



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE QUITO

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**CARACTERIZACIÓN DE LA CURVA DE CONSUMO DIARIO DE LA RED DE AGUA
POTABLE DEL BARRIO LA ESPERANZA, PARROQUIA DE SAN ROQUE DEL CANTÓN
ANTONIO ANTE, PROVINCIA DE IMBABURA**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero Civil

AUTOR: ELVIS WASHINGTON FLORES MONTALVO

TUTORA: VERÓNICA VALERIA YÉPEZ MARTÍNEZ

Quito - Ecuador
2026

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Elvis Washington Flores Montalvo con documento de identificación N° 1003563895 manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 10 de febrero del 2026

Atentamente,



Elvis Washington Flores Montalvo
1003563895

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN
A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Elvis Washington Flores Montalvo con documento de identificación N° 1003563895, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Proyecto Técnico: “Caracterización de la curva de consumo diario de la red de agua potable del barrio la Esperanza, parroquia de San Roque del cantón Antonio Ante, provincia de Imbabura”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Civil, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 10 de febrero del 2026

Atentamente,



Elvis Washington Flores Montalvo
1003563895

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Verónica Valeria Yépez Martínez con documento de identificación N° 1711285591, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: CARACTERIZACIÓN DE LA CURVA DE CONSUMO DIARIO DE LA RED DE AGUA POTABLE DEL BARRIO LA ESPERANZA, PARROQUIA DE SAN ROQUE DEL CANTÓN ANTONIO ANTE, PROVINCIA DE IMBABURA, realizado por Elvis Washington Flores Montalvo con documento de identificación N° 1003563895, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 10 de febrero del 2026

Atentamente,



Ing. Verónica Valeria Yépez Martínez, MSc.
1711285591

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi familia, quienes han sido un pilar fundamental en mi vida. Ellos nunca permitieron que me rindiera ante las dificultades que surgieron a lo largo de mi trayectoria estudiantil. Siempre estuvieron a mi lado, brindándome su apoyo incondicional y orientándome con sabiduría, lo que me permitió crecer como persona. Gracias a ellos, hoy soy el hombre que soy, lleno de principios y valores, con la firme creencia de que con esfuerzo y dedicación se pueden alcanzar todas las metas que uno se propone

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por darme salud, vida y la oportunidad de seguir adelante. Gracias a Él por haberme permitido nacer en una familia que, sin importar las dificultades que se presentaron, nunca dejó de apoyarme. Siempre estuvieron a mi lado, brindándome aliento, fuerzas y esperanza para continuar en cada paso de mi camino.

A mis padres, cuyo amor incondicional y sabias enseñanzas han sido mi guía constante. Ellos son mi ejemplo de perseverancia y dedicación, y cada día me ofrecieron palabras de aliento que me impulsaron a seguir adelante sin rendirme, hasta lograr alcanzar mis metas. Su apoyo ha sido fundamental en todo este proceso.

A mis hermanos, que siempre estuvieron ahí para brindarme consejos, motivación y comprensión. Gracias a su constante apoyo y aliento, pude mantenerme firme y enfocado en mis objetivos, sin perder la vista de lo que quería lograr. Son mi Fuente de inspiración y fortaleza.

ÍNDICE CONTENIDO

CAPÍTULO I	1
ANTECEDENTES Y GENERALIDADES	1
1.1 Introducción	1
1.2 Problema de Estudio.....	2
1.3 Antecedentes	2
1.4 Importancia y alcance.....	4
1.5 Delimitación	6
1.6 Justificación.....	2
1.7 Objetivos	3
1.7.1 Objetivo general	3
1.7.2 Objetivos Específicos	3
CAPÍTULO II	5
MARCO TEÓRICO	5
1.8 Conceptos de sistema de abastecimiento de agua potable	5
1.9 La Demanda y el Consumo de Agua Potable	7
1.9.1 Categorías de Consumo de Agua	7
1.9.2 Factores que afectan el consumo.....	9
1.9.3 Variación Temporal	10
1.10 Curva de consumo diario y coeficientes de variación.....	10

1.10.1	Variación de consumo.....	11
1.10.2	Caudal medio diario.....	11
1.10.3	Consumo máximo diario	11
1.10.4	Consumo máximo horario	13
1.10.5	Coefficiente de variación de consumo máximo.....	14
1.10.6	Curva de consumo diario.....	14
1.10.7	Patrones de Consumo	16
1.10.8	Teoría de la Demanda de Agua.....	17
1.11	Dotación y criterios normativos	17
1.11.1	Medidores de caudal	20
1.12	Tipos de medidores de caudal	20
1.12.1	Medidor de desplazamiento o volumétrico.	20
1.12.2	Medidor de turbina o velocidad.....	21
1.12.3	Medidor Chorro Único	21
1.12.4	Medidor de chorro múltiple.....	22
1.13	Métodos estadísticos	23
1.13.1	Coefficiente de correlación de Pearson:	23
1.13.2	Distribución de Gumbel.....	24

CAPÍTULO III	25
METODOLOGÍA	25
1.14 Tipo y enfoque de investigación	25
1.14.1 Investigación cuantitativa	25
1.15 Población y muestra	27
1.15.1 Población	27
1.15.2 Muestra	28
1.16 Equipos e instrumentos	29
1.16.1 Medidor de Agua de Chorro Simple (MEDIDOR BAR)	29
1.16.2 Características.....	31
1.16.3 Cámara fotográfica	32
1.16.4 RTK ((Real Time Kinematic): Cinemática en tiempo real.	33
1.17 Procedimiento de medición.....	39
CAPITULO IV	41
DIAGNÓSTICO DE LA RED DE AGUA POTABLE DEL BARRIO LA “ESPERANZA”	41
1.18 Contextos de Barrio la Esperanza.....	42
1.19 Localización geográfica del tanque para el barrio la “Esperanza”.....	45
CAPÍTULO V	48
ANÁLISIS DEL SECTOR EN ESTUDIO	48

1.21	Descripción de sector en estudio	48
1.22	Sector rural de la Parroquia San Roque Barrio la “Esperanza”	49
1.23	Identificación de problemas	50
1.24	Recolección de Información.....	51
1.25	Medición diaria de volúmenes de aguas potable por medidor	52
1.26	Consumo diario	56
1.26.1	En las columnas	56
1.26.2	Filas	56
1.27	Consumo semanal	62
1.27.1	En las columnas	62
1.27.2	En las filas	62
1.28	Consumo per cápita lts/habitante/día	66
1.28.1	En las columnas	67
1.28.2	En las filas	67
1.29	Extrapolación de consumos medios diarios	71
CONCLUSIONES		79
RECOMENDACIONES		80
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		82

ANEXOS84

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Puntos delimitantes del área de estudio</i>	1
Tabla 2. <i>Niveles de servicio para sistemas de abastecimiento de agua, disposición de excretas y residuos líquidos</i>	18
Tabla 3. <i>Dotaciones de agua para los diferentes niveles de servicio</i>	19
Tabla 4. <i>Dotaciones recomendadas</i>	19
Tabla 5. <i>Coordenadas de la ubicación del tanque de abastecimiento para la zona de estudio</i> ...	46
Tabla 6. <i>Datos del registro de consumo diario de los medidores (m³)</i>	53
Tabla 7. <i>Registro de datos tabulados por fechas de inicio y fecha de fin (m³/día)</i>	54
Tabla 8. <i>Registro de datos por fechas de toma de datos (m³/día)</i>	57
Tabla 9. <i>Datos promedios calculados en orden de cada medidor. (m³/día), (l /día)</i>	58
Tabla 10. <i>Ordenamiento de datos de consumo medio diarios en litros (lts)</i>	59
Tabla 11. <i>Cálculos de los valores de consumos por semana (m³), (lts)</i>	61
Tabla 12. <i>Valores semanales de consumo promedio diario. (m³/día), (lts/día)</i>	63
Tabla 13. <i>Valores semanales de consumo promedio diario para realización de gráfica</i>	68
Tabla 14. <i>Apreciación de los valores de consumo promedio diario (lts/día)</i>	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Zona de estudio</i>	7
Figura 2. <i>Curva de consumo diario típica</i>	24
Figura 3. <i>Medidor para instalaciones de uso doméstico</i>	29
Figura 4. <i>Medidor para instalaciones de uso doméstico de ½ plg.</i>	31
Figura 5. <i>Medidor para instalaciones de uso doméstico de ½ plg.</i>	32
Figura 6. <i>Ubicación del tanque de abastecimiento de agua potable</i>	39
Figura 7. <i>Distancia de tubería desde tanque de almacenamiento de agua potable hasta la zona de estudio</i>	40
Figura 8. <i>Medidores de ½ plg instaladas en los domicilios de la zona de estudio</i>	47
Figura 9. <i>Equipo topográfico RTK</i>	50
Figura 10. <i>Levantamiento topográfico con RTK, de la zona de estudio</i>	52
Figura 11. <i>Tipos de medidores identificados en la zona de estudio</i>	53
Figura 12. <i>Los componentes de lectura del medidor</i>	54
Figura 13. <i>Ubicación de San Roque en el mapa.</i>	57
Figura 14. <i>Ubicación de San Roque en el mapa.</i>	59
Figura 15. <i>Variación de consumo diario del barrio la Esperanza</i>	73
Figura 16. <i>Variación de consumo diario del barrio la Esperanza (%)</i>	79
Figura 17. <i>Curva de persistencia de consumo</i>	84
Figura 18. <i>Levantamiento topográfico de la vía de estudio</i>	94
Figura 19. <i>Toma de puntos con RTK.</i>	94
Figura 20. <i>Toma de medidas de vía de estudio</i>	95

Figura 21. <i>Toma de datos</i>	95
Figura 22. <i>Revisión de consumo de agua de medidores</i>	96
Figura 23. <i>Recolección de datos de consumos diarios de agua.</i>	96
Figura 24. <i>Recolección de datos de consumos diarios de agua</i>	97
Figura 25. <i>Identificación de medidor tipo Saga.</i>	97
Figura 26. <i>Identificación de medidor tipo Bar Meters</i>	98
Figura 27 . <i>Identificación de medidor</i>	98

RESUMEN

La red de agua potable de La Esperanza, en la parroquia San Roque del cantón Antonio Ante (provincia de Imbabura), cuenta con dos tanques de almacenamiento, que son gestionados por la comunidad. La gestión del servicio enfrenta problemas de demanda debido al crecimiento poblacional. Esto, en el contexto de la necesidad de la gestión elabore el Plan Operativo y las mejoras de la gestión. por ello, el presente proyecto técnico se ocupa de caracterizar la curva de del consumo diario de la red de agua potable del barrio, con el fin de determinar el comportamiento de la demanda y el suministro en el sector.

La metodología incluyó recopilación de información a través del registro del consumo de lecturas diarias de los medidores, y estimación del consumo per cápita basado en el número de residentes. Dados los datos recolectados, se realizó un análisis descriptivo estadístico, que se representó a través de tablas y diagramas, así como la identificación de patrones de consumo de mayor demanda. Además, se elaboraron planos del área de estudio con la ubicación de los medidores.

Los resultados muestran un el valor promedio de consumo diario de 1.164,58 lts/habitante/día. Durante la semana, el mayor consumo se registró el jueves con 1.416,67 Litros, y el día de menor consumo en la semana es el día viernes con 900,00 litros de agua consumidas. Los resultados obtenidos son una base técnica para mejorar la operación comunitaria del sistema y apoyar la gestión, el control de la demanda y la planificación de infraestructuras.

Palabras claves: Demanda, Abastecimiento, Escasez, Infraestructura, Planificación.

ABSTRACT

The potable water network of La Esperanza, located in the San Roque parish of Antonio Ante canton (Imbabura province), has two storage tanks managed by the community. The service management faces demand challenges due to population growth. Within the context of the need for an Operational Plan and management improvements, this technical project aims to characterize the daily consumption curve of the neighborhood's water network to determine demand and supply patterns in the sector.

The methodology included data collection through daily meter readings and the estimation of per capita consumption based on the number of residents. Based on the collected data, a descriptive statistical analysis was performed, represented through tables and diagrams, identifying peak demand consumption patterns. Furthermore, maps of the study area were developed, including the location of the water meters.

The results show an average daily consumption value of 1,164.58 liters/inhabitant/day. During the week, the highest consumption was recorded on Thursday with 1,416.67 liters, while the lowest consumption occurred on Friday with 900.00 liters. These results provide a technical foundation to improve the community operation of the system and support management, demand control, and infrastructure planning.

Keywords: Demand, Supply, Scarcity, Infrastructure, Planning.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES Y GENERALIDADES

1.1 Introducción

El acceso de agua potable segura es fundamental para la salud pública, y es un derecho esencial para el progreso de las comunidades y su crecimiento sostenibles. Desde esta perspectiva, la fiabilidad del servicio está determinada por la capacidad de respuesta del sistema, que depende de la habilidad para gestionar efectivamente la planificación, operación y mantenimiento de la infraestructura para asegurar que el servicio se proporcione de manera sostenible y eficiente.

Sustento técnico y estudios previos, en los sistemas de suministro, de la curva de consumo diario es una de las variables más importantes necesarias para analizar los patrones de comportamiento de la demanda a lo largo del tiempo, identificando horas y días pico, estimando caudales de diseño y optimizando la operación de tanques y redes de distribución. Además, el análisis de la curva de consumo diario permite anticipar el potencial de sobrepresión hidráulica, minimizar pérdidas operativas y justificar la demanda de expansión, rehabilitación o mejora de componentes del sistema. En este sentido, contar con datos de consumo accesibles, organizados y sistematizados mejora la gestión de recursos, especialmente para redes que involucran gestión comunitaria o tienen restricciones de infraestructura.

Contexto local y justificación del estudio, la población, se abastece del sistema de agua potable de la infraestructura que, por la evolución del consumo y el crecimiento poblacional, se encuentra sometida a nuevas y crecientes presiones. Para el cumplimiento de este objetivo, se realizó este estudio para la caracterización de la curva de consumo diario del sector la recolección

y análisis de los consumos de hogares seleccionados para el diseño de un perfil de la población en el sistema y para la mejora de la continuidad en el servicio.

Aporte esperado, la información generada será de gran utilidad para la administración del sistema en la parroquia, ya que brinda insumos para la gestión, el control de la demanda, la programación de la operación, la planificación de ajustes, así como los parámetros y los consumos para la planificación de los periodos. Además, la información se podrá utilizar para la definición de la base técnica para la planificación de la ampliación y de la optimización de la infraestructura de agua potable en la parroquia y en las zonas circundantes.

1.2 Problema de Estudio

1.3 Antecedentes

Aunque El consumo de agua potable es una preocupación generalizada, especialmente considerando su creciente demanda impulsada por el aumento poblacional y la variabilidad climática. La reducción en el caudal de los afluentes de agua, combinada con el incremento de usuarios, pone de manifiesto la vulnerabilidad del sistema de abastecimiento actual y la necesidad de una gestión más eficiente de este recurso. Las comunidades rurales, en particular, enfrentan dificultades en la administración del agua potable debido a factores como el crecimiento poblacional, la localización geográfica de los recursos y la infraestructura limitada. En este contexto, resulta fundamental caracterizar el uso del agua para adecuar la oferta a la demanda y organizar de forma adecuada el desarrollo de la infraestructura (Join For Water, 2018).

Diversos estudios han analizado los patrones de uso de agua en zonas residenciales con el objetivo de prever las demandas futuras y optimizar la eficiencia en la distribución. Estas

investigaciones utilizan herramientas estadísticas para identificar patrones de consumo, lo cual resulta esencial para mejorar la gestión de las redes de distribución. La relación entre el aumento de la población y el uso del agua potable es una temática recurrente tanto en estudios urbanos como rurales, ya que los cambios en la población, el uso del suelo y la variabilidad climática afectan tanto el comportamiento de la curva de consumo diario como los caudales máximos en las redes de distribución. En Ecuador, investigaciones recientes han caracterizado el consumo en los hogares y la curva de demanda, revelando que los patrones de consumo varían según el tamaño del asentamiento, las costumbres locales, las condiciones externas y eventos como la pandemia de COVID-19 (Ramos, 2020).

Este estudio se enfoca en la parroquia de La Esperanza, ubicada en el cantón Antonio Ante, provincia de Imbabura, caracterizada por su población mayoritariamente indígena y actividades agrícolas y artesanales. Según el censo de 2020, el cantón de Imbabura cuenta con 45.184 habitantes y una alta densidad poblacional, distribuidos en 79 km². La Esperanza se localiza en una zona con expansión de carreteras y urbanización, lo que ha incrementado la demanda de agua potable. La falta de estudios específicos sobre la curva de consumo diario en esta comunidad destaca la necesidad de realizar esta caracterización para mejorar la planificación y gestión de la infraestructura hídrica local, alineándose con los asentamientos rurales de Ecuador.

La organización adecuada de las redes de agua potable es esencial para garantizar el abastecimiento frente al crecimiento poblacional y la creciente demanda de agua. El análisis de las curvas de consumo constituye una herramienta clave para anticipar las necesidades de infraestructura y prevenir crisis de abastecimiento (Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC], 2021).

1.4 Importancia y alcance

Con el fin de lograr una gestión óptima de los recursos hídricos en la comunidad de La Esperanza, es necesario caracterizar la curva de consumo diario en la red de agua potable del sector. Los datos de consumo registrados ayudaran a las autoridades locales pronosticar la demanda, identificar variaciones diarias y estacionales, y asistir en la planificación técnica de la infraestructura de agua potable, evitando problemas de escasez o derroche.

El estudio de la curva de consumo diario en este documento se basa en el registro de caudales diarios en la red de distribución obtenidos de los medidores de agua instalados en puntos representativos del sistema. Estos medidores fueron monitoreados sus consumos durante varios días consecutivos. A partir de estos registros, se calculan los caudales promedios diarios, así como los caudales máximos y mínimos diarios, con el fin de determinar factores de variación diaria y construir una curva que represente el comportamiento del consumo de agua en la comunidad. Este método ha sido utilizado en estudios recientes en contextos ecuatorianos similares para la caracterización del consumo residencial y la provisión de insumos más realistas para la planificación y gestión de sistemas de agua potable (Macas Vilema & Rodas Mayorga, 2023).

La importancia de este tipo de estudios en las comunidades radica en que el crecimiento poblacional y los cambios socioeconómicos afectan la magnitud y variabilidad del consumo diario de agua, lo que a su vez puede ejercer presiones sobre la infraestructura existente o, en otros casos, su subutilización. Estudios recientes muestran que, en zonas urbanas y rurales de Ecuador, la demanda diaria de agua potable presenta variaciones significativas que están relacionadas con los patrones de uso doméstico, el tamaño del hogar y factores externos, como cambios en la dinámica social y de salud (Zúñiga, Izurieta & Arellano, 2023).

Este estudio limita su alcance a la caracterización de la curva de consumo diario en el barrio de La Esperanza, con el fin de proporcionar datos relevantes para futuras planificaciones, optimización operativa y, si es necesario, el rediseño de la red de agua potable, tal como se espera que sea ejecutado por las autoridades pertinentes.

Analizar el consumo diario es esencial para planificar la expansión de la red de distribución, gestionar la capacidad de almacenamiento y formular estrategias para el uso eficiente del agua. Los datos obtenidos proporcionarían una base técnica para la toma de decisiones en la gestión de proyectos de suministro de agua potable en entornos rurales y periurbanos.

El estudio analizará el consumo diario de agua de hogares seleccionados que son representativos de la comunidad. La selección de estos hogares se basa en criterios técnicos y sociodemográficos, como su ubicación dentro de la red de distribución, tipo de vivienda, tamaño del hogar y actividad económica predominante. La validez de los datos se asegura a través de la recolección continua de información diaria, el análisis de valores atípicos y la detección de fugas dentro de los puntos de control del sistema. Además, serán informados los participantes del estudio sobre los objetivos del mismo para minimizar cualquier cambio anómalo en los comportamientos de consumo.

El método utilizado se centra en el análisis de series de tiempo, que sirven para construir curvas promedio de consumo diario, distinguiendo entre días de semana y fines de semana. A partir de estos datos, se calculan indicadores como caudal promedio diario, caudales máximos y mínimos diarios, y factores de variación, los cuales describen la relación entre el caudal máximo y mínimo en comparación con el caudal promedio.

El proyecto técnico tiene como objetivo caracterizar los caudales máximos y mínimos diarios que definen la demanda en la red de distribución de agua potable, basado en datos recopilados de los medidores de agua instalados en los hogares seleccionados. Los resultados obtenidos se utilizarán para optimizar el diseño y la gestión de la infraestructura de la red de agua potable, asegurando su capacidad para satisfacer las demandas futuras, tanto en términos de crecimiento poblacional como en cambios en los patrones de consumo debido a factores socioeconómicos y climáticos.

El análisis de los datos permitirá proyectar la demanda futura y ajustar el diseño de la infraestructura, minimizando el riesgo de subdimensionar o sobredimensionar los caudales de diseño. Los resultados de este estudio también contribuirán a la mejora de la red de suministro de agua potable, promoviendo un uso más eficiente de los recursos, la implementación de políticas de conservación, y el diseño de estrategias como la gestión de presión, sectorización y campañas de uso responsable. Además, la experiencia adquirida puede servir como referencia para otras comunidades rurales y semiurbanas de la provincia de Imbabura y del país. (Ramos, 2020; Macas Vilema & Rodas Mayorga, 2023; Avalos & Oleas Morales, 2023; Zúñiga, Izurieta & Arellano, 2023).

1.5 Delimitación

A la zona en la que se determinará los caudales de consumo diario se ubicará geográficamente en el barrio.

Tabla 1.

Puntos delimitantes del área de estudio

PUNTO	NORTE	OESTE
P1	0°18'0.85"	78°13'52.18"
P2	0°18'3.29"	78°13'56.55"
P3	0°18'0.41"	78°13'57.49"
P4	0°17'58.45"	78°13'53.98"

Nota. Ubicación geográfica del área de estudio. Elaborado por: El autor.

Los límites del análisis de estudio se detallan en la Figura 1 y están comprendidos en las siguientes coordenadas como se observa en la Tabla 1.

Figura 1.

Zona de estudio



Nota. Delimitación del área de estudio. Línea roja delimita el área de estudio que se ubica sobre el barrio. Elaborado por: El autor a través de Google Earth Pro.

1.6 Justificación

La justificación de esta investigación radica por la carencia de información técnica de tipo demanda de agua potable en el sector. La falta de una caracterización de la curva de consumo diario restringe el nivel de gestión de los sistemas, más aun considerando el estado actual del crecimiento de la población y el aumento del consumo del agua. Disponer de parámetros confiables de consumo, en gran medida, disminuye la incertidumbre de la toma de las decisiones, así como de la gestión de recurso hídrico.

La utilidad de la caracterización de la curva de consumo diario a la Junta de Agua Potable, así como a los usuarios del servicio les ayudara a poder identificar los períodos de mayor y menor demanda. La información de consumo de agua, en gran medida, mejora la distribución del servicio de agua, permitiendo evitar la sobrecarga en el bombeo y la distribución, optimizando la gestión de almacenamiento correcto del recurso hídrico.

Detectar comportamientos anómalos e inconsistencias que podrían estar relacionadas con pérdidas en la red, fugas o consumos anormales puede ser identificado a través del análisis de consumo variable de agua. Tener evidencia objetiva sobre estas variaciones permite definir enfoques de intervenciones, inspecciones y prioridades de mantenimiento, así como guiar acciones de concienciación sobre el uso responsable y económico del agua y evitar el desperdicio, especialmente en situaciones de escasez de agua.

Los resultados del estudio serán útiles no solo para el diagnóstico del barrio, sino también como base para la planificación de mejoras y futuras ampliaciones de la infraestructura de suministro y distribución. En este sentido, la investigación contribuye al fortalecimiento de la

gestión local de los recursos hídricos y al mantenimiento de la sostenibilidad del servicio en las comunidades rurales y semiurbanas con características similares.

1.7 Objetivos

1.7.1 Objetivo general

Caracterizar la curva de consumo diario de la red de agua potable del barrio La Esperanza, parroquia San Roque, cantón Antonio Ante, provincia de Imbabura, mediante el análisis de datos de caudal y consumo recolectados en campo, para identificar cómo varía el consumo de agua y mejorar su uso y distribución.

1.7.2 Objetivos Específicos

Realizar la georreferenciación del sector de estudio, identificando y caracterizando la zona residencial del barrio La Esperanza en términos de su distribución territorial, densidad poblacional, tipo de viviendas y cobertura del sistema de agua potable.

Obtener los patrones de consumo diario de los usuarios de la red de agua potable, mediante el análisis de registros de caudal, para lograr una concientización del uso del agua.

Digitalizar la información y los resultados obtenidos utilizando herramientas informáticas, para facilitar el análisis detallado y permitir la presentación clara y ordenada de los datos en formatos accesibles.

Obtener las curvas de consumo diario de la red de agua potable, a partir de los datos de caudal recolectados en campo, y presentar los resultados mediante gráficas que permitan visualizar y comprender los patrones de demanda, con el fin de promover un plan de contingencia para mejorar el uso responsable del agua.

Realizar charlas de concientización sobre el uso responsable del agua, mediante la exposición de los resultados y conclusiones del proyecto de titulación e imágenes didácticas, para lograr disminuir la frecuencia de cortes en el suministro de agua potable y puedan contar con este servicio básico. Caracterizar la curva de consumo diario de la red de agua potable del barrio La Esperanza, parroquia San Roque, cantón Antonio Ante, provincia de Imbabura.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

Un recurso clave para la vida y el desarrollo de comunidades es la gestión del agua potable. La Organización Mundial de la Salud (2022) enfatiza cuán crítico es gestionar el agua potable comunitaria, especialmente cuando la disponibilidad de agua y la demanda están presionadas simultáneamente debido a factores demográficos y ambientales.

En los sistemas de suministro, la provisión sostenible de un servicio no depende únicamente de la disponibilidad de una fuente, sino también de la capacidad de gestión de la infraestructura para responder a los cambios en la demanda a lo largo del tiempo. En este contexto, la curva de consumo diario caracteriza cómo cambia el consumo a lo largo del día y proporciona parámetros que son útiles para la planificación y gestión operativa de los componentes del sistema de abastecimiento de agua potable (Macas Vilema & Rodas Mayorga, 2023).

Este marco teórico integra y sistematiza los conceptos de sistemas de suministro, demanda y consumo, variabilidad temporal, curvas de consumo, y coeficiente de variación con el fin de sostener la interpretación técnica de los datos recopilados e integrar los resultados con criterios de gestión y mejora del servicio.

1.8 Conceptos de sistema de abastecimiento de agua potable

De manera general, un sistema de abastecimiento de agua potable comprende cuatro elementos principales: captación, conducción, almacenamiento y distribución. La manera en la cual cada componente del sistema opera implica de manera directa como la demanda (y las variaciones temporales de esta) afecta la operación del sistema y los requerimientos del diseño. (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2022).

Ñ **Captación:** se refiere al recurso que es obtenido de la fuente, ya sea superficial o subterránea. La confiabilidad de la captación depende de la disponibilidad del recurso, variabilidad estacional y de la protección sanitaria de la fuente (OMS, 2022).

Ñ **Conducción:** en esta etapa se transporta la captación hacia el tratamiento o el almacenamiento, y para eso se construyen obras y tuberías. La conducción se caracteriza por asegurar el traslado del caudal con pérdidas y riesgos que se consideren mínimos (OMS, 2022).

Ñ **Almacenamiento:** en esta etapa se compensan las diferencias entre oferta y la demanda a lo largo del día a través de la regulación de reservorios o tanques. Los reguladores permiten atender los picos de consumo, estabilizar las presiones y mejorar la continuidad del servicio (OMS, 2022).

Ñ **Distribución:** en esta etapa se entrega el agua a los usuarios finales a través de una red y ramales. La distribución se relaciona con presiones adecuadas, y el control de fugas y pérdidas (OMS, 2022).

Un sistema de abastecimiento de agua potable incorpora componentes y procesos diseñados para capturar, transportar, tratar, almacenar, distribuir y entregar agua a los usuarios en las condiciones apropiadas de cantidad y calidad (OMS, 2022). Hablando en términos generales, la captación corresponde a la obtención del recurso de una fuente (superficial o subterránea), la conducción transporta el caudal hacia el tratamiento o el almacenamiento, y los tanques realizan una función reguladora estratégica, compensando las fluctuaciones en la oferta y la demanda.

La red de distribución es el elemento que proporciona el servicio al usuario final, y su rendimiento se determina por variables hidráulicas (caudal disponible, presiones y pérdidas) y operativas (continuidad del suministro, tiempo de suministro y mantenimiento).

En sistemas comunitarios o sistemas con infraestructura limitada, el conocimiento del comportamiento real de la demanda es particularmente relevante para mitigar el riesgo de déficit en horas pico y mejorar la programación operativa del sistema.

1.9 La Demanda y el Consumo de Agua Potable

Dentro del contexto de suministro, el consumo se refiere a la cantidad de agua que los usuarios utilizan durante un período definido, mientras que la demanda se refiere al flujo de agua solicitado relacionado con ese consumo y su variación a lo largo del tiempo. La demanda no es constante, varía dependiendo de patrones de comportamiento, actividad económica, condiciones climáticas, el número de personas en un hogar y las características del servicio proporcionado. Por lo tanto, su análisis implica escalas de tiempo (horas, días, semanas y estaciones) (OMS, 2022).

En Ecuador, se ha documentado la variabilidad del consumo de agua residencial en diferentes contextos, incluida la variabilidad del consumo de agua en el sector residencial durante la pandemia de COVID-19. Esto subraya la necesidad de caracterizar los patrones de consumo para apoyar decisiones operativas y de planificación (Zúñiga, Izurieta, & Arellano, 2023).

1.9.1 Categorías de Consumo de Agua

El consumo de agua se puede categorizar en función del usuario final, lo que permite describir la estructura de la demanda del sistema:

1.9.1.1 Consumo comercial

Este tipo de consumo está vinculado con la compra de productos o servicios realizados por empresas o negocios para cubrir las demandas de sus actividades cotidianas o para la comercialización de productos al público. Respecto a el agua, el consumo comercial incluye la cantidad de agua empleada por negocios, tiendas, oficinas, restaurantes, hoteles y otras entidades

que no pertenecen al sector residencial o industrial (Macas Vilema & Rodas Mayorga 2023). Está vinculado a actividades comerciales y de servicios (tiendas, restaurantes, oficinas y hospedaje), con patrones horarios diferentes de los residenciales (Macas Vilema & Rodas Mayorga, 2023).

1.9.1.2 Consumo industrial

Es el agua empleada en procedimientos industriales debe satisfacer determinados estándares de calidad. Adicionalmente, el consumo industrial comprende la utilización de agua en los procesos de fabricación, producción, enfriamiento y mantenimiento en las industrias. El uso de agua para propósitos industriales puede ser considerable y necesita ser administrado correctamente para prevenir la sobreexplotación de recursos acuáticos y asegurar el correcto tratamiento de las aguas residuales (NTE INEN 1108).

1.9.1.3 Consumo doméstico

El uso doméstico implica la utilización del agua para propósitos personales en los hogares, abarcando acciones como el consumo directo de agua para beber, cocinar, higiene personal, limpieza del hogar y otros usos parecidos. En Ecuador, las regulaciones específicas que rigen el uso doméstico de agua garantizan que el agua empleada en los hogares sea segura para la salud humana y respete los estándares de calidad fijados por las autoridades pertinentes según la (NTE INEN 1108). Este es el uso de agua en el hogar, incluyendo beber, preparación de alimentos, higiene personal y limpieza del hogar (OMS, 2022).

1.9.1.4 Consumo institucional

El consumo institucional implica la utilización del agua en instituciones y entidades públicas o privadas, tales como oficinas del gobierno, escuelas, universidades, hospitales, entidades bancarias, entre otras (NTE INEN 1108). Incluye el uso dentro de entidades públicas o privadas

(escuelas, centros de salud y oficinas), generalmente concentrados dentro del horario laboral (OMS, 2022). Incluye el uso en actividades productivas (manufactura, enfriamiento y limpieza industrial), que puede requerir algunas condiciones de calidad específicas de acuerdo con la regulación aplicable (Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN], 2014).

1.9.2 Factores que afectan el consumo

El consumo de agua potable en comunidades rurales y semiurbanas puede depender de una variedad de factores. En cuanto a los más importantes, se pueden mencionar las variables del hogar, el nivel y las prácticas socioculturales, la continuidad y el tipo de servicio de almacenaje, el uso del suelo y las variables climáticas. En el caso de lo rural, la variabilidad de las fuentes de agua y la estacionalidad de las lluvias afectan tanto la oferta como la demanda del recurso, lo que provoca la necesidad de ajustes operativos en los sistemas de abastecimiento (IPCC, 2022).

El consumo de agua está influenciado por factores: demográficos, como el número de personas que viven por hogar dentro de la población, condicionan el consumo diario de agua (INEC, 2021). Factores socioeconómicos El nivel socioeconómico de los residentes determina la capacidad de pago por servicios de agua y el acceso a tecnologías que mejoran el uso eficiente del recurso (Martínez et al., 2020). La infraestructura, la calidad de las redes, continuidad del servicio y presencia de fugas también es determinante en el nivel de consumo diario de agua registrado (González & López, 2019). Finalmente, los factores culturales, las costumbres y prácticas relacionadas con el uso del agua, como la higiene, saneamiento y actividades domésticas influyen directamente en el consumo diario de agua (Burgos & Salazar, 2020).

1.9.3 Variación Temporal

El patrón de la demanda de consumo de agua potable no es uniforme a través del tiempo. En los sistemas de abastecimiento a nivel residencial, el consumo diario puede tener variaciones significativas, las cuales pueden presentar cambios de un día a otro, y que están relacionadas a rutinas domésticas, actividades económicas del lugar y condiciones del servicio. Estas variaciones son más evidentes si se comparan los días laborables y los fines de semana, y entre las estaciones secas y lluviosas. El consumo diario se afecta en los diferentes momentos del año por cambios en la temperatura, la disponibilidad de fuentes de agua, y los cambios en la estructura de la población. Las fluctuaciones estacionales son evidentes, durante los períodos secos o en los momentos de más alta actividad productiva, la demanda diaria de agua potable tiende a incrementarse, y durante las lluvias, esta se estabiliza o tiende a decrecer (OMS, 2022; IPCC, 2022).

1.10 Curva de consumo diario y coeficientes de variación

La curva de consumo diario es el comportamiento de la demanda a lo largo del tiempo durante el día y se expresa generalmente en consumo o caudal (volúmenes) a lo largo de un periodo de tiempo (horario u otros intervalos). Es útil para determinar patrones, horas de demanda máxima y periodos de bajo consumo para mejorar, por ejemplo, el almacenamiento y la programación de la distribución (Macas Vilema & Rodas Mayorga, 2023).

Los valores que se aplican en el análisis en la demanda se basan en datos de caudales como el caudal medio, caudal máximo diario y caudal máximo horario, ya que estos reflejan el nivel de exigencia o nivel de estrés que se pone sobre el sistema. A estos datos se les asocian coeficientes o relacionados a variación, que son factor que relacionan, en función de extremos, el consumo a un nivel promedio.

1.10.1 Variación de consumo

Un sistema de abastecimiento de agua potable es considerado eficiente cuando responde de la mejor manera a los cambios en el consumo diario de la población a la que sirve. Para diseñar adecuadamente sus distintos componentes, es necesario entender las fluctuaciones en el consumo mensual, diario y horario, así como su efecto en cada parte del sistema: captación, conducción, almacenamiento y distribución.

1.10.2 Caudal medio diario

El caudal medio diario de agua potable hace referencia al volumen promedio de agua potable utilizado por un individuo, vivienda, comunidad o entidad durante un año. Este parámetro es crucial para la planificación y administración de los recursos hídricos, ya que permite establecer la necesidad de agua en una zona y garantizar que haya suficiente suministro para satisfacer las demandas de los habitantes (Mastrorillo et al., 2016).

La expresión que se utiliza para calcular el caudal medio diario (en m³/s) es la siguiente.

$$Q = \frac{q N}{1000 * 86400}$$

Donde:

q : dotación tomando de la Tabla 3. en lts/habitante/día.

N = número de habitantes.

1.10.3 Consumo máximo diario

El consumo máximo diario corresponde al día con el mayor volumen de agua consumido dentro de un período de análisis, generalmente considerado como un año (365 días). A partir de

este valor, se define el caudal máximo diario $Q_{\text{máx}} .d$ que se obtiene multiplicando el caudal medio diario por el coeficiente de consumo máximo diario.

$$Q_{\text{máx}} .d = k_{\text{máx}} .d * Q_{\text{md}}$$

Donde:

$k_{\text{máx}} .d$: Coeficiente de variación de consumo máximo diario.

Donde:

$k_{\text{máx}} .d$ es el coeficiente que expresa la relación entre el consumo medio y el día de mayor demanda.

Las normativas técnicas para el diseño de sistemas de agua potable recomiendan trabajar con rangos típicos de este coeficiente. El Código Ecuatoriano de la Construcción para sistemas de abastecimiento de agua potable establece valores para $K_{\text{máx}} .día = 1,3 - 1,5$ respecto al caudal medio diario, como referencia para el dimensionamiento de la infraestructura. En este estudio, el valor de $K_{\text{máx}} .día$ se obtendrá directamente a partir del análisis de la serie de consumos diarios medidos en el sector, comparando el día de mayor consumo con el consumo medio diario, de manera que refleje el comportamiento real de la demanda en la comunidad.

Sin embargo, los valores de $K_{\text{máx}} .día$ pueden variar según las características del proyecto. En poblaciones muy pequeñas o con fuerte estacionalidad (por turismo, actividades agrícolas o festividades), los coeficientes tienden a ser mayores, mientras que, en ciudades grandes, con consumos más uniformes y redes más consolidadas, los coeficientes pueden ser menores.

Por ello, se recomienda utilizar los rangos $K_{\text{máx}} - día = 1,3 - 1,5$ y de $K_{\text{máx}} - ho = 2,0 - 2,3$ como valores iniciales respaldados por la normativa y la literatura técnica. Estos valores

deben ajustarse a partir de mediciones específicas del sistema en estudio para que representen adecuadamente el comportamiento real de la demanda en la comunidad

1.10.4 Consumo máximo horario

El consumo máximo horario está relacionado con el momento de mayor demanda dentro de un día típico de operación del sistema. A partir de este valor, se define el caudal máximo horario (Q_{mh}), que se calcula como:

$$Q_{mh} = K_{mh} \cdot Q_{md}$$

donde:

-) Q_{mh} : caudal máximo horario.
-) Q_{md} : caudal medio diario.
-) K_{mh} : coeficiente de variación de consumo máximo horario.

1.10.4.1 Análisis técnico

El coeficiente K_{mh} : expresa cuántas veces el caudal máximo horario supera al caudal medio diario y está asociado con la concentración de la demanda en determinadas horas del día. Su valor puede obtenerse de dos maneras:

1. **A partir de mediciones directas**, utilizando la curva de variación horaria construida con los datos de consumo registrados en intervalos regulares, en cuyo caso se calcula como,

$$K_{mh} = \frac{Q_{mh}}{Q_{md}}$$

2. **A partir de valores de referencia normativos o estudios previos**, cuando no se dispone de mediciones detalladas. Diversas normas de diseño de sistemas de agua potable

recomiendan valores típicos de $K - h$ en el orden de **2,0 a 2,3** respecto al caudal medio diario, especialmente en poblaciones pequeñas o con alta variabilidad horaria de la demanda.

1.10.5 Coeficiente de variación de consumo máximo

El coeficiente de variación de consumo máximo diario ($K - día$) se fundamenta en la experiencia documentada de sistemas de abastecimiento existentes y en las recomendaciones de normas técnicas para el diseño de sistemas de agua potable.

Diversos manuales y códigos de diseño en América Latina establecen como valores típicos de referencia para poblaciones pequeñas y medianas rangos de $K - día = 1,3 - 1,5$, los cuales han sido adoptados, entre otros, por el Código Ecuatoriano de la Construcción. Estos valores se derivan del análisis estadístico de series de consumo reales y reflejan condiciones normales de operación en sistemas predominantemente residenciales.

El valor de $K - día$ puede variar según las características del sistema y de la población. En comunidades pequeñas o con marcada estacionalidad, el coeficiente tiende a ser mayor, mientras que en sistemas más consolidados y con consumos homogéneos suele ser menor.

1.10.6 Curva de consumo diario

Las curvas de consumo diario muestran la variación diaria del flujo de agua a través del tiempo, permitiendo la identificación de patrones de consumo y horas pico. Esta información es fundamental para la planificación de los sistemas operativos, la distribución de agua y la infraestructura necesaria (Mason & Bosworth, 2013; Hernández, 2018).

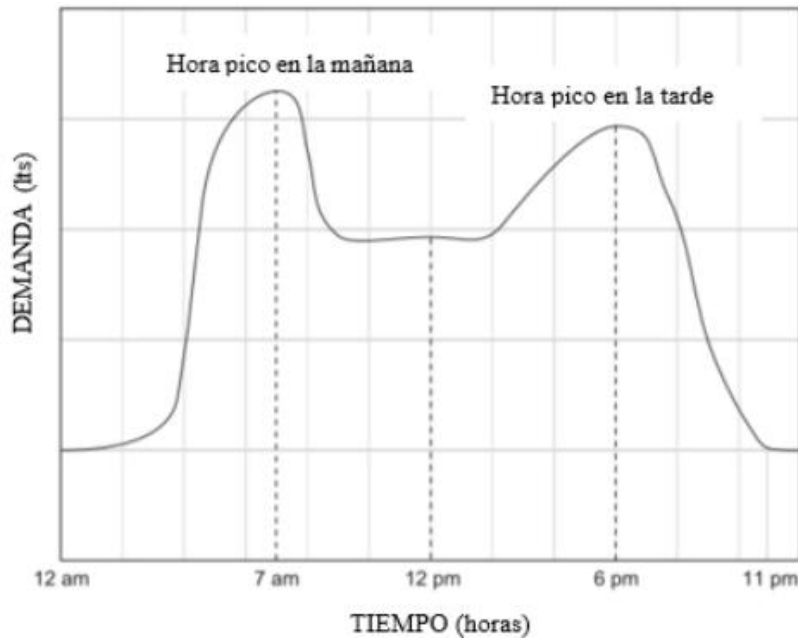
En el caso de este estudio, se realizó una curva a partir de registros directos de volumen a través de medidores conectados a hogares ubicados en lugares estratégicos de la red. Con los datos obtenidos se realizó un análisis diario de un periodo representativo en el que se pudieron diferenciar y comparar los consumos en días laborales y fines de semana. Cuando no se disponen de mediciones detalladas, las curvas pueden derivarse de datos históricos de consumo y factores de variación proporcionados en regulaciones o estudios previos en sistemas comparables.

En la Figura 2 se muestra un ejemplo de curva de consumo diario correspondiente a una comunidad predominantemente residencial. En el eje horizontal se representa el tiempo (horas) y en el eje vertical la demanda instantánea de agua (lts/s). Se observan dos horas pico de consumo: una en la mañana, alrededor de las 7:00 am, asociada a las actividades de higiene y preparación de alimentos antes de la jornada laboral o escolar, y otra en la tarde, cerca de las 18:00 pm, vinculada al retorno de los usuarios a sus viviendas. Este tipo de curva es representativa tanto de pequeñas áreas urbanas como de barrios rurales con hábitos domésticos similares, y sirve de referencia para identificar el caudal máximo horario y definir los coeficientes de variación que se emplean en el diseño y operación del sistema de agua potable.

La Figura 2 representa una curva diaria típica de consumo para un área urbana, en la que se observa un uso relativamente bajo durante la noche, cuando la mayoría de las personas están dormidas; un aumento significativo en las primeras horas de la mañana, asociado al inicio de las actividades domésticas y laborales; una reducción del consumo hacia el mediodía; y, finalmente, un pico vespertino de demanda que coincide con el retorno de los usuarios a sus hogares y la realización de actividades de higiene, preparación de alimentos y otros usos domésticos.

Figura 2.

Curva de consumo diario típica



Nota. Advanced water distribution modeling and management, Fuente: Walski (2003, p. 204)

1.10.7 Patrones de Consumo

La conducta de consumo del agua potable implica tendencias y cambios en el uso de agua entre diferentes categorías de usuarios, en este caso, consumidores residenciales en un área determinada. Estos cambios pueden ser diarios, semanales, estacionales y estar relacionados con características sociodemográficas de la población (Socarrás, Ramos & León, 2015). Ejemplos de estas características incluyen el ingreso, que puede afectar la tenencia de electrodomésticos y artefactos consumidores de agua; el tamaño de la vivienda, dado que un mayor tamaño suele implicar un mayor número de personas (y, por ende, mayor consumo de agua); y el tipo de actividad predominante en la unidad territorial (agrícola, comercial o turística), que regula de manera determinada el tiempo y la magnitud del uso del agua. Estos factores forman la curva de consumo

y deben ser considerados al momento de diseñar y gestionar el sistema de abastecimiento de agua potable.

1.10.8 Teoría de la Demanda de Agua

Según La teoría de la demanda de agua sostiene que el consumo de este recurso está influenciado por una serie de factores determinantes, entre los cuales destacan: el tamaño de la población, los niveles socioeconómicos, las prácticas culturales, así como los patrones de consumo asociados a actividades productivas. De acuerdo con Gleick (1998), el análisis de la demanda de agua debe considerar tanto las necesidades básicas de la población (consumo de agua para beber, higiene y uso doméstico) como las actividades productivas (por ejemplo, riego agrícola, ganadería y agroindustria en zonas rurales; y el uso en industrias, comercio y servicios en áreas urbanas). El análisis más reciente ha ampliado el enfoque de la demanda de agua al considerar no solo los factores anteriores, sino también la disponibilidad del recurso, la confiabilidad y continuidad del servicio, las estructuras tarifarias, la gestión del agua y los efectos del cambio climático sobre la oferta y la calidad del agua. Este enfoque integral facilita la planificación sostenible y la gestión eficiente de los sistemas de abastecimiento de agua, especialmente en el ámbito residencial y urbano.

1.11 Dotación y criterios normativos

La dotación de agua se refiere a la cantidad de agua proporcionada para el consumo de una población, una comunidad o para usos específicos como la agricultura, la industria o el uso doméstico. Este concepto está vinculado a las normativas y regulaciones que definen la cantidad de agua necesaria para satisfacer las necesidades básicas de la población, garantizando la salud pública y el bienestar de los usuarios.

Tabla 2.*Niveles de servicio para sistemas de abastecimiento de agua.*

NIVEL	SISTEMA	DESCRIPCIÓN
0	AP	Sistemas individuales. Diseñar de acuerdo disponibilidades técnicas, usos previstos del agua, preferencias y capacidad económica del usuario
	EE	
la	AP	Grifos públicos
	EE	Letrinas sin arrastre de agua
Ib	AP	Grifos públicos más unidades de agua para lavado de ropa y baño
	EE	Letrinas sin arrastre de agua
Ila	AP	Conexiones domiciliarias, con un grifo por casa
	EE	Letrinas con o sin arrastre de agua
Ilb	AP	Conexiones domiciliarias, con más de un grifo por casa
	ERL	Sistema de alcantarillado sanitaria

Nota. Norma de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural. Fuente: SENAGUA. (2015, p. 30)

Como se muestra en la Tabla 2, los niveles de servicio para sistemas de abastecimiento de agua y la disposición de excretas y residuos líquidos son cruciales para evaluar el cumplimiento de los estándares sanitarios y ambientales. En las tablas de dotación de agua se pueden diferenciar distintos tipos de sistemas: grifos públicos, grifos públicos más unidades de agua para lavado de ropa y baño, conexiones domiciliarias, con un grifo por casa.

Tabla 3.*Dotaciones de agua para los diferentes niveles de servicio*

NIVEL DE SERVICIO	CLIMA FRÍO (lts/hab*día)	CLIMA CÁLIDO (lts/hab*día)
la	25	30
lb	50	65
lla	60	85
llb	75	100

Nota. Norma de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural. Realizado por: SENAGUA (2015, p. 31)

Tabla 4.*Dotaciones recomendadas*

Población (habitantes)	Clima	Dotación media futura (lts/hab/día)
Hasta 5 000	Frío	120–150
Hasta 5 000	Templado	130–160
Hasta 5 000	Cálido	170–200
5 000 a 50 000	Frío	180–200
5 000 a 50 000	Templado	190–220
5 000 a 50 000	Cálido	200–230
Más de 50 000	Frío	> 200
Más de 50 000	Templado	> 220
Más de 50 000	Cálido	> 230

Nota. Tabla V.3 de la norma CO 10.07-601 “Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable. Realizado por: SENAGUA (2015, p. 31)

1.11.1 Medidores de caudal

Los medidores de caudal son dispositivos esenciales para cuantificar el flujo volumétrico o másico de un fluido, generalmente instalados en las tuberías de conducción. En los sistemas de distribución de agua potable, estos medidores son fundamentales para monitorear el consumo, detectar fugas y optimizar la eficiencia del suministro.

1.12 Tipos de medidores de caudal

1.12.1 Medidor de desplazamiento o volumétrico.

Los medidores de flujo de desplazamiento positivo son dispositivos que miden directamente el volumen de fluido que circula a través de ellos.

Funcionan mediante una cámara de volumen fijo que se llena y vacía en ciclos continuos, permitiendo cuantificar el caudal con alta precisión. Este tipo de medidor es ampliamente utilizado en aplicaciones domésticas y comerciales debido a su capacidad de registrar el consumo de agua con exactitud. La Figura 3 muestra un ejemplo de un medidor de desplazamiento positivo utilizado en instalaciones de uso doméstico (AWWA, 2012; ISO, 2014).

Figura 3.

Medidor para instalaciones de uso doméstico



Fuente: Catálogo de medidores JIANGBEL, Modelo estándar de medidor.

1.12.2 Medidor de turbina o velocidad

Un medidor de flujo de tipo turbina es un dispositivo mecánico que mide el caudal a partir de la velocidad del líquido que fluye de un rotor interno. Este rotor, compuesto por álabes, gira en función de la velocidad del flujo, generando una señal que es procesada por un preamplificador y convertida en una señal eléctrica para su análisis. Estos medidores son adecuados para aplicaciones con un amplio rango de caudales y se utilizan en diversas industrias (Tejón Medidores de flujo; Muñoz & Arboleda, 2019).

1.12.3 Medidor Chorro Único

El contador de agua de chorro único como se observa en la Figura 4, se utiliza principalmente como contador divisional en viviendas debido a su diseño compacto y costo accesible en comparación con otros modelos (AWWA, 2012; ISO, 2014).

El funcionamiento se basa en la incidencia de un flujo de agua tangencial sobre una turbina ubicada en posición radial dentro del cuerpo del contador, lo que permite transformar la energía cinética del agua en movimiento mecánico. Este movimiento se transmite a un mecanismo de lectura, que puede ser analógico o digital, facilitando la medición del volumen de agua consumido.

La velocidad de rotación de la turbina está directamente relacionada con el caudal de agua. Sin embargo, variaciones en la velocidad del flujo pueden generar desviaciones en la precisión del medidor, lo que se refleja en la curva de error del contador (Loshidros).

Figura 4.

Medidor volumétrico de ½ plg.



Fuente: Catálogo de medidores de grupolos hidros CD

1.12.4 Medidor de chorro múltiple

Los medidores de chorro múltiple son medidores de tipo velocidad en los que el caudal de agua se distribuye en varios chorros que ingresan a una cámara anular y hacen girar un impulsor o turbina. Las rotaciones del impulsor son proporcionales al volumen de agua que pasa a través del dispositivo y se transmiten, normalmente mediante acoplamiento magnético, a un registro seco donde se visualiza la lectura en metros cúbicos o litros (Hidroconta, 2023; Aquaworks, 2021). Estos equipos se utilizan en aplicaciones residenciales, comerciales e industriales ligeras para la medición de agua potable fría en tuberías de pequeño y mediano diámetro (15–50 mm), Figura 5, debido a su buena precisión, estabilidad metrológica y resistencia frente a condiciones de instalación diversas (Zenner, 2023; Valvecó, 2022).

A diferencia de los medidores de chorro único, en los medidores de chorro múltiple el flujo se divide en varias boquillas dispuestas alrededor del impulsor, lo que permite una distribución

más uniforme de las fuerzas sobre la turbina, reduce el desgaste localizado y mejora el comportamiento del medidor a bajos caudales (Intellimeter, 2019; Hidroconta, 2023).

Figura 5.

Medidor de uso doméstico de 1/2 plg.



Fuente: Catalogo de medidores de grupolos hidros CD

1.13 Métodos estadísticos

Para el análisis de la curva de consumo diario de agua potable en el barrio La Esperanza, se utilizaron dos métodos estadísticos clave para modelar la demanda:

1.13.1 Coeficiente de correlación de Pearson:

Se utilizó para evaluar la relación lineal entre el consumo de agua y diversas variables explicativas seleccionadas. Este coeficiente mide la intensidad y dirección de la relación entre dos variables numéricas, con valores cercanos a +1 indicando una fuerte correlación positiva, valores cercanos a -1 una correlación negativa fuerte, y valores cercanos a 0 indicando una relación lineal débil o inexistente (Aguilera, 2007).

1.13.2 Distribución de Gumbel

Se empleó la distribución de Gumbel para modelar los valores extremos de la demanda de agua, específicamente para estudiar los picos máximos de consumo y su frecuencia de ocurrencia. Este método es adecuado para estimar valores de diseño relacionados con los picos de demanda, típicamente asociados a ciertos períodos de retorno, como los valores máximos que se presentan en promedio cada 5 o 10 años (Aguilera, 2007).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

1.14 Tipo y enfoque de investigación

Este estudio incorpora un enfoque descriptivo y cuantitativo centrado en caracterizar la curva de consumo diario del sistema de agua potable en el barrio La Esperanza. El diseño es no experimental porque no hay manipulación de variables; más bien, se registran y analizan estadísticamente los consumos reales bajo condiciones normales de servicio y se representan gráficamente.

Alcance y Limitaciones Técnicas del Estudio: El sistema atiende a un total de 625 usuarios y la medición se realizó a partir de una muestra de 20 conexiones dentro del área de estudio. El barrio cuenta con dos reservorios de 100 m³ y 60 m³ con un total 160 m³ y los principales componentes de infraestructura incluyen una tubería de entrada de 4 pulgadas de diámetro y una tubería de salida de 2 pulgadas de diámetro, que pueden constituir una posible restricción hidráulica bajo alta demanda. El estudio se centra únicamente en el análisis de consumo y no se realiza una evaluación hidráulica integral de presiones y pérdidas a lo largo del sistema debido al inventario incompleto del sistema (longitudes, materiales y estado de las tuberías) en esta etapa.

1.14.1 Investigación cuantitativa

El SMA26 es un receptor GNSS inteligente que integra una antena de frecuencia completa, una placa de posicionamiento de alta precisión, módulos 4G, una IMU y un radio. Este equipo es Priorizar georreferenciado en este proyecto, donde se modifican elementos del sistema de agua potable del barrio La Esperanza, tales como: Ubicación de medidores que se seleccionaron para el

monitoreo, trazado de las tuberías principales, ubicación de tanques de almacenamiento y red de control puntos.

El empleo de software GNSS que opere bajo RTK (Real Time Kinematic) tiene como resultado obtener un conjunto de coordenadas que presentan alta precisión (del orden de centímetros), lo que optimiza de forma significativa la calidad obtenida, en comparación a la empleada en técnicas de topografía convencional. Esta precisión es imprescindible para:

En este proyecto la investigación es de carácter cuantitativo, la que se toman en cuenta son las variables exploratorias, descriptivas y de análisis.

Los estudios regionales exploratorios son raros ya que el fenómeno del consumo de agua potable ha sido ampliamente investigado. Sin embargo, a diferencia de otras áreas, La Esperanza tiene poca información organizada sobre la demanda de consumo diario y horario. Por lo tanto, la recolección de datos primarios del flujo de agua y consumo de los usuarios seleccionados sirve al propósito de la primera exploración del área de estudio y la formación de hipótesis sobre los factores que influyen en la variación de la demanda.

El estudio es descriptivo ya que, después de la recopilación de datos, caracterizaré el comportamiento del consumo de agua de los residentes en el área de estudio desarrollando curvas de consumo diario de agua, histogramas y tablas de frecuencia. Esto servirá para describir la curva de demanda y explicar la variación en la demanda entre días de semana y fines de semana, así como en el sector dentro del barrio.

La investigación se vuelve analítica, porque no solo describe, sino que también examina las relaciones y comportamientos de la demanda.

Se utilizarán software como programas de hoja de cálculo y, opcionalmente, programas especializados para análisis estadístico (como R, SPSS, Excel o herramientas de software equivalente) para el procesamiento estadístico, permitiendo la documentación de procedimientos y la trazabilidad de resultados. Un diseño de medición consistente con los objetivos de la investigación, junto con el control de calidad de las lecturas de campo y la evaluación de supuestos estadísticos básicos, garantizará que los análisis para el barrio La Esperanza sean válidos.

1.15 Población y muestra

1.15.1 Población

Para este estudio, la población de referencia está formada por los residentes del barrio que son atendidos por la red de agua potable analizada. Según la información proporcionada por las autoridades del barrio, esta área está poblada por 625 usuarios, según se registra en el censo comunitario más reciente para el barrio La Esperanza.

El área geográfica correspondiente a esta población se encuentra completamente dentro de los límites administrativos y comunitarios establecidos por la junta de vecinos para la provisión de servicios de agua potable (usuarios formalmente registrados en la Junta de Agua). El censo comunitario se lleva a cabo y se actualiza regularmente por las autoridades del barrio con fines de gestión y planificación, lo que asegura una cifra oficial y actualizada sobre la población en el sector. Por lo tanto, la cifra de 625 usuarios en total, del total se tomó 20 usuarios para calcular la demanda y se considera una aproximación razonable y válida para el análisis de la curva de consumo diario en este estudio.

1.15.2 Muestra

El marco muestral consiste en los 625 medidores domiciliarios activos en la Junta de Agua Potable. De este total se delimitó el sector de estudio, correspondiente al área abastecida por los tanques en análisis, donde se estima la presencia de 125 habitantes en el área de estudio. De este sector se eligieron 20 medidores, que representan el 20% de las conexiones de la zona y el 4% de la totalidad de medidores del barrio. Estas 20 conexiones abarcan a los 125 habitantes, de acuerdo con lo que reporta la Junta de Agua.

La selección de estos 20 medidores se basa en los siguientes criterios:

Representatividad del sector: Se busca que la muestra refleje las condiciones típicas del área de estudio, incluyendo residencias ubicadas a diferentes distancias de la red (cercanas y lejanas de los tanques, a diferentes altitudes).

Factibilidad y recursos disponibles: El número de medidores necesarios debe ser manejable para realizar lecturas diarias durante un periodo de 25 días, cuatro semanas aproximadamente, considerando el tiempo de campo, el personal y los recursos materiales.

Relevancia para el objetivo del estudio: Se priorizaron las conexiones con usos predominantemente residenciales, algunas con pequeño comercio auxiliar, de manera que la muestra pudiera recoger los diferentes patrones de consumo presentes en el sector.

Disponibilidad de información confiable: Los medidores seleccionados tienen registros claros y actualizados en la Junta de Agua, permitiendo contrastar las discrepancias en las lecturas de campo con la información administrativa existente.

1.16 Equipos e instrumentos

1.16.1 Medidor de Agua de Chorro Simple (MEDIDOR BAR)

Los medidores de agua de chorro simple MEDIDOR BAR se utilizarán para monitorear el consumo de agua potable en la comunidad. El MEDIDOR BAR se utiliza principalmente como un medidor de agua residencial individual. Este tipo es un medidor de agua de velocidad donde un solo chorro de agua golpea tangencialmente una turbina posicionada radialmente dentro del cuerpo del medidor.

La turbina se conecta mecánica o magnéticamente al registro y el registro cuenta el volumen de agua que pasa a través del medidor. Posteriormente, la lectura del totalizador indica el volumen de agua consumido en la conexión.

La decisión de seleccionar este tipo de medidor se basa en una serie de razones técnicas y operativas. Han sido un estándar de la industria en la medición residencial, lo que significa que se garantiza el suministro adecuado de piezas de repuesto, hay disponibilidad de experiencia local en instalación y mantenimiento, y los sistemas de suministro de agua residencial son compatibles.

Debido a su simplicidad y construcción robusta, es muy confiable. El costo de este tipo de medidor es menor que el de los medidores volumétricos o electromagnéticos, lo que lo convierte en un medidor muy rentable. La diferencia de costo en la instalación y el mantenimiento también es significativa.

Es apropiado para sistemas de agua potable de pequeña y mediana escala donde el consumo necesita ser controlado con una precisión razonable y no hay altas inversiones en instrumentos de conteo avanzados.

Desde una perspectiva metrológica, los medidores de agua de chorro simple funcionan bien en rangos de caudal típicos para uso doméstico, manteniendo buena precisión tanto en el caudal nominal como en los caudales de trabajo máximos. Sin embargo, como ocurre con otros medidores de flujo, su sensibilidad puede disminuir a caudales muy bajos, por ejemplo, goteos o pequeñas fugas. Esta limitación debe tenerse en cuenta en la evaluación de los resultados, y dentro de este estudio, se tendrá en cuenta en los análisis de consumo mínimo y posibles fugas internas en las casas monitoreadas.

Las especificaciones técnicas del medidor de agua (diámetro nominal, rango de caudales, presión máxima permitida, clase de metrología, pérdidas de carga, temperatura de trabajo y materiales en contacto con el agua). Estas especificaciones garantizan que el equipo sea adecuado para la medición de agua potable con impurezas menores y sólidos suspendidos presentes en las redes de distribución rural y periurbana, siempre que se sigan las pautas de instalación recomendadas (entrada y salida rectas, instalación horizontal, ausencia de golpe de agua, etc.).

El medidor se instalará en condiciones que cumplan o, en la medida de lo posible, superen el cumplimiento de las prácticas recomendadas de las normas técnicas aplicables, para garantizar la calibración y confiabilidad a largo plazo. Antes de la campaña de medición, se verificará el equipo para asegurarse de que funcione correctamente (sin picos, lecturas en rango con flujos de volumen conocidos) y cualquier posible desviación o lecturas anormales se evaluarán a lo largo del período de monitoreo. Estos procedimientos reducen el riesgo de sesgo sistemático y aumentan la confiabilidad de los datos utilizados para construir la curva de consumo diario.

El modelo de medidor de agua de chorro simple MEDIDOR BAR, Figura 6, presenta la combinación adecuada de precisión, robustez, facilidad de uso y accesibilidad, lo que lo hace

adecuado para el vecindario de La Esperanza. Si bien no alcanza el nivel de sofisticación de otras tecnologías como los medidores de agua electromagnéticos, su rendimiento es suficiente para los fines de este estudio, que se centra en la caracterización de la demanda doméstica y la obtención de parámetros de consumo diario y horario para la planificación y gestión del sistema de suministro de agua.

1.16.2 Características

- ✓ Registro herméticamente sellado al vacío.
- ✓ Transmisión magnética.
- ✓ Protección contra influencias magnéticas externas.
- ✓ Precisión de alto caudal y características constantes de curva de flujo.
- ✓ Diseño sólido y robusto.
- ✓ Vidrio sólido y robusto.
- ✓ Mínima fricción sobre los rodamientos de la turbina.
- ✓ Calibración externa.
- ✓ Estrella giratoria como indicador de flujo, calibración electrónica en el banco de pruebas.
- ✓ Detector de fugas.

Figura 6.

Medidor de agua domiciliaria.



Nota. Medidores de 1/2 plg instaladas en los domicilios de la zona de estudio. Elaborado por: El autor.

1.16.3 Cámara fotográfica

La cámara fotográfica se utilizó como herramienta de apoyo para el registro sistemático de las lecturas de los medidores de agua. En lugar de anotar cada valor de forma manual en cada visita, se tomaron fotografías de cada medidor a las horas programadas. Este procedimiento minimiza los errores de transcripción, permite la posterior verificación de los datos y facilita el recabado de un respaldo visual de cada lectura.

Los datos y ángulos tomados fueron elegidos de tal manera que se lograra obtener el equilibrio de información y nitidez de cada imagen. Se tomó la distancia antes de cada foto para que el visor del medidor estuviera completamente enfocado y para que no hubiese luz que obstaculizara la lectura de los dígitos. En caso de ser necesario se tomaron varias fotografías.

Más tarde, las lecturas que se habían recopilado fueron transferidas de las imágenes a una base de datos o hoja de cálculo, donde se llevó a cabo el procesamiento estadístico de las cifras de consumo diario y horario. Si la cámara o el dispositivo tenía funciones adicionales, como estampado de fecha y hora, geo-referenciación o sincronización con herramientas de gestión, también se utilizaron para mejorar el control y la trazabilidad de los registros. De esta manera, la cámara utilizada no solo sirvió como un dispositivo de almacenamiento secundario, sino que también complementó un sistema para el control de calidad de los datos de consumo utilizados en el estudio.

1.16.4 RTK ((Real Time Kinematic): Cinemática en tiempo real.

El SMA26 es un receptor GNSS inteligente multifuncional avanzado. Para este proyecto, se está utilizando principalmente para los esfuerzos de geo-referenciación relacionados con el posicionamiento preciso del sistema de abastecimiento de agua en La Esperanza. Esto incluye las ubicaciones de los medidores de agua de monitoreo seleccionados, mapeo de las principales tuberías, posicionamiento de tanques de almacenamiento y establecimiento de puntos de control a lo largo de la red.

La implementación de tecnología GNSS de Cinemática en Tiempo Real (RTK), se utilizó como instrumento de apoyo permitiendo la captura de esos puntos geo-referenciados con un nivel de precisión centimétrica, como se observa en la Figura 7, lo que representa una mejora significativa en comparación con los métodos tradicionales. Tal nivel de precisión es necesario para:

Representar la red de distribución en formato vectorizado para Sistemas de Información Geográfica (SIG) y proyectarlo en los mapas topográficos digitales, además de la representación esperada.

Posicionar con precisión los dispositivos de medición de flujo y consumo para optimizar las futuras inspecciones y extensiones del sistema.

Los datos de coordenadas recibidos se integran con los datos de consumo registrados en el campo, de modo que cada medidor monitoreado tiene una posición geo-referenciada. Esto permite un análisis espacial de los patrones de demanda y el desarrollo de propuestas de mejora para la red de agua potable del barrio de La Esperanza.

Figura 7.

Equipo topográfico RTK



Nota. Levantamiento topográfico con equipo RTK (Real Time Kinematic). Se muestra la estación base sobre trípode y el receptor móvil utilizado para georreferenciar, tramos de tubería y medidores incluidos en el estudio, integrando la información espacial con los datos de consumo de agua. Elaborado por: El autor.

Se presenta el equipo topográfico RTK utilizado para la georreferenciación de los elementos del sistema de agua potable (tramos de red y medidores seleccionados). La larga autonomía de la batería del receptor permite realizar jornadas completas de levantamiento en campo sin interrupciones por recarga, lo cual es clave en un contexto rural donde el acceso a energía eléctrica puede ser limitado. Además, el módulo inalámbrico UHF integrado, que opera con protocolo CSS (LoRa), mantiene la comunicación entre la estación base y la estación móvil aun a distancias relativamente grandes y con presencia de obstáculos, asegurando la recepción continua de correcciones RTK.

Esto se traduce en coordenadas precisas y confiables para cada punto medido, lo que facilita la elaboración de planos, el análisis espacial de la red de agua potable y la identificación de sectores críticos en términos de presiones, longitudes de tubería y accesibilidad para operación y mantenimiento.

Se observa el equipo topográfico RTK utilizado en el levantamiento del sistema de agua potable del barrio La Esperanza, Figura 8, conformado por la estación base (sobre trípode) y el receptor móvil montado en la mira. Las ubicaciones medidas con RTK se seleccionaron de forma estratégica, considerando: la posición de los tanques de almacenamiento, los puntos de quiebre y cambios de pendiente en las tuberías principales, las conexiones domiciliarias incluidas en el área de estudio de medición de consumos y puntos de control adicionales en la red vial del sector.

Este levantamiento topográfico permite georreferenciar con precisión centimétrica los elementos del sistema, lo que se integra directamente con el proceso de recolección de datos de consumo: cada medidor monitoreado queda asociado a una coordenada exacta, facilitando el análisis espacial de la demanda (por sectores, por cota o por distancia al tanque) y la identificación

de posibles zonas críticas de presión o de mayores pérdidas. De esta manera, el uso del RTK no solo documenta la geometría de la red, sino que aporta una base cartográfica sólida para interpretar los patrones de consumo y validar los resultados de la curva de consumo diario.

Figura 8.

Topográfico con RTK, de la zona de estudio



Nota. Levantamiento topográfico con equipo RTK en la zona de estudio, utilizado para georreferenciar la red de distribución y las conexiones domiciliarias del barrio La Esperanza.

Elaborado por: El autor.

El levantamiento topográfico con RTK en uno de los puntos de la zona de estudio, ubicado sobre la vía principal del barrio La Esperanza. Estos puntos se seleccionaron en intersecciones viales y tramos donde se localizan tuberías de distribución y acometidas domiciliarias. La información obtenida se integra posteriormente al plano de la red de agua potable, permitiendo

relacionar los datos de consumo con la altitud, la distancia al tanque y otros aspectos geométricos relevantes para el análisis hidráulico, la muestra definida permite caracterizar la curva de consumo diario del sector estudiado y estimar parámetros de demanda, que son representativos de las condiciones operativas reales de la red de agua potable en el barrio La Esperanza.

En la Figura 9 se observan los medidores de chorro únicos instalados en las conexiones domiciliarias del barrio La Esperanza, correspondientes a las marcas Bar Meter y Saga. Ambos equipos se encuentran montados en la acometida de agua potable, sobre la línea de distribución, y son los dispositivos utilizados por la Junta de Agua para registrar el volumen consumido en cada vivienda incluida en el estudio.

Figura 9.

Medidores Bar Meters y Saga



BAR METERS



SAGA

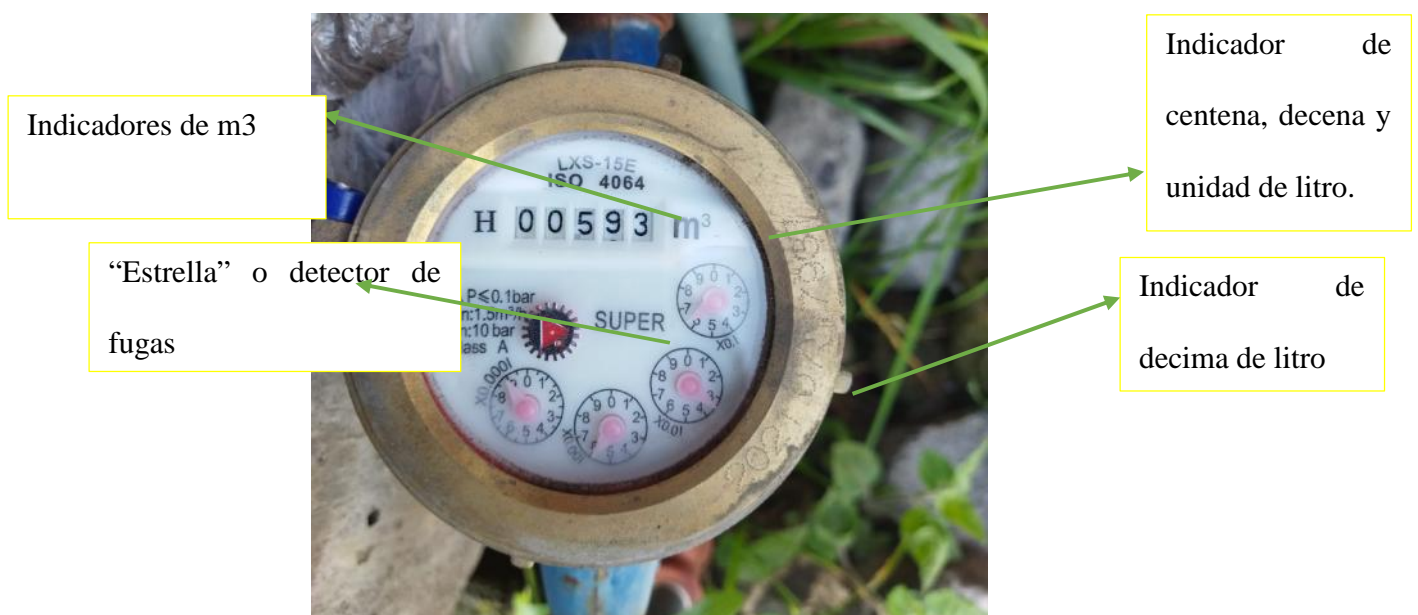
Nota. Tipos de medidores identificados en la zona de estudio. Elaborado por: El autor.

En la Figura 10 se muestran los principales componentes de lectura del medidor utilizado en el barrio La Esperanza. En la parte superior del visor se encuentra el totalizador principal, que

indica el volumen acumulado en metros cúbicos (m³) mediante dígitos negros. En la zona inferior se ubican los relojes secundarios, que permiten leer fracciones de metro cúbico: centena, decena, unidad y décima de litro, lo que facilita una lectura más precisa del consumo. Asimismo, se observa la denominada “estrella” o detector de fugas, un pequeño elemento giratorio muy sensible a caudales bajos, cuyo movimiento continuo indica la posible existencia de fugas internas o consumos mínimos permanentes en la instalación del usuario.

Figura 10.

Medidor tipo de ½ plg.



Nota. Componentes de lectura del medidor analizado en el área de estudio. Elaborado por: El autor

1.17 Procedimiento de medición.

Desde el 14 de octubre hasta el 07 de noviembre de 2024, se realizó el registro del consumo de agua de los medidores en un periodo de 25 días, 4 semanas aproximadamente. Los medidores se ordenaron y se llevó a cabo un procedimiento sistemático en conjunto con el registro de observaciones para lograr la mayor eficiencia en el consumo de agua en el sistema de abastecimiento. Se seleccionaron días para observar el sistema abastecimiento todos los días de la semana, y en condiciones meteorológicas diferentes, en el horario de la madrugada. Se escogió este rango para observar el comportamiento del consumo en días de la semana, se pretendía una variedad de consumo debido a la ocupación de la gente y a la disponibilidad de agua en la comunidad.

El procedimiento de medición fue manual, con apoyo fotográfico. Cada día, en el horario de la mañana, se visitaron los 20 medidores que componen el área de estudio, tomando fotografías del visor de consumo, utilizando la cámara propuesta en la sección correspondiente, en la que se trató el equipo de medición. Luego, se transcribieron los consumos de las fotos a una hoja de cálculo, asegurando que los datos numéricos tuviesen uniformidad y coherencia con los registros en la hoja de cálculo de la medición anterior. La diferencia entre la lectura de un día y la del día posterior, se consideró como el volumen consumido diario por cada usuario. Se trata de un método que limita fallas en la anotación en campo y que permite un respaldo visual de todos los consumos.

Durante el periodo de observación se registraron también eventos que se consideraron como externos a la observación, en el sentido que podían influir en el consumo, como días festivos locales, cortes programados del servicio, construcciones existentes en el periodo de toma de datos, días de lluvia intensa o días de altas temperaturas. Por ejemplo, se registró que en jornadas de alto calor se espera un incremento en el consumo de agua por actividades de higiene y limpieza, en

tanto que en días festivos se pueden presentar picos de consumo, que se asocian a reuniones familiares o actividades comerciales especiales. Esta información fue incorporada a la base de datos con el objeto de distinguir patrones de consumo que se pueden considerar como típicos, de aquellos que se relacionan a consumo de agua en condiciones excepcionales.

A partir de los volúmenes diarios registrados, se calcularon resultados como el volumen diario promedio, el consumo máximo diario, el consumo mínimo, así como los coeficientes de variación necesarios para la caracterización de la curva de consumo, para cada usuario y para toda la muestra. Estas series se utilizaron para construir las curvas de consumo diario y se analizaron las diferencias entre días laborables y fines de semana. La información agregada también permitió estimar flujos promedio y máximos a nivel de red, evaluar la relación entre la demanda registrada y la capacidad de almacenamiento del tanque, e identificar posibles ineficiencias en el sistema de distribución, como consumos atípicamente altos, patrones que sugieren fugas o sectores con un comportamiento diferente al esperado. Estos datos forman la base para propuestas de ajuste operativo y, en última instancia, para mejoras en la gestión del sistema de agua potable.

CAPITULO IV

DIAGNÓSTICO DE LA RED DE AGUA POTABLE DEL BARRIO LA

“ESPERANZA”

La administración de la red de agua potable fue elaborada a partir de los datos de los medidores de la zona de estudio. Sin embargo, los resultados del diagnóstico se limitan a la administración de la red, ya que no se tuvo acceso a componentes críticos, especialmente a los internos de la red y los tanques de almacenamiento. El acceso al sistema de la red de agua y la verificación técnica requieren autorización de los administradores del sistema, por lo que componentes como los tanques, los mecanismos de control, las válvulas y los de nivel no se verificaron. Esta limitación se menciona para mantener la transparencia y evitar suposiciones no comprobadas.

Además, no se contaba con planes "as-built" ni un inventario completo de la red que incluyera longitudes, materiales y rangos de diámetros secundarios. Por lo tanto, la caracterización física se presenta de manera general, utilizando los datos confirmados en las inspecciones y la información proporcionada por los administradores del servicio.

Actualmente, el sistema de agua potable en La Esperanza atiende a 625 usuarios, de los cuales se tomaron 20 usuarios (conexiones) correspondientes a 125 habitantes, que están en el área de estudio definida para el análisis de consumo. El barrio cuenta con dos tanques de almacenamiento: uno con una capacidad de 100 m³ y el otro de 60 m³, sumando una capacidad total de almacenamiento de 160 m³. Esta capacidad permite cierto control sobre el almacenamiento del sistema en relación con los cambios en la demanda a corto plazo. Sin embargo, no es posible evaluar la efectividad del almacenamiento durante los días y horas pico, ya que no se disponen de registros operativos que detallen niveles, entradas y salidas, ni las horas de control de válvulas.

1.18 Contextos de Barrio la Esperanza

El área de estudio se caracteriza por su población con familias numerosas, de 8 a 4 miembros por familia y ser una comunidad donde la mayoría de las viviendas posee pequeños comercios.

Población: El área de estudio se ubica en el barrio La Esperanza, caracterizado por la presencia de familias numerosas, con tamaños que oscilan aproximadamente entre 8 y 4 miembros por vivienda, y por ser una comunidad donde muchas de las casas cuentan con pequeños comercios anexos (tiendas, venta de alimentos, servicios básicos, etc.), lo que ocasiona fines de semana un incremento de personas. Se seleccionaron estas viviendas dentro de este estudio por su ubicación dentro de la red, y por presentar mayormente la falta de agua de consumo en temporadas de sequías, estas 20 conexiones (viviendas), ubicadas dentro del área de estudio.

En el sector específico considerado para este estudio se han identificado aproximadamente 125 habitantes, abastecidos por este sistema de agua potable. Estos corresponden únicamente al área de estudio delimitada para la caracterización de la curva de consumo diario y constituyen un subconjunto de la población total, que se extiende más allá del sector analizado.

Acceso a agua: Presenta interrupciones frecuentes en el suministro de agua potable, lo que afecta la calidad de vida y las condiciones de salud de los habitantes. Estas interrupciones se intensifican durante la época seca, cuando disminuye la disponibilidad hídrica en la fuente de abastecimiento y se reducen los caudales que ingresan al sistema, obligando a programar cortes o a racionar el servicio.

En los periodos de suspensión del suministro, las familias se ven obligadas a almacenar agua en recipientes, muchas veces en condiciones inadecuadas, lo que incrementa el riesgo de contaminación.

Desde el punto de vista sanitario, la falta de acceso continuo a agua segura dificulta la higiene personal y del hogar, el lavado de manos y la correcta preparación de alimentos, favoreciendo la aparición de enfermedades diarreicas agudas, infecciones gastrointestinales y parasitosis, así como problemas dermatológicos y oculares asociados a prácticas de aseo insuficientes. En los capítulos de diagnóstico se profundiza en la duración y frecuencia de estas interrupciones a partir de la información reportada por los habitantes, con el fin de relacionarlas con la demanda y la capacidad de almacenamiento del sistema.

Impacto del Proyecto. Determinar la curva de consumo tendrá múltiples efectos en la comunidad. Primero, ayudará a optimizar la gestión del suministro correlacionando los tiempos de distribución y las operaciones de los tanques de almacenamiento con los tiempos reales de demanda de pico y fuera de pico.

Esto es especialmente importante durante los períodos secos, cuando la disponibilidad de agua en la fuente disminuye y las interrupciones se vuelven más frecuentes y prolongadas, lo que requiere que el servicio sea racionado. Tener una curva de consumo bien definida facilitará el establecimiento de esquemas de racionamiento más equitativos, reducirá los cortes de suministro racionados y utilizará de manera más eficiente el agua almacenada.

En segundo lugar, la curva de consumo diario servirá como insumo para determinar si el flujo de la fuente y la capacidad de los tanques son suficientes para satisfacer la demanda actual y futura, lo que guía la planificación de extensiones de infraestructura (nuevos tanques, refuerzo de

aducciones, sectorización de la red) y la priorización de inversiones. Esto ayuda directamente a mejorar la continuidad y confiabilidad del servicio, disminuyendo los tiempos en que la población se ve obligada a almacenar agua en condiciones inadecuadas o a utilizar fuentes de calidad cuestionable.

Desde el punto de vista sanitario y social, un mayor y más predecible suministro favorece la higiene personal y de la vivienda, el lavado de manos, la preparación de alimentos y, en consecuencia, se estima que disminuyen las enfermedades diarreicas agudas, infecciones gastrointestinales, parasitosis y problemas de la piel que se relacionan con la falta de acceso a un agua segura y continua.

Conjuntamente, la información de este proyecto, en manos de la Junta de Agua Potable y las autoridades de la localidad, les permitirá optimizar la toma de decisiones a nivel de acceso al agua, la eficiencia y distribución del sistema, y el uso de este recurso de manera más sostenible, mejorando la calidad de vida de los habitantes.

Salud Pública: Un acceso continuo y suficiente a agua potable disminuye la probabilidad de enfermedades que surgen de la falta de agua potable accesible. Entender el consumo diario de agua permite alinear los horarios de distribución de agua y la gestión operativa de los tanques de almacenamiento de agua a períodos de mayor uso. Esto reduce la probabilidad de cortes y, por lo tanto, la necesidad de almacenar agua en condiciones insalubres o perder agua en alternativas inseguras.

Este servicio mejorado permite una mayor facilidad de higiene doméstica, lavado de manos y preparación de alimentos, que son un prerrequisito para el control de enfermedades. Así, la evaluación de la demanda permite la distribución eficiente de agua y el uso eficiente de la

planificación de recursos, impacta directamente en la calidad y la salud de las personas que viven en esta en este sector.

Desarrollo Sostenible: Tiene como objetivo el Objetivo de Desarrollo Sostenible sobre el consumo de agua de manera óptima y la información sobre la curva de consumo diario. Implementar las prácticas beneficia al medio ambiente y a la comunidad. Por ejemplo, saber cuándo se concentra la demanda ayuda a promover tecnologías de ahorro de agua, como grifos y cabezales de ducha, inodoros de doble descarga y reparaciones tempranas de filtraciones internas.

El uso de sistemas de riego eficientes en jardines y áreas verdes, por ejemplo: goteo o aspersores, en momentos de baja evaporación. También, sistemas de recolección de agua de lluvia para usos no potables, tales como: riego, lavado exterior y riego en jardines. Acompañadas de campañas educativas y marcos de gestión más eficientes, estas medidas ayudan a reducir el consumo innecesario, los volúmenes capturados de la fuente y la resistencia a la sequía, mejorando simultáneamente la seguridad hídrica y la calidad de vida de los habitantes.

1.19 Localización geográfica del tanque para el barrio la “Esperanza”.

Tabla 5.

Coordenadas de la ubicación del tanque.

PUNTO	NORTE	ESTE
P1	32920.00 m N	809165.00 m E

Nota. Ubicación geográfica del tanque de abastecimiento. Elaborado por: El autor.

Como se muestra en la Tabla 5 se presentan las coordenadas planas de la ubicación del tanque de abastecimiento correspondiente a la zona de estudio.

El punto P1, como se observa en la Figura 11, identifica la posición del tanque dentro del sistema de referencia, expresando su localización en los ejes Norte (N) y Este (E).

Esta información permite georreferenciar el tanque en la cartografía del área, relacionarlo con la red de distribución de agua potable y utilizar su ubicación como punto de referencia para el análisis hidráulico y la descripción del sistema de abastecimiento del barrio La Esperanza.

Figura 11.

Ubicación del tanque de abastecimiento de agua potable

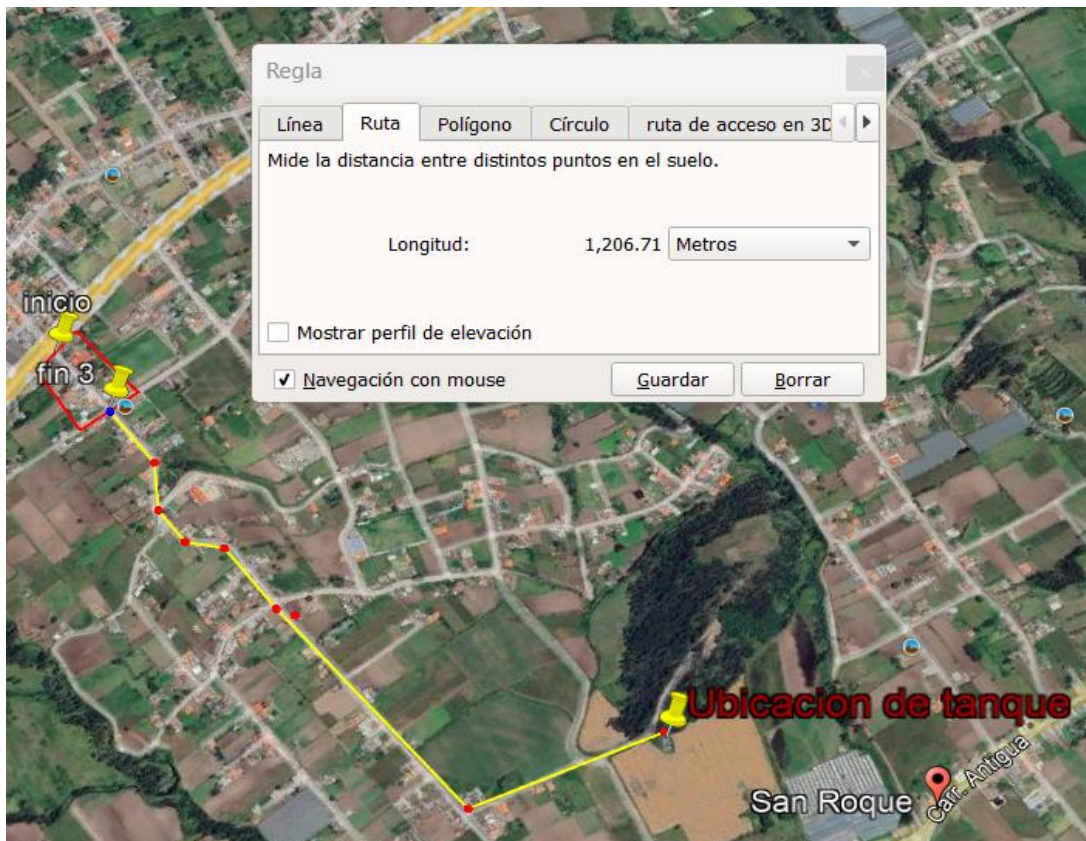


Nota. Tanque de almacenamiento de agua. Elaborado por: El autor a través de Google Earth Pro.

En la figura 12, se identifica la ubicación del tanque de almacenamiento que abastece a la zona de estudio, podemos apreciar la longitud que tiene que recorrer la tubería para poder llegar a los medidores domiciliarios.

Figura 12.

Longitud de la tubería



Nota. Distancia de tubería desde tanque de almacenamiento de agua potable hasta la zona de estudio realizado. Elaborado por: El autor a través de Google Earth Pro.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS DEL SECTOR EN ESTUDIO

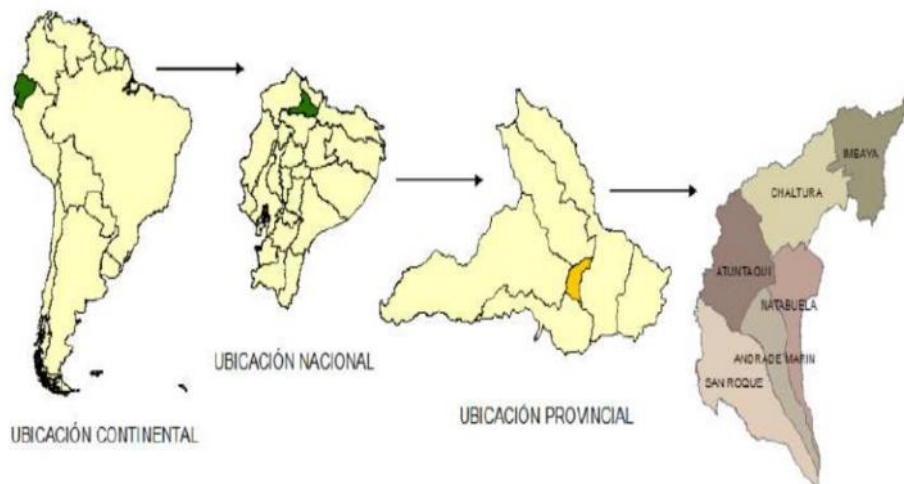
1.20 Descripción de sector en estudio

El presente estudio se desarrolla en el barrio La Esperanza, perteneciente a la parroquia San Roque, cantón Antonio Ante, provincia de Imbabura (Ecuador) como se observa en la Figura 13. El sector fue seleccionado debido a que cuenta con una red de abastecimiento de agua potable operada por la Junta de Agua, lo que permite registrar consumos reales y caracterizar la curva de consumo diario bajo condiciones normales de servicio.

El sector hidráulico analizado corresponde a la zona abastecida por los dos reservorios del sistema, en la cual se ejecutó el monitoreo de consumos en 20 conexiones domiciliarias. La muestra incluye viviendas ubicadas a diferentes distancias y cotas respecto de los tanques, lo que favorece la representatividad para el análisis de variaciones diarias y semanales del consumo.

Figura 6.

Ubicación de San Roque en el mapa.



Nota. Identificación del sector de estudio. Fuente: PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL PDOT (2020, p. 14)

1.21 Sector rural de la Parroquia San Roque Barrio la “Esperanza”

De acuerdo con información territorial de referencia (PDOT 2020), Figura 14, la parroquia San Roque cuenta con 625 usuarios, y esta compuestas por viviendas comerciales, hogares familiares y entidades públicas e institucionales.

Actualmente, el sector analizado dispone de servicios fundamentales como: electricidad, agua, y el acceso al sector se realiza mediante una vía principal adoquinada y accesos secundarios empedrados.

Esta Limita al Norte y Este con la delimitación territorial de la cabecera cantonal de Antonio Ante:

AL NORTE: Limita con la Parroquia Urbana de Atuntaqui, en un punto de conexión geográfica hacia el sureste en la quebrada Yanayacu, con las siguientes coordenadas: Y: 10036298,92, X: 806898,80; Y: 809114,99, X: 10035007,60.

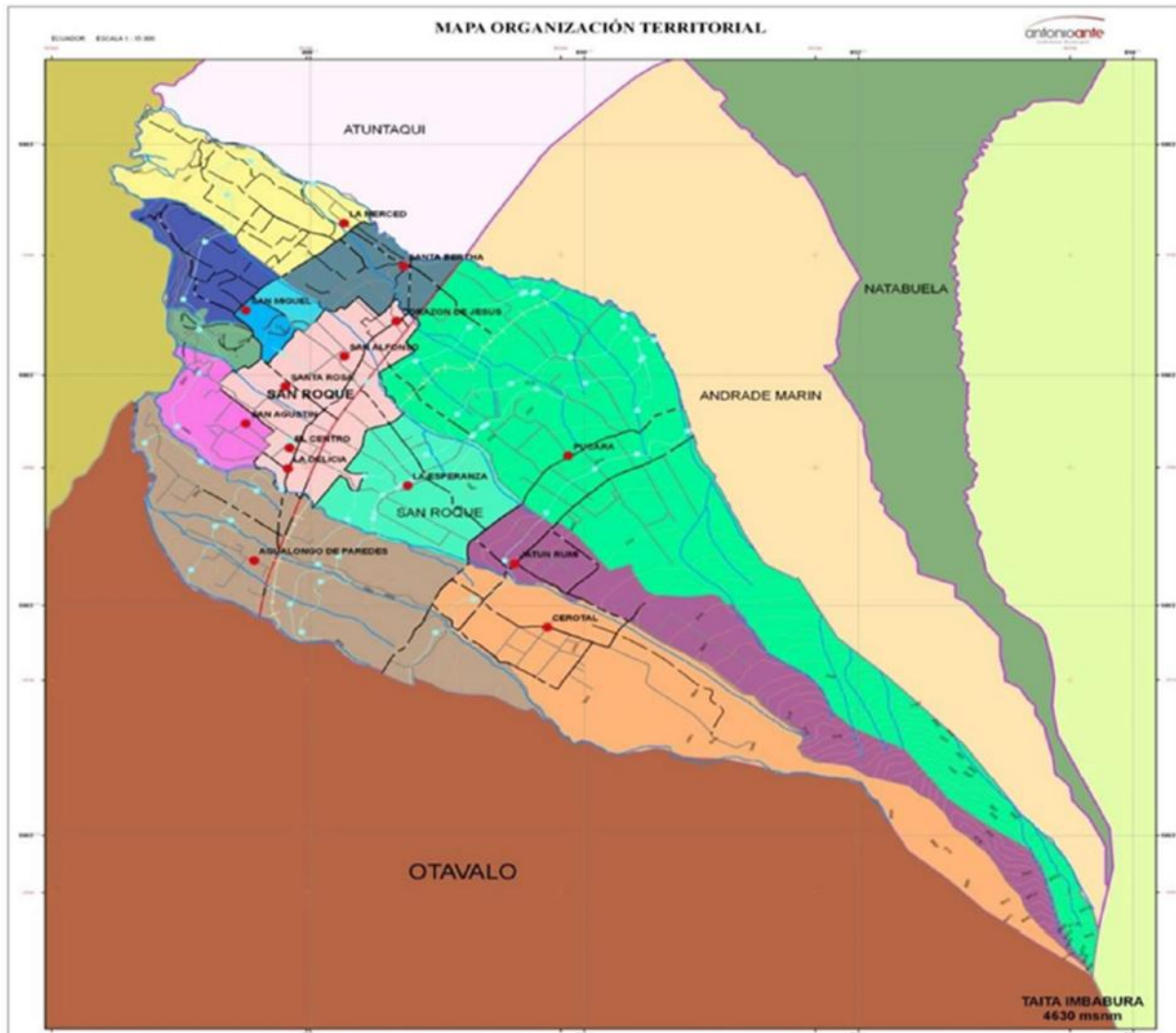
AL ESTE: Limita con la Parroquia Urbana de Andrade Marín, cuya intersección geográfica en dirección sureste se encuentra en la quebrada de Arcos, con las coordenadas: X: 809114,99, Y: 10035007,60; X: 811304,26, Y: 10032368,93; X: 809114,99, Y: 10035007,60.

AL SUR: Limita con el Cráter del Cerro Imbabura y con los Cantones de Otavalo y San Miguel de Ibarra, en el siguiente punto: Y: 813702,82, X: 10028802,87.

AL OESTE: Limita con el Cantón Cotacachi, en el punto geográfico de conexión con el Río Ambi, con las siguientes coordenadas: Y: 806898,80, X: 10036298,92; Y: 806762,62, X: 10033789,29; Y: 10033789,29.

Figura 7.

Ubicación de San Roque en el mapa.



Nota. Mapa territorial identificando el sector de estudio. Fuente: Direcci3n t3cnica (2020, p. 15)

1.22 Identificaci3n de problemas

Estos problemas se reflejan directamente en los resultados del an3lisis de consumo. En primer lugar, las fugas intradomiciliarias (visibles o no visibles) tienden a generar consumos m3nimos elevados y sostenidos, incluso en horarios de baja actividad (madrugada), lo que ocasiona

valores anormalmente altos respecto del resto de viviendas; por ello, suelen aparecer valores exagerados en los histogramas y en las tablas de consumo diario.

En segundo lugar, el uso inadecuado del agua (lavado de autos o veredas) se manifiesta como un aumento de demanda en días específicos, incrementando el consumo máximo diario y elevando la dispersión de los datos, especialmente cuando dichas prácticas se concentran en fines de semana o días de descanso, es una variable secundaria que se toma en cuenta para los cálculos.

A nivel de red, condiciones como intermitencia del servicio, variaciones de presión o restricciones hidráulicas pueden provocar patrones de consumo no homogéneos, aumentos de consumo concentrados en ciertas horas cuando se restablece el abastecimiento (picos por recuperación de servicio) o diferencias sistemáticas entre días laborables y fines de semana por cambios en la continuidad y en los hábitos de uso. Por esta razón, los eventos operativos y las observaciones de campo se consideran en la interpretación de los cálculos realizados, consumos atípicos y de la variación diaria, semanal, distinguiendo entre comportamiento típico y consumos bajo condiciones excepcionales.

1.23 Recolección de Información

Hay un total de 625 propiedades (usuarios), de las cuales se han escogido 20 propiedades (usuarios), con 125 habitantes en el área de estudio en distintas ubicaciones del sector, las cuales serán analizadas durante un periodo de tiempo específico. Las viviendas fueron preferiblemente elegidas en terrenos donde residan una o más familias y actividades comerciales, estas viviendas comerciales se las seleccionó ya que se encuentra en la zona de estudio permitiendo comprobar el comportamiento de consumo de agua varía considerablemente con los terrenos previamente

mencionados. En el área de estudio se llevaron a cabo la medición diaria durante 25 días consecutivos, cuatro semanas aproximadamente.

1.24 Medición diaria de volúmenes de aguas potable por medidor

La medición diaria se fundamenta en la captura de datos diarios del aparato de micromecánica, medición durante un periodo específico; esta medición se llevó a cabo en los 20 terrenos (usuarios) escogidos en el área de estudio, que comenzó el lunes 14 de octubre del 2024 y concluyó el jueves 7 noviembre del mismo año, en un periodo total de 25 días desde el lunes hasta el domingo, cuatro semanas aproximadamente.

Esta evaluación implicaba la recopilación de datos de consumo de los medidores de cada uno de los 20 usuarios establecidos en el estudio, cada día se llevó a cabo la recopilación de datos durante todo ese periodo de 25 días consecutivamente.

Tabla 6.

Datos del registro de consumo diario de los medidores (m3)



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

PROYECTO TÉCNICO: CARACTERIZACIÓN DE LA CURVA DE CONSUMO DIARIO DE LA RED DE AGUA POTABLE DEL BARRIO LA ESPERANZA, PARROQUIA SAN ROQUE, CANTÓN ANTONIO ANTE, PROVINCIA DE IMBABURA

N° DIAS	FECHA	DIA	REGISTRO DIARIO DE CONSUMO DIARIO (m3)																			
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	14/10/2024	LUNES	70751	208	307	850	4316	469	535	149	520	75030	4047	13439	10054	110	1121	1099	2145	1883	2297	718
2	15/10/2024	MARTES	70754	208	308	851	4317	469	536	150	521	75031	4048	13440	10056	111	1121	1100	2147	1886	2298	718
3	16/10/2024	MIÉRCOLES	70756	209	309	853	4318	470	537	150	522	75032	4049	13445	10061	112	1121	1100	2149	1887	2298	719
4	17/10/2024	JUEVES	70759	209	310	853	4319	471	538	150	523	75033	4050	13449	10062	113	1122	1100	2149	1891	2299	719
5	18/10/2024	VIERNES	70761	210	311	855	4320	471	539	151	524	75034	4051	13450	10065	114	1122	1100	2149	1897	2299	720
6	19/10/2024	SÁBADO	70762	210	312	856	4321	471	540	151	525	75035	4052	13455	10069	114	1122	1101	2149	1899	2299	720
7	20/10/2024	DOMINGO	70764	210	313	857	4322	471	541	152	526	75036	4053	13459	10072	115	1122	1101	2150	1903	2300	721
8	21/10/2024	LUNES	70766	212	313	858	4323	471	541	152	527	75037	4054	13461	10073	116	1122	1101	2151	1909	2300	721
9	22/10/2024	MARTES	70769	212	314	860	4324	478	542	153	528	75040	4055	13467	10075	117	1123	1101	2153	1913	2300	721
10	23/10/2024	MIÉRCOLES	70771	213	314	862	4328	478	543	154	529	75042	4056	13468	10078	118	1123	1101	2155	1914	2301	722
11	24/10/2024	JUEVES	70774	214	315	866	4329	485	544	154	530	75044	4057	13473	10079	118	1123	1101	2155	1917	2301	722
12	25/10/2024	VIERNES	70776	215	316	866	4330	489	545	155	530	75045	4058	13475	10079	119	1123	1102	2155	1924	2301	723
13	26/10/2024	SÁBADO	70778	215	316	868	4330	489	546	155	530	75045	4058	13475	10080	120	1123	1103	2155	1926	2301	723
14	27/10/2024	DOMINGO	70779	215	317	869	4331	489	547	156	531	75046	4059	13476	10084	121	1123	1103	2156	1930	2302	723
15	28/10/2024	LUNES	70781	215	317	871	4332	489	547	156	531	75047	4060	13480	10086	122	1123	1103	2157	1936	2302	723
16	29/10/2024	MARTES	70784	215	318	873	4333	489	548	156	532	75048	4061	13485	10089	122	1123	1103	2158	1939	2302	723
17	30/10/2024	MIÉRCOLES	70786	216	319	876	4334	490	549	156	533	75049	4062	13488	10090	123	1123	1103	2160	1941	2303	724
18	31/10/2024	JUEVES	70788	216	319	876	4335	490	550	156	533	75050	4063	13490	10092	124	1124	1104	2160	1943	2303	724
19	1/11/2024	VIERNES	70789	217	320	877	4336	490	551	157	534	75051	4064	13492	10111	124	1124	1104	2161	1945	2304	725
20	2/11/2024	SÁBADO	70791	217	321	877	4337	491	553	157	535	75052	4065	13496	10114	125	1124	1104	2163	1948	2305	725
21	3/11/2024	DOMINGO	70793	217	322	878	4338	491	553	158	535	75053	4067	13499	10116	126	1124	1104	2163	1950	2305	725
22	4/11/2024	LUNES	70795	217	322	880	4339	492	554	158	536	75054	4068	13500	10120	128	1124	1104	2162	1954	2306	726
23	5/11/2024	MARTES	70797	217	323	882	4340	492	555	158	537	75055	4069	13506	10121	129	1124	1104	2164	1956	2306	726
24	6/11/2024	MIÉRCOLES	70799	218	324	884	4341	492	556	159	538	75056	4070	13507	10123	130	1125	1105	2164	1958	2307	727
25	7/11/2024	JUEVES	70802	218	325	885	4342	493	557	159	539	75057	4071	13509	10127	131	1125	1105	2165	1961	2308	727

Nota. Datos tabulados de los medidores, que se tomaron las medidas diariamente. Elaborado por: El autor.

Tabla 7.

Registro de datos tabulados por fechas de inicio y fecha de fin (m3/día).

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



PROYECTO TÉCNICO: CARACTERIZACIÓN DE LA CURVA DE CONSUMO DIARIO DE LA RED DE AGUA POTABLE DEL BARRIO LA ESPERANZA, PARROQUIA SAN ROQUE, CANTÓN ANTONIO ANTE, PROVINCIA DE IMBABURA

Nº DIA S	FECH A	DIA	CAUDAL DIARIO POR MEDIDORES Q (m3/día)																																										
			NUMERO DE IDENTIFICACION DE MEDIDORES																																										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20																							
1	45579	LUNES	70751	208	307	850	4316	469	535	149	520	75030	4047	13439	10054	110	1121	1099	2145	1883	2297	718	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	
			3	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	2	1	0	1	2	3	1	0																							
2	45580	MARTES	70754	208	308	851	4317	469	536	150	521	75031	4048	13440	10056	111	1121	1100	2147	1886	2298	718	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	
			2	1	1	2	1	1	1	0	1	1	1	5	5	1	0	0	2	1	0	1																							
3	45581	MIÉRCOLES	70756	209	309	853	4318	470	537	150	522	75032	4049	13445	10061	112	1121	1100	2149	1887	2298	719	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	
			3	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	4	1	1	1	0	0	4	1	0																							
4	45582	JUEVES	70759	209	310	853	4319	471	538	150	523	75033	4050	13449	10062	113	1122	1100	2149	1891	2299	719	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	
			2	1	1	2	1	0	1	1	1	1	1	1	3	1	0	0	0	6	0	1																							
5	45583	VIERNES	70761	210	311	855	4320	471	539	151	524	75034	4051	13450	10065	114	1122	1100	2149	1897	2299	720	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	
			1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	5	4	0	0	1	0	2	0	0																							
6	45584	SÁBADO	70762	210	312	856	4321	471	540	151	525	75035	4052	13455	10069	114	1122	1101	2149	1899	2299	720	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	
			2	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	4	3	1	0	0	1	4	1	1																							
7	45585	DOMINGO	70764	210	313	857	4322	471	541	152	526	75036	4053	13459	10072	115	1122	1101	2150	1903	2300	721	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	
			2	2	0	1	1	0	0	0	1	1	1	2	1	1	0	0	1	6	0	0																							
8	45586	LUNES	70766	212	313	858	4323	471	541	152	527	75037	4054	13461	10073	116	1122	1101	2151	1909	2300	721	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	
			3	0	1	2	1	7	1	1	1	3	1	6	2	1	1	0	2	4	0	0																							
9	45587	MARTES	70769	212	314	860	4324	478	542	153	528	75040	4055	13467	10075	117	1123	1101	2153	1913	2300	721	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	
			2	1	0	2	4	0	1	1	1	2	1	1	3	1	0	0	2	1	1	1																							
10	45588	MIÉRCOLES	70771	213	314	862	4328	478	543	154	529	75042	4056	13468	10078	118	1123	1101	2155	1914	2301	722	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	
			3	1	1	4	1	7	1	0	1	2	1	5	1	0	0	0	0	3	0	0																							
11	45589	JUEVES	70774	214	315	866	4329	485	544	154	530	75044	4057	13473	10079	118	1123	1101	2155	1917	2301	722	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	
			2	1	1	0	1	4	1	1	1	0	1	2	0	1	0	1	0	7	0	1																							
12	45590	VIERNES	70776	215	316	866	4330	489	545	155	530	75045	4058	13475	10079	119	1123	1102	2155	1924	2301	723	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	Lectura	Q	
			2	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	2	0	0																							

Nota. Cálculo de los caudales diario por cada medidor. Elaborado por: El autor.

Tabla 7.

Registro de datos tabulados por fechas de inicio y fecha de fin (m3/día). (continuación Tabla 7)



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO TÉCNICO: CARACTERIZACIÓN DE LA CURVA DE CONSUMO DIARIO DE LA RED DE AGUA POTABLE DEL BARRIO LA ESPERANZA, PARROQUIA SAN ROQUE, CANTÓN ANTONIO ANTE, PROVINCIA DE IMBABURA

N° DÍAS	FECHA	DÍA	CAUDAL DIARIO POR MEDIDORES Q (m3/día)																																			
			NUMERO DE IDENTIFICACION DE MEDIDORES																																			
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20																
13	45591	SÁBADO	70778	215	316	868	4330	489	546	155	530	75045	4058	13475	10080	120	1123	1103	2155	1926	2301	723	1	0	1	1	1	1	1	4	1	0	0	1	4	1	0	
14	45592	DOMINGO	70779	215	317	869	4331	489	547	156	531	75046	4059	13476	10084	121	1123	1103	2156	1930	2302	723	2	0	0	2	1	0	0	1	6	0	0	1	6	0	0	
15	45593	LUNES	70781	215	317	871	4332	489	547	156	531	75047	4060	13480	10086	122	1123	1103	2157	1936	2302	723	3	0	1	2	1	0	0	0	0	0	1	3	0	0		
16	45594	MARTES	70784	215	318	873	4333	489	548	156	532	75048	4061	13485	10089	122	1123	1103	2158	1939	2302	723	2	1	1	3	1	1	0	0	2	2	1	1	1	1		
17	45595	MIÉRCOLES	70786	216	319	876	4334	490	549	156	533	75049	4062	13488	10090	123	1123	1103	2160	1941	2303	724	2	0	0	1	1	1	1	1	0	2	0	0	2	0	0	
18	45596	JUEVES	70788	216	319	876	4335	490	550	156	533	75050	4063	13490	10092	124	1124	1104	2160	1943	2303	724	1	1	1	1	1	1	2	19	0	0	0	1	2	1	1	
19	45597	VIERNES	70789	217	320	877	4336	490	551	157	534	75051	4064	13492	10111	124	1124	1104	2161	1945	2304	725	2	0	1	0	1	1	4	3	1	0	0	2	3	1	0	
20	45598	SÁBADO	70791	217	321	877	4337	491	553	157	535	75052	4065	13496	10114	125	1124	1104	2163	1948	2305	725	2	0	1	1	0	0	1	2	3	2	0	0	0	2	0	0
21	45599	DOMINGO	70793	217	322	878	4338	491	553	158	535	75053	4067	13499	10116	126	1124	1104	2163	1950	2305	725	2	0	0	2	1	1	4	2	0	0	1	4	1	1		
22	45600	LUNES	70795	217	322	880	4339	492	554	158	536	75054	4068	13500	10120	128	1124	1104	2164	1954	2306	726	2	0	1	2	1	0	1	1	0	0	1	2	0	0		
23	45601	MARTES	70797	217	323	882	4340	492	555	158	537	75055	4069	13506	10121	129	1124	1104	2165	1956	2306	726	2	1	1	2	1	1	1	1	1	0	2	1	1			
24	45602	MIÉRCOLES	70799	218	324	884	4341	492	556	159	538	75056	4070	13507	10123	130	1125	1105	2165	1958	2307	727	3	0	1	1	1	1	0	1	3	1	0	0	1	0		
25	45603	JUEVES	70802	218	325	885	4342	493	557	159	539	75057	4071	13509	10127	131	1125	1105	2166	1961	2308	727																

Nota. Cálculo de los caudales diario por cada medidor. Elaborado por: El autor.

El formato de la Tabla 6, proporciona información relevante como:

- ✓ El tema relacionado con el proyecto de investigación,
- ✓ El periodo de medición en el que se llevó a cabo,
- ✓ El día en el que se realizó el análisis.
- ✓ La interpretación del aparato de micro medición.
- ✓ La cantidad de agua utilizada por hora, medida en metros cúbicos.

1.25 Consumo diario

Para el estudio de este consumo, se llevó a cabo la medición diaria del mismo durante veinticinco días, incluyendo los días de sábado y domingo. En el estudio de este consumo se obtuvieron datos significativos sobre: el valor medio y máximo de consumo, el coeficiente de variación y la mediana del sector. La provisión incluye el consumo diario, sin tener en cuenta las pérdidas presentes en las instalaciones sanitarias o instalaciones en la red de distribución. Como se observa en la Tabla 7 el formato en el que se ilustraron todos los datos de cada medidor de los terrenos durante el lapso de 25 días.

1.25.1 En las columnas

Las tres columnas iniciales presentan la identificación cuantitativa y el nombre correspondiente a cada día de medición, con sus correspondientes fechas; las siguientes columnas muestran el consumo diario de los medidores en análisis, expresado en litros

1.25.2 Filas

En las tres primeras filas se aprecia la identificación numérica y el nombre correspondiente a cada día de medición, con sus respectivas fechas; en las filas siguientes se aprecia el consumo diario de los medidores en estudio expresado en litros, de los 25 días.

Tabla 8.

Registro de datos por fechas de toma de datos (m3/día).




**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
PROYECTO TÉCNICO: CARACTERIZACIÓN DE LA CURVA DE CONSUMO DIARIO DE LA RED DE AGUA POTABLE DEL BARRIO LA ESPERANZA, PARROQUIA SAN ROQUE,
CANTÓN ANTONIO ANTE, PROVINCIA DE IMBABURA**

Nº DIAS	FECHA	DIA	CAUDAL DIARIO POR MEDIDORES (m3/día)																				
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1	14/10/2024	LUNES	3	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	2	1	0	1	2	3	1	0		
2	15/10/2024	MARTES	2	1	1	2	1	1	1	0	1	1	1	5	5	1	0	0	2	1	0	1	
3	16/10/2024	MIÉRCOLES	3	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	4	1	1	1	0	0	4	1	0	
4	17/10/2024	JUEVES	2	1	1	2	1	0	1	1	1	1	1	3	1	0	0	0	6	0	1		
5	18/10/2024	VIERNES	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	5	4	0	0	1	0	2	0	0	
6	19/10/2024	SÁBADO	2	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	4	3	1	0	0	1	4	1	1	
7	20/10/2024	DOMINGO	2	2	0	1	1	0	0	0	1	1	1	2	1	1	0	0	1	6	0	0	
8	21/10/2024	LUNES	3	0	1	2	1	7	1	1	1	3	1	6	2	1	1	0	2	4	0	0	
9	22/10/2024	MARTES	2	1	0	2	4	0	1	1	1	2	1	1	3	1	0	0	2	1	1	1	
10	23/10/2024	MIÉRCOLES	3	1	1	4	1	7	1	0	1	2	1	5	1	0	0	0	3	0	0	0	
11	24/10/2024	JUEVES	2	1	1	0	1	4	1	1	0	1	1	2	0	1	0	1	0	7	0	1	
12	25/10/2024	VIERNES	2	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	2	0	0	
13	26/10/2024	SÁBADO	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	4	1	0	0	1	4	1	0	
14	27/10/2024	DOMINGO	2	0	0	2	1	0	0	0	0	1	1	4	2	1	0	0	1	6	0	0	
15	28/10/2024	LUNES	3	0	1	2	1	0	1	0	1	1	1	5	3	0	0	0	1	3	0	0	
16	29/10/2024	MARTES	2	1	1	3	1	1	1	0	1	1	1	3	1	1	0	0	2	2	1	1	
17	30/10/2024	MIÉRCOLES	2	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	2	2	1	1	1	0	2	0	0	
18	31/10/2024	JUEVES	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	2	19	0	0	0	1	2	1	1	
19	1/11/2024	VIERNES	2	0	1	0	1	1	2	0	1	1	1	4	3	1	0	0	2	3	1	0	
20	2/11/2024	SÁBADO	2	0	1	1	1	0	0	1	0	1	2	3	2	1	0	0	0	2	0	0	
21	3/11/2024	DOMINGO	2	0	0	2	1	1	1	0	1	1	1	1	4	2	0	0	1	4	1	1	
22	4/11/2024	LUNES	2	0	1	2	1	0	1	0	1	1	1	6	1	1	0	0	1	2	0	0	
23	5/11/2024	MARTES	2	1	1	2	1	0	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	0	2	1	1	
24	6/11/2024	MIÉRCOLES	3	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	2	4	1	0	0	1	3	1	0	
25	7/11/2024	JUEVES	3	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	2	4	1	0	0	1	3	1	0	
POR CONECCION	PROMEDIO (m3/día)		2,13	0,42	0,75	1,46	1,08	1,00	0,92	0,42	0,79	1,13	1,00	2,92	3,04	0,88	0,17	0,25	0,88	3,25	0,46	0,38	
	PROMEDIO (lts/día)		2125	416,67	750	1458,33	1083,33	1000	916,67	416,67	791,67	1125	1000	2916,67	3041,67	875	166,67	250	875	3250	458,33	375	
	VALORES MÁXIMOS		3	2	1	4	4	7	2	1	1	3	2	6	19	2	1	1	2	7	1	1	
	VALORES MÍNIMOS		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	VARIANZA		1,1	0,5	0,2	1,1	0,4	4,8	0,2	0,6	0,2	0,3	0,1	6,7	13,2	0,2	0,2	0,7	1,9	2,6	0,5	0,4	
	DESVIACION ESTANDAR		1,1	0,7	0,5	1,0	0,6	2,2	0,4	0,8	0,4	0,5	0,3	2,6	3,6	0,4	0,4	0,9	1,4	1,6	0,7	0,6	
	COEFICIENTE DE VARIACION		0,5	1,7	0,7	0,7	0,6	2,2	0,4	1,8	0,6	0,5	0,3	0,9	1,2	0,5	2,4	3,4	1,6	0,5	1,6	1,6	
	MEDIANA		2,0	0,0	1,0	1,5	1,0	0,0	1,0	0,0	1,0	1,0	1,0	2,5	2,0	1,0	0,0	0,0	1,0	3,0	0,0	0,0	
	CUARTIL 1		2,0	0,0	0,8	1,0	1,0	0,0	1,0	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	
	CUARTIL 2		2,0	0,0	1,0	1,5	1,0	0,0	1,0	0,0	1,0	1,0	1,0	2,5	2,0	1,0	0,0	0,0	1,0	3,0	0,0	0,0	
CUARTIL 3		2,3	1,0	1,0	2,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	4,3	3,3	1,0	0,0	0,3	1,3	4,0	1,0	1,0		
RANGO ENTRE VALORES EXTREMOS		2,0	2,0	1,0	4,0	4,0	7,0	2,0	1,0	1,0	3,0	2,0	6,0	19,0	2,0	1,0	1,0	2,0	6,0	1,0	1,0		
RANGO ENTRE CUARTILES		0,3	1,0	0,3	1,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	3,3	2,3	0,0	0,0	0,3	1,3	2,0	1,0	1,0		

Nota. Cálculo de los caudales diario por cada medidor. Elaborado por: El autor.

Tabla 9.

Datos promedios calculados en orden de cada medidor. (m³/día), (lt /día).

 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO TÉCNICO: CARACTERIZACIÓN DE LA CURVA DE CONSUMO DIARIO DE LA RED DE AGUA POTABLE DEL BARRIO LA ESPERANZA, PARROQUIA SAN ROQUE, CANTÓN ANTONIO ANTE, PROVINCIA DE IMBABURA						
N DIAS	FECHA	DIA	DIARIO DEL SECTOR	DIARIO DEL SECTOR	VARIANZA	DESVIACIÓN
			PROMEDIO m ³ /día	PROMEDIO lts/día		
1	45579	LUNES				
2	45580	MARTES	1,10	1100	0,69	0,83
3	45581	MIÉRCOLES	1,35	1350	1,83	1,35
4	45582	JUEVES	1,10	1100	1,39	1,18
5	45583	VIERNES	1,20	1200	1,76	1,33
6	45584	SÁBADO	1,00	1000	1,70	1,30
7	45585	DOMINGO	1,25	1250	1,29	1,13
8	45586	LUNES	1,00	1000	1,80	1,34
9	45587	MARTES	1,85	1850	3,53	1,88
10	45588	MIÉRCOLES	1,25	1250	0,99	0,99
11	45589	JUEVES	1,55	1550	3,55	1,88
12	45590	VIERNES	1,25	1250	2,59	1,61
13	45591	SÁBADO	0,50	500	0,55	0,74
14	45592	DOMINGO	1,05	1050	1,15	1,07
15	45593	LUNES	1,05	1050	2,35	1,53
16	45594	MARTES	1,15	1150	1,83	1,35
17	45595	MIÉRCOLES	1,20	1200	0,66	0,81
18	45596	JUEVES	0,75	750	0,59	0,77
19	45597	VIERNES	1,80	1800	15,86	3,98
20	45598	SÁBADO	1,20	1200	1,26	1,12
21	45599	DOMINGO	0,85	850	0,83	0,91
22	45600	LUNES	1,20	1200	1,26	1,12
23	45601	MARTES	1,05	1050	1,75	1,32
24	45602	MIÉRCOLES	1,10	1100	0,29	0,54
25	45603	JUEVES	1,15	1150	1,13	1,06
PROMEDIO GENERAL			1,16	1164,58		
VALORES MAXIMO			1,85	1850,00		
VALOR MINIMO			0,50	500,00		
DESVIACION ESTANDAR			0,29	287,60		
MEDIANA			1,15	1150,00		

Nota. Cálculo de los caudales promedio, varianza y desviación. Elaborado por: El autor.

Tabla 10.*Ordenamiento de datos de consumo medio diarios en litros (lts)*

IDEM MEDIDOR	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL	
	POR CONECCIÓN	POR CONECCIÓN
	VALOR PROMEDIO (m ³)	CONSUMO PROMEDIO DIARIO (lts)
1	2,13	2125,00
2	0,42	416,67
3	0,75	750,00
4	1,46	1458,33
5	1,08	1083,33
6	1,00	1000,00
7	0,92	916,67
8	0,42	416,67
9	0,79	791,67
10	1,13	1125,00
11	1,00	1000,00
12	2,92	2916,67
13	3,04	3041,67
14	0,88	875,00
15	0,17	166,67
16	0,25	250,00
17	0,88	875,00
18	3,25	3250,00
19	0,46	458,33
20	0,38	375,00
PROMEDIO GENERAL	1,16	1164,58
MEDIANA	0,90	895,83
DESVIACION ESTANDAR	0,94	935,46

Nota. Cálculo de los valores mediana y desviación estándar. Elaborado por: El autor.

En la Tabla 8 muestra el consumo promedio, de cada uno de los medidores, en las filas inferiores podemos apreciar los valores máximos y mínimos, y cada una de sus valores de desviación estándar por conexión.

Como se muestra en la Tabla 9, se registraron diversos datos estadísticos, como el promedio de promedios es de 1.164,58 litros, y posteriormente se determinó la desviación estándar de 287,60 litros. Entonces, se establece que el valor de la desviación es considerablemente menor al promedio, lo que significa que esta última representa un valor representativo del sector ya que agrupa en su mayoría al conjunto de datos.

En los medidores 12, 13 y 18 se observa un alto nivel de consumo evidentemente como se observa en la Tabla 10 en comparación con los 17 medidores restantes; no obstante, esto se debe a que estas viviendas hay mayor cantidad de habitantes.

Tabla 11.

Cálculos de los valores de consumos por semana (m3), (lts).



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

PROYECTO TÉCNICO: CARACTERIZACIÓN DE LA CURVA DE CONSUMO DIARIO DE LA RED DE AGUA POTABLE DEL BARRIO LA ESPERANZA, PARROQUIA SAN ROQUE, CANTÓN ANTONIO ANTE, PROVINCIA DE IMBABURA

N°	MEDIDOR	N° CONSUMIDORES	DIAS							POR DIA	
			LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO	PROMEDIO SEMANAL (m3)	PROMEDIO SEMANAL (lts)
1		8	2,75	2,00	2,75	1,67	1,67	1,67	2,00	2,13	2125,00
2		4	0,00	1,00	0,25	1,00	0,00	0,00	0,67	0,42	416,67
3		5	1,00	0,75	0,75	1,00	0,67	1,00	0,00	0,75	750,00
4		4	1,75	2,25	1,25	1,00	1,00	1,00	1,67	1,46	1458,33
5		4	1,00	1,75	1,00	1,00	0,67	1,00	1,00	1,08	1083,33
6		3	1,75	0,50	2,25	1,33	0,33	0,00	0,33	1,00	1000,00
7		4	1,00	1,00	1,00	1,00	1,33	0,67	0,33	0,92	916,67
8		4	0,50	0,50	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,42	416,67
9		4	1,00	1,00	0,75	0,67	0,67	0,67	0,67	0,79	791,67
10		6	1,50	1,25	1,25	1,00	0,67	1,00	1,00	1,13	1125,00
11		6	1,00	1,00	1,00	1,00	0,67	1,33	1,00	1,00	1000,00
12		11	4,50	2,50	3,25	1,67	3,00	2,67	2,33	2,92	2916,67
13		7	2,00	2,75	2,00	7,33	2,67	3,00	2,33	3,04	3041,67
14		4	0,75	1,00	0,75	0,67	0,67	1,00	1,33	0,88	875,00
15		15	0,25	0,25	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	166,67
16		14	0,25	0,25	0,25	0,33	0,67	0,00	0,00	0,25	250,00
17		5	1,50	1,50	0,25	0,33	0,67	0,67	1,00	0,88	875,00
18		7	3,00	1,50	3,00	5,00	2,33	3,33	5,33	3,25	3250,00
19		5	0,25	0,75	0,50	0,33	0,33	0,67	0,33	0,46	458,33
20		5	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,33	0,33	0,38	375,00
PROMEDIO GENERAL lts/dia											1164,58
CONSUMO PROMEDIO POR DIA (m3/dia)			1,29	1,23	1,14	1,42	0,90	1,05	1,08		
CONSUMO PROMEDIO POR DIA (lts/dia)			1287,50	1225,00	1137,50	1416,67	900,00	1050,00	1083,33		

Nota. Cálculo de los valores de consumo promedio en metros cúbicos y en litros. Elaborado por: El autor.

1.26 Consumo semanal

Con la información adquirida de cada medidor en un periodo de los 25 días de medición, se pueden realizar las siguientes operaciones:

Estipuló los consumos diarios para establecer el valor medio de consumo por cada día de la semana, se realizará un análisis de todos los terrenos escogidos para determinar el consumo semanal de suministro de agua para consumo en el barrio la "Esperanza".

Como se observa en la Tabla 11, se muestra la representación del consumo medios diarios de la zona de estudio en la semana y la determinación del valor medio semanal; se especifica en la Tabla 11.

1.26.1 En las columnas

La primera columna representa la identificación del medidor; en las otras columnas se muestra la cantidad de personas que hacen uso del agua de ese medidor y nombre de los días de la semana que representan la medición y en las dos columnas finales se puede observar el consumo medio semanal de cada medidor en m³ y en litros respectivamente.

1.26.2 En las filas

En la sección inicial de la tabla se pueden observar los valores medios diarios de cada medidor, mientras que en las filas finales se señala el valor medio por días de la semana respectivamente en m³ y litros.

Tabla 12.

Valores semanales de consumo promedio diario. ($m^3/día$), (lts/día).



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**PROYECTO TÉCNICO: CARACTERIZACIÓN DE LA CURVA DE CONSUMO
DIARIO DE LA RED DE AGUA POTABLE DEL BARRIO LA ESPERANZA,
PARROQUIA SAN ROQUE, CANTÓN ANTONIO ANTE, PROVINCIA DE
IMBABURA**

DIAS DE LA SEMANA	CONSUMO PROMEDIO DIARIO m ³ /día	CONSUMO PROMEDIO DIARIO lts/día
LUNES	1,29	1287,50
MARTES	1,23	1225,00
MIÉRCOLES	1,14	1137,50
JUEVES	1,42	1416,67
VIERNES	0,90	900,00
SÁBADO	1,05	1050,00
DOMINGO	1,08	1083,33
	1,16	1164,58

Nota. Cálculo de los valores de consumo promedio diario en metros cúbicos sobre día y en litros sobre día. Elaborado por: El autor.

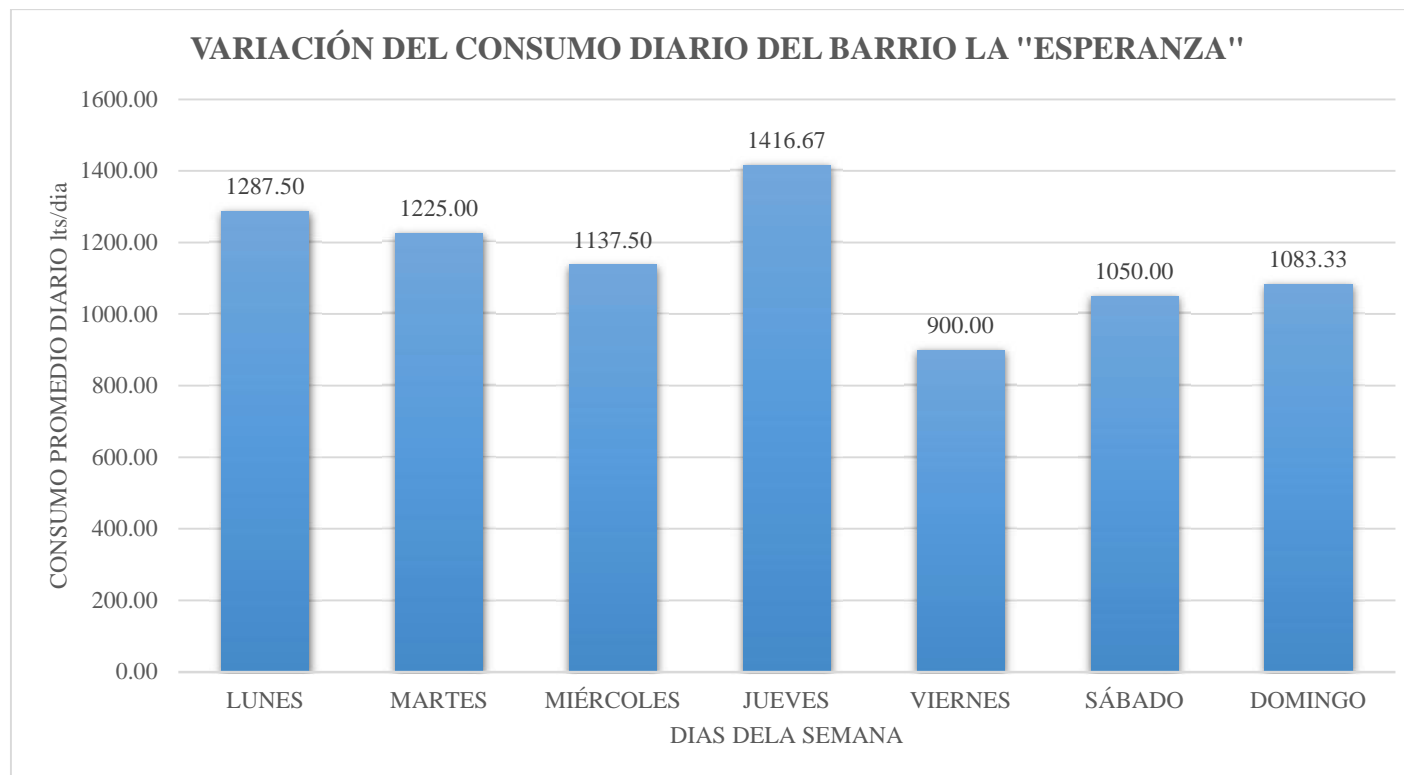
Como se observa en la Figura 15 los valores de consumo promedio diario de agua durante cada uno de los días de la semana, mostrando una variabilidad en los patrones de uso a lo largo de los días. El lunes presenta un consumo de 1.287,50 lts/día, siendo uno de los días con un valor superior al consumo promedio de agua. El martes, en contraste, muestra una ligera disminución en el consumo, con 1.225,00 lts/día. El miércoles, con 1.137,50 lts/día, experimenta un leve descenso en comparación con el día martes.

El jueves, por otro lado, marca un aumento notable en el consumo, alcanzando 1.416,67 lts/día, lo que podría indicar un aumento en la demanda o cambios en la rutina semanal. El viernes, con 900,00 lts/día, muestra nuevamente una disminución significativa, El sábado, con 1.050,00 lts/día, Finalmente, el domingo, con 1.083,33 lts/día, cierra la semana con un consumo menor al promedio.

Asimismo, se identifica que el día jueves es el día con el mayor consumo de agua, con 1.416,67 lts/día, mientras que el viernes es el día con el menor consumo, con 900,00 lts/día. Esto se muestra gráficamente en la Figura 15, donde se muestran barras específicas de cada día de la semana con su correspondiente consumo medio diario del barrio la "Esperanza". De acuerdo con los datos presentados en la Tabla 11, el consumo promedio general de agua se mantiene en un total de 1.164,58 lts/día. Este dato refleja el patrón de uso durante la semana, proporcionando una visión detallada del consumo habitual a lo largo de este periodo.

Figura 8.

Variación de consumo diario del barrio la Esperanza



Nota. Representación gráfica de la variación de consumo de toda la semana. Elaborado por: El autor.

1.27 Consumo per cápita lts/habitante/día

El consumo per cápita se define como la cantidad de agua potable que un habitante de un sector específico utiliza para satisfacer sus necesidades diarias. Estas necesidades incluyen una variedad de actividades esenciales como la higiene personal, la preparación de alimentos, la limpieza del hogar, el riego de jardines, el lavado de ropa y otros usos domésticos o comerciales que requieran de agua. Este concepto es fundamental para poder entender el uso del recurso hídrico a nivel individual y es una medida clave para evaluar la eficiencia en el consumo del agua en diferentes comunidades.

En el contexto de este proyecto, se ha determinado un valor específico para el consumo per cápita de agua, el cual se expresa en litros por habitante por día (lts/habitante/día), para facilitar su comprensión y análisis. Este valor ha sido calculado a partir de los datos recolectados durante un periodo determinado, en el cual se observó el comportamiento del consumo de agua en diversas viviendas del barrio la “Esperanza”. La importancia de calcular el consumo per cápita radica en la capacidad de realizar una evaluación más precisa de las necesidades de agua de la población, lo que permite una gestión más adecuada de los recursos hídricos.

Para calcular este consumo per cápita, es imprescindible contar con datos precisos sobre la cantidad de habitantes por vivienda, información que se ha obtenido mediante encuestas realizadas a los usuarios de cada hogar. Estas encuestas proporcionan detalles sobre el número de personas que viven en cada hogar, así como sus patrones de consumo de agua. Además, para obtener una cifra representativa y precisa del consumo per cápita, se debe tener en cuenta el consumo medio semanal estimado previamente, que refleja el comportamiento del consumo de agua durante un ciclo completo de siete días.

Es importante destacar que el consumo per cápita varía de una vivienda a otra dependiendo de varios factores, como el tamaño del hogar, las costumbres y hábitos de consumo, el tipo de actividades que se realizan en cada hogar.

1.27.1 En las columnas

En la primera columna se muestra la identificación del medidor, mientras que en las columnas siguientes se encuentran los nombres de los días de la semana correspondientes a las mediciones. La penúltima columna presenta el consumo promedio semanal, y en la última columna se muestra el valor del consumo per cápita.

1.27.2 En las filas

En la parte superior de la tabla se pueden observar los valores promedio diarios de cada medidor, mientras que en las filas al final se indican el valor promedio por sector y el consumo promedio diario, expresado en lts/habitantes/día.

Tabla 13.

Valores semanales de consumo promedio diario para realización de gráfica.


CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL											
PROYECTO TÉCNICO: CARACTERIZACIÓN DE LA CURVA DE CONSUMO DIARIO DE LA RED DE AGUA POTABLE DEL BARRIO LA ESPERANZA, PARROQUIA SAN ROQUE, CANTÓN ANTONIO ANTE, PROVINCIA DE IMBABURA											
Nº MEDIDOR	Nº CONSUMIDORES	DIAS							PROMEDIO SEMANAL (m3)	POR DIA	
		LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO		PROMEDIO SEMANAL (lts)	PER - CAPITA (lts/hab/día)
1	8	2,75	2,00	2,75	1,67	1,67	1,67	2,00	2,13	2125,00	265,63
2	4	0,00	1,00	0,25	1,00	0,00	0,00	0,67	0,42	416,67	104,17
3	5	1,00	0,75	0,75	1,00	0,67	1,00	0,00	0,75	750,00	150,00
4	4	1,75	2,25	1,25	1,00	1,00	1,00	1,67	1,46	1458,33	364,58
5	4	1,00	1,75	1,00	1,00	0,67	1,00	1,00	1,08	1083,33	270,83
6	3	1,75	0,50	2,25	1,33	0,33	0,00	0,33	1,00	1000,00	333,33
7	4	1,00	1,00	1,00	1,00	1,33	0,67	0,33	0,92	916,67	229,17
8	4	0,50	0,50	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,42	416,67	104,17
9	4	1,00	1,00	0,75	0,67	0,67	0,67	0,67	0,79	791,67	197,92
10	6	1,50	1,25	1,25	1,00	0,67	1,00	1,00	1,13	1125,00	187,50
11	6	1,00	1,00	1,00	1,00	0,67	1,33	1,00	1,00	1000,00	166,67
12	11	4,50	2,50	3,25	1,67	3,00	2,67	2,33	2,92	2916,67	265,15
13	7	2,00	2,75	2,00	7,33	2,67	3,00	2,33	3,04	3041,67	434,52
14	4	0,75	1,00	0,75	0,67	0,67	1,00	1,33	0,88	875,00	218,75
15	15	0,25	0,25	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	166,67	11,11
16	14	0,25	0,25	0,25	0,33	0,67	0,00	0,00	0,25	250,00	17,86
17	5	1,50	1,50	0,25	0,33	0,67	0,67	1,00	0,88	875,00	175,00
18	7	3,00	1,50	3,00	5,00	2,33	3,33	5,33	3,25	3250,00	464,29
19	5	0,25	0,75	0,50	0,33	0,33	0,67	0,33	0,46	458,33	91,67
20	5	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,33	0,33	0,38	375,00	75,00
PROMEDIO PERSONAS POR VIVIENDA	6,25								PROMEDIO DIARIO GENERAL lts/hab/dia		206,4
CONSUMO PROMEDIO POR DIA (m3/dia)		1,29	1,23	1,14	1,42	0,90	1,05	1,08		MEDIANA (lts/hab/día)	192,71
CONSUMO PROMEDIO POR DIA (lts/dia)		1287,50	1225,00	1137,50	1416,67	900,00	1050,00	1083,33			

Nota. Cálculo de los valores de consumo promedio por personas por vivienda. Elaborado por: El autor.

En el sector estudiado, en base a los cálculos realizados se determinó el valor per cápita de 206,40 lts/habitante/día, como se observa en la Tabla 13, en base a la INEC y el valor obtenido mediante datos recopilados verificamos que se encuentra dentro del rango establecido. (Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC], 2024)

Tabla 14.

Apreciación de los valores de consumo promedio diario (lts/día).

 PROYECTO TÉCNICO: CARACTERIZACIÓN DE LA CURVA DE CONSUMO DIARIO DE LA RED DE AGUA POTABLE DEL BARRIO LA ESPERANZA, PARROQUIA SAN ROQUE, CANTÓN ANTONIO ANTE, PROVINCIA DE IMBABURA			
DIAS DE LA SEMANA	CONSUMO PROMEDIO DIARIO m3/día	CONSUMO PROMEDIO DIARIO lts/día	PORCENTAJE DEL PROMEDIO DIARIO
LUNES	1,29	1287,50	111%
MARTES	1,23	1225,00	105%
MIÉRCOLES	1,14	1137,50	98%
JUEVES	1,42	1416,67	122%
VIERNES	0,90	900,00	77%
SÁBADO	1,05	1050,00	90%
DOMINGO	1,08	1083,33	93%
PROMEDIO GENERAL lts/día	1164,58		

Promedio diario 1.164,58 lts/día

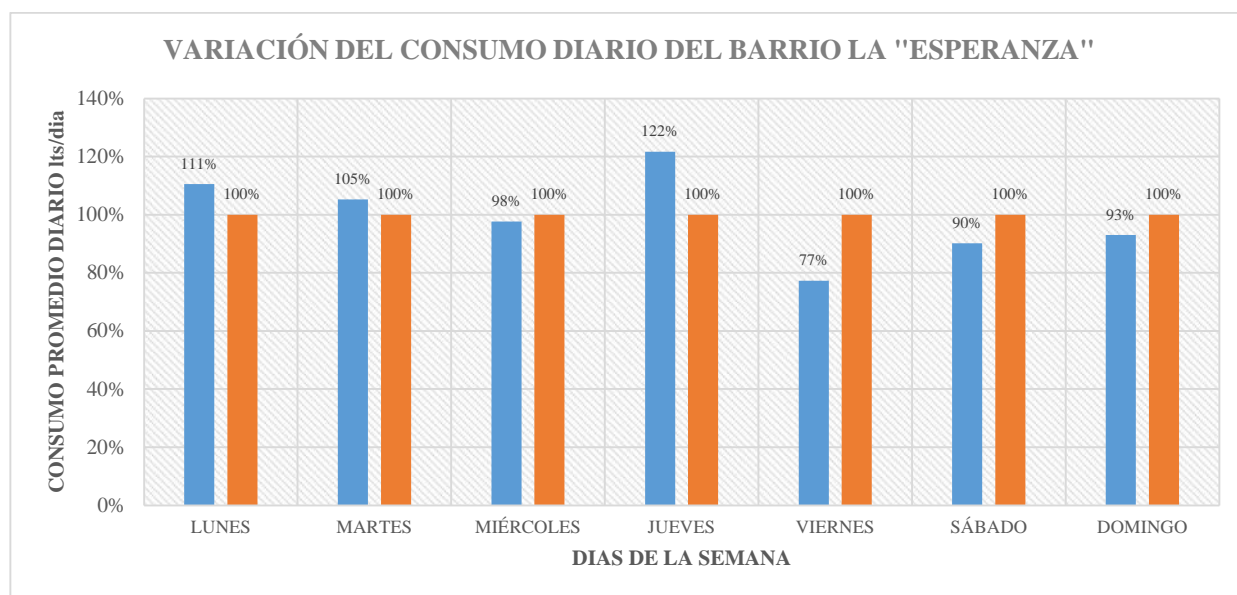
Nota. Cálculo de los valores de consumo promedio en porcentaje. Elaborado por: El autor.

Como se observa en la Tabla 14 se registra el consumo promedio diario en m3/ día y en lts/ día, en base a estos datos obtenidos se procede a determinar el porcentaje del promedio diario respecto al promedio general, estos valores se obtienen de la división del consumo promedio diario lts/m3 y el promedio general lts/m3, este resultado representado en %.

Se puede observar en la Figura 16, la variación de consumo diario del barrio la Esperanza, en el que se puede apreciar las barras de color azul representarían el 100% del consumo de cada uno de los días de la semana, las barras de color naranja representarían el promedio de los valores obtenidos mediante los cálculos realizados, el día jueves tenemos la mayor demanda a comparación de los otros días con un valor de 122%, el viernes podemos observar un valor menor a comparación del jueves, 77%.

Figura 9.

Variación de consumo diario del barrio la Esperanza (%).



Nota. Representación de la variación de consumo con porcentajes. Elaborado por: El autor.

Según la Estadística de Información Ambiental Económica – Gestión de Agua Potable y Alcantarillado 2023 del INEC (actualizada en diciembre de 2024), a nivel nacional el volumen promedio de agua por consumidor de red pública es de 18,65 m³/mes. En el reporte del INEC, “consumidor” se refiere a la conexión de agua por medidor, por lo que este indicador no corresponde a consumo per cápita. (Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC], 2024) En

términos operativos, 18,65 m³/mes equivalen aproximadamente a 622 lts/habitante/día (asumiendo 30 días/mes).

1.28 Extrapolación de consumos medios diarios

Se llevó a cabo un proceso de extrapolación de los valores promedio diarios de consumo de agua para estimar el consumo medio diario en una población futura, tomando en cuenta distintos períodos de diseño. Este análisis también incluyó la elaboración de la curva de persistencia del consumo de agua potable, la cual fue generada a partir de los valores promedio diarios obtenidos durante un periodo de medición de 25 días, utilizando un total de 20 medidores distribuidos en el barrio "La Esperanza".

Un proceso de extrapolación se utilizó para los valores promedio diarios de consumo de agua para obtener una estimación del consumo medio diario en una población futura; para esta estimación se tuvo en cuenta varios periodos de diseño. Este proceso se complementó con la elaboración de la curva de persistencia del consumo de agua, construida con valores promedio diarios de un periodo de medición de 25 días con 20 medidores en el barrio "La Esperanza", metodología que se emplea en muchos estudios de demanda de agua de los sistemas de abastecimiento urbanos (AWWA, 2016; Arbués et al., 2003).

La estimación de consumo promedio diario futuro fue realizada mediante la distribución de Gumbel y Pearson Tipo III en la que se llevó a cabo un estudio comparativo. Dada la situación de los 25 medidores, que presentan variaciones estacionales, el método de Gumbel fue apropiado para establecer un límite superior de seguridad para la capacidad del sistema, en tanto que el ajuste mediante Pearson Tipo III, que permite la corrección de sesgos, favoreció la optimización de la proyección hacia el futuro. La propuesta de ambos enfoques probabilísticos en la parte combinada limita la incertidumbre que se asocia a un tamaño de muestra que es pequeño y, a su vez, se logran

los criterios de diseño que son requeridos en la obra de infraestructura hidráulica (Chow et al., 1988; Viessman & Lewis, 2003).

El método de Gumbel se utiliza con mayor frecuencia debido a la simplicidad matemática del método y porque la suposición de independencia estadística del método ha demostrado ser un enfoque efectivo para estimar la ocurrencia de valores extremos en un período corto de tiempo para la determinación de valores seguros. Por otro lado, la suposición de sesgo constante del método de Gumbel a menudo no está justificada para las condiciones de consumo localizadas, lo que en algunos casos ha resultado en que la red de distribución esté sobredimensionada en el "sistema" (Kottegoda & Rosso, 2008; Maidment, 1993). La mayor parte del tiempo, el método de Gumbel se utiliza para estimar valores extremos y obtener valores seguros para períodos de retorno cortos.

El método Log-Pearson Tipo III, por otro lado, tiene en cuenta el sesgo de la distribución y, por lo tanto, tiende a proporcionar un mejor ajuste a los datos reales. Esto permite una mejor estimación de los caudales de diseño, la optimización de los diámetros de las tuberías y, por supuesto, una reducción en los costos de material de la red. Su principal desventaja sigue siendo el mayor grado de dificultad de aplicación y su abrumadora tendencia a sesgar las observaciones de valores extremos, lo que puede llevar a errores significativos si los datos de entrada no son de calidad o de consistencias adecuadas (USGS, 1982; Chow et al., 1988).

Para proyectar el consumo de agua potable a futuro, se aplicaron los métodos probabilísticos de Gumbel y Pearson III. Estos métodos se emplean para estimar la distribución del consumo, lo que permite prever los valores del consumo medio diario en función de diferentes escenarios de consumo. En este caso, se consideraron escenarios de consumo de 2, 5, 10, 20 y 30 años, con el objetivo de analizar cómo podría comportarse el consumo en un futuro cercano bajo distintas condiciones.

El análisis realizado está enfocado en los 20 predios del barrio la "Esperanza", una de las zonas que forman parte del área estudiada.

Como se observa en la Figura 17, las curvas de ajuste obtenidas con los métodos de Gumbel y Pearson III para analizar los caudales máximos. Un análisis visual muestra que la curva del método de Gumbel tiene una proyección ligeramente superior en comparación con la de Pearson III, sugiriendo una estimación de caudal máximo algo mayor con el método de Gumbel.

Tabla 15.

Aplicación de los métodos de Gumbel y Método de Pearson (lts/día).



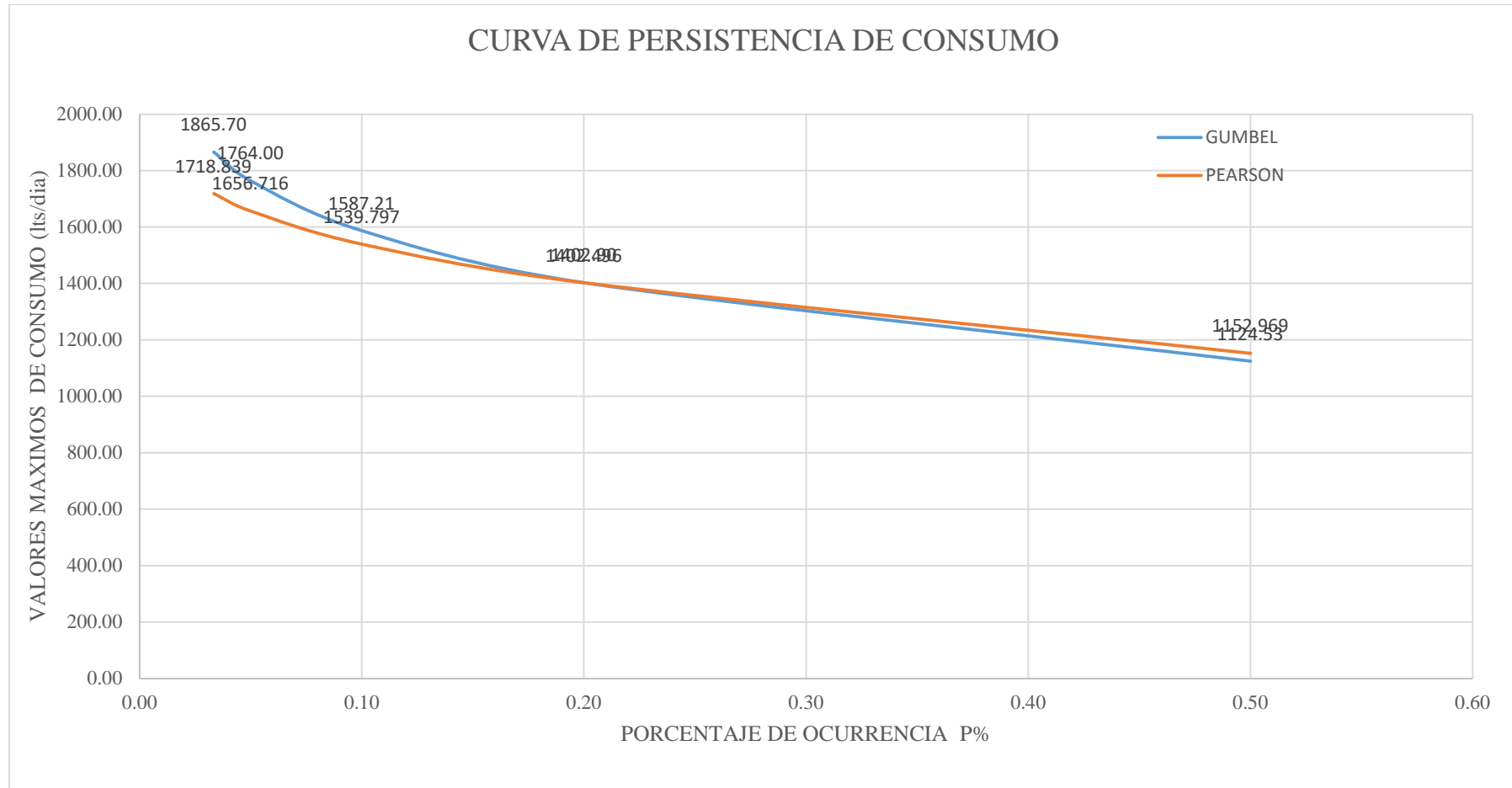
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
PROYECTO TÉCNICO: CARACTERIZACIÓN DE LA CURVA DE CONSUMO DIARIO DE LA RED DE
GUA POTABLE DEL BARRIO LA ESPERANZA, PARROQUIA SAN ROQUE, CANTÓN ANTONIO ANTE,
PROVINCIA DE IMBABURA

VALORES PROMEDIALES DE CONSUMO POR MEDIDOR											
MÉTODO GUMBEL				MÉTODO PEARSON							
T	P%	Yp%	CONSUMO FUTURO lts/día	P%	W	Z	Cs	K	KT	CONSUMO FUTURO lts/día	
2	0,50	0,37	1124,53	0,50	1,17741002	0,000	0,243	0,040	-0,040	1152,969	
5	0,20	1,50	1402,90	0,20	1,79412258	0,841	0,243	0,040	0,827	1402,496	
10	0,10	2,25	1587,21	0,10	2,14596603	1,282	0,243	0,040	1,305	1539,797	
20	0,05	2,97	1764,00	0,05	2,44774683	1,645	0,243	0,040	1,711	1656,716	
30	0,03	3,38	1865,70	0,03	2,6081401	1,834	0,243	0,040	1,927	1718,839	

Nota. Cálculo del consumo futuro. Elaborado por: El autor.

Figura 10.

Curva de persistencia de consumo



Nota. Representación gráfica de los valores obtenidos mediante método Gumbel y Pearson. Elaborado por: El autor.

Tabla 16.

Promedio de consumo futuro de los métodos de Gumbel y Método de Pearson (lts/día).

T	GUMBEL CONSUMO FUTURO lts/ día	PEARSON CONSUMO FUTURO lts/día	CONSUMO FUTURO lts/día
2	1124,53	1152,97	1138,75
5	1402,90	1402,50	1402,70
10	1587,21	1539,80	1563,50
20	1764,00	1656,72	1710,36
30	1865,70	1718,84	1792,27

Nota. Representación de los valores obtenidos mediante método Gumbel y Pearson. Elaborado por: El autor.

Los datos obtenidos a través de estos métodos de Gumbel y Pearson III y las proyecciones generadas para cada uno de los períodos de retorno mencionados se presentan detalladamente en la Tabla 15.

En la Tabla 15 y Tabla 16 se presenta los resultados obtenidos mediante el método de Gumbel y el método de Pearson III. En dicha tabla, el símbolo “T” período de retorno, estos valores no deben interpretarse como proyecciones reales “a 2–30 años”, sino como una referencia metodológica para comparar los consumos futuros entre las dos distribuciones

Específicamente, el método de Gumbel ofrece un valor de 1.865,70 litros para un escenario de consumo de 30 años. La fortaleza del método de Gumbel radica en su capacidad para modelar tanto valores extremos como mínimos de una variable. No obstante, en este caso particular, la diferencia en los resultados obtenidos con el método de Pearson III no es significativamente grande.

Concretamente, el método de Gumbel estima un valor de 1.865,70 litros para un escenario de consumo de 30 años. La ventaja del método de Gumbel es su capacidad para modelar tanto valores máximos como mínimos de una variable, lo que lo convierte en una herramienta valiosa para el

análisis de riesgos y el diseño de infraestructuras hidráulicas. Esta capacidad ofrece un margen de seguridad más amplio en comparación con otros métodos, haciendo que las estimaciones sean más conservadoras y, por tanto, más seguