ .	facturación - pérdidas comerciales	\$200.000,00

Fuente: Autora, 2022.

Tabla 3.6 Escenario 2 para la priorización de inversiones.

ítem	Descripción	Tipo de pérdida	Monto referencial
2	Repotenciación para programas de pérdida de agua (presurización, protección activa contra fugas, capex, centro de control).	pérdidas físicas	\$200.000,00
3	Implementación de telemetría y control remoto de la red de distribución de agua potable de Yaruquíes.	pérdidas físicas	\$130.000,00
6	Adquisición de válvulas reductoras de presión con accesorios y data loggers, registradores de presión y válvulas pilotos para control de caudales nocturnos.	pérdidas físicas	\$30.000,00

Fuente: Autora, 2022.

Tabla 3.7 Escenario 3 para la priorización de inversiones.

Ítem	Descripción	Tipo de pérdida	Monto referencial
1	Automatización de las mediciones de cantidad y calidad de pozos, tuberías y reservas existentes en el sistema de agua potable de Yaruquies.	\$200.000,00	Gestión técnica-operativa
8	Mejoramiento del laboratorio de ensayo de medidores.	\$1.013.360,00	Gestión comercial
9	Diagnóstico y propuesta estratégica para minimizar la submedición, estimar perfiles de consumo y gestionar grupos el parque de medidores.	\$80.000,00	Gestión comercial

Fuente: Autora, 2022.

3.2.5 Análisis económico escenario 1

A continuación, se muestra el análisis económico del escenario 1 y el tiempo de la recuperación de la inversión de los proyectos considerados de importancia:

Tabla 3.8 Detalle de costos

ítem	Descripción	Tipo de pérdida	Monto referencial	IVA	Costo total
4	Complementación de SIG y catastro técnico de la infraestructura agua potable de Yaruquies.	pérdidas físicas	\$50.000,00	\$6.000,00	\$ 56.000,00
5	Registro de los volúmenes de agua cruda y tratada para el sistema de agua potable de Yaruquies.	pérdidas físicas	\$60.000,00	\$7.200,00	\$67.200,00
7	Proyecto para el incremento y complementación del parque de micromedidores del sistema de agua potable Yaruquies por cobertura y facturación 0 m3.	facturación - pérdidas comerciales	\$200.000,00	\$24.000,00	\$224.000,00
Total			\$310.000,00	\$37.200,00	\$347.200,00

Fuente: Autora, 2022.

Los costos para operación y mantenimiento se estimaron en \$ 20.000,00.

Tabla 3.9 Cálculo de ingresos incrementales por facturación 0m³ y cobertura.

Linea base número de cuentas	7.341,00	Fuente Unidad de Catastro y Medición 2022
Cobertura de micromedición (Informe ARCA)	86%	
Numero de cuentas estimadas que disponen micromedidor	6.313	
Indicador de eficiencia del sistema de micromedicion (Informe ARCA)	94%	
Numero de cuentas estimadas que disponen micromedidor en buenas condiciones	5.934	
Numero de medidores requeridos en el primer año para completar el 100% de la cobertura actual	1.407	
Costo promedio del medidor	140	
Total de la inversión	196.980	
Cálculo del ingreso incremental		
Cuentas con consumo cero:		
Numero de usuarios residenciales	100,00	Fuente Unidad de Catastro y Medición 2022
Numero de usuarios comerciales e industriales	30,00	
Total de usuarios	130,00	
Volumen mensual promedio consumido categorial residencial	32,33	m3/mes
Volumen total anual consumido categoria residencial	2.848.329,43	m3/año
Porcentaje de disminucion de subsidio	10%	
Tarifa por cargo variable	0,49	(US/m3/mes)
Cargo por consumo variable para 32,35 m3/mes	11,62	US/mes
Ingreso incremental anual en dolares	13.944,00	US\$/año
Volumen mensual promedio consumido categorial no residencial	54,72	m3/mes
Volumen total anual consumido categoria no residencial	19.697,53	m3/año
Cargo por consumo variable para 54,72 m3/mes	36,40	US\$/mes
Ingreso incremental anual en dolares	13.104,00	US\$/año
Incremento total anual	27.048,00	US\$/año
Cuentas por error de submedición y cobertura:		
Número de usuarios	1.407	
Cargo por consumo variable para 32,35 m3/mes	11,62	US/mes
Recuperación del orden de 25%	4087,34	US/mes
Incremento total anual	142484,50	US/año
<i>Estos ingresos inician como flujo desde el final del año 1</i>		
<i>La inversion se hace desde el año cero</i>		
Total de inversión:	169.532,50	US/año
Total de inversión 10 años	1.695.324,98	US/10 años

Fuente: Autora, 2022.

Tabla 3.10 Flujo de la inversión.

RUBROS	AÑOS								
	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
INGRESOS									
Venta servicio	339.118,98	339.120,98	339.120,98	339.122,98	339.124,98	339.126,98	339.128,98	339.130,98	339.132,98
Valor residual	0								
TOTAL ING. (B)	339.118,98	339.120,98	339.120,98	339.122,98	339.124,98	339.126,98	339.128,98	339.130,98	339.132,98
EGRESOS									
Inversión	310.000,00								
Costos O&M	0	-	20.000,00	20.200,00	20.100,00	20.300,00	20.200,00	20.400,00	20.300,00
TOTAL COSTOS (C)	310.000,00	-	29.508,00	29.512,00	29.516,00	29.520,00	29.524,00	29.528,00	20.300,00
F.N.C. (B-C)	29.118,98	339.120,98	309.612,98	309.610,98	309.608,98	309.606,98	309.604,98	309.602,98	318.832,98

Fuente: Autora, 2022.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

En el análisis realizado al sector Y-2 de la red de distribución de agua potable Yaruquíes, se evidencia la falta de aparatos de medición que determinen el volumen de agua cruda, agua tratada y distribuida, lo cual no permite establecer mecanismos de control y operatividad adecuado del sistema de agua potable, incidiendo directamente en la estimación del porcentaje de agua no contabilizada.

Los modelos hidráulicos de redes de suministro son herramientas ideales para identificar problemas potenciales, así como para planificar adecuadamente las actuaciones que sean necesarias llevar a cabo en el futuro, de modo que, el grado de calibración del modelo va a depender siempre de la confiabilidad de la información de partida como el catastro de la red, modelo digital del terreno, demandas, conocimiento del funcionamiento del sistema, entre otras.

Dado que, el porcentaje de agua no contabilizada INAC se encuentra estimado por encima del 30% en el sector Y-2 debido a que se carece de macro-medicación a lo largo de la captación, conducción y distribución, es importante tener un registro volumétrico a partir de aparatos de medición colocados in situ, lo cual permitiría a la EP EMAPAR tener el volumen real de agua producida y distribuida en el sistema de agua potable Yaruquíes, ya que al tratarse de estimación de caudales, es importante que se confirme la adquisición de equipos de medición.

Es necesario mantener adecuadamente la sectorización de la red de distribución de agua potable Yaruquíes, con el fin de ejecutar acciones que permitan la recuperación de pérdidas físicas, el control de presiones y la rapidez y eficacia en la reparación de fugas visibles y la determinación de fugas no visibles, por tanto, se requiere mantener un registro de las válvulas instaladas con sus respectivas coordenadas a través de fichas de control.

El análisis oferta-demanda realizado para el sector Y-2, muestra que en los actuales momentos es posible cubrir la demanda máxima diaria que es óptimo.

Para el cumplimiento de los objetivos se requiere ejecutar los proyectos específicos en el ámbito operacional y comercial especialmente del escenario uno, que contribuirán de manera directa a la mejora operacional y comercial del sistema de agua potable Yaruquíes, dando una referencia del posible costo de inversión, operación y mantenimiento.

El flujo de la inversión realizada en el escenario uno, muestra la recuperación total de la inversión en el año número ocho y no en el año número 10 considerado inicialmente, debido a un ingreso incremental por colocación de micromedidores en cuentas con consumo $0m^3$ y una recuperación en el orden del 25% de los aparatos de medición instalados para completar la cobertura del servicio en la red de distribución Yaruquíes. Lo descrito influye en la medición real del índice de agua no contabilizada y con ello se pone a consideración viabilizar el retorno con otros proyectos de inversión descritos en los escenarios dos y tres.

Debe contarse con la información completa del catastro de redes de agua potable Yaruquíes y el método real de operación, ya que este debe ser validado mediante mediciones estratégicas, lo cual permite realizar modificaciones al modelo hidráulico, para poder simular la operación hidráulica del sistema mediante software o modelos digitales.

Es importante señalar que previo a la adquisición de medidores por parte de la EP EMAPAR, se debe realizar el análisis de perfiles de consumo, calidad de agua, pruebas de desgaste, entre otras consideraciones, con la finalidad de no emplear recursos económicos en la compra de aparatos de medición que no corresponde al sector, puesto que se pueden generar errores por submedición.

Al implementar las propuestas de mejora en la gestión operacional y comercial, se puede definir claramente el índice de agua no contabilizada en la red de distribución de

agua potable Yaruquíes, lo cual conlleva a que la empresa prestadora del servicio obtenga el índice real influyendo directamente en la recuperación de caudal y aumento de la cobertura del servicio.

4.2 Recomendaciones

Se recomienda que a través de la Dirección de Gestión de Operaciones se elaboren fichas técnicas de catastro para las válvulas, en las cuales se indique número de vueltas, coordenadas, material, diámetro, con la finalidad de verificar identificar la idoneidad del sistema.

Es necesario mantener un grupo de personas dedicadas y responsables de implementar todas las intervenciones estratégicas propuestas y, por ello, llevar un registro de las experiencias asociadas al manejo exitoso de la solución como capacitación de respuesta además de resolución de problemas para sistemas de agua potable.

En los ensayos realizados se identifican porcentajes de error fuera del rango - 5% de los equipos de medición, por tanto, se recomienda efectuar un plan de mantenimiento del parque de micromedidores instalados en el sector Y-2 a partir de 2000m³ de lectura, esto permitirá mejorar los índices de agua facturada y a la vez mitigará las pérdidas generadas por la ineficiencia del instrumento de medición.

Con el perfil de consumo levantado se recomienda la instalación un medidor tipo R315, tomando en cuenta que los medidores instalados actualmente en los predios son de tipo velocimétricos, los cuales tienden a fallar y aumentar su error de medición cuando quedan girados para la toma de lectura.

BIBLIOGRAFÍA

BENAVIDES, O. A. (DICIEMBRE de 2003). ASPECTOS TÉCNICOS DEL ÍNDICE DE AGUA NO CONTABILIZADA. *ASPECTOS TÉCNICOS DEL ÍNDICE DE AGUA NO CONTABILIZADA*. BOGOTÁ, COLOMBIA.

EMPRESA PÚBLICA EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE RIOBAMBA, D. D. (2008). *PARAMETROS DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA*. RIOBAMBA.

EP EMAPAR . (s.f.). *EP EMAPAR* . Obtenido de EP EMAPAR : <https://www.epemapar.gob.ec/>

EP-EMAPAR. (2020). *EP-EMAPAR*. Obtenido de EP-EMAPAR: <https://www.epemapar.gob.ec/>

Etapa EP . (2023). *Etapa EP*. Obtenido de Etapa EP: <https://www.etapa.net.ec/>

Uragentzia. (s.f.). *Uragentzia*. Obtenido de Uragentzia: https://www.uragentzia.euskadi.eus/contenidos/informacion/sistemas_control_tipos/es_def/adjuntos/hoja_informativa_Medidores_caudal.pdf

ANEXOS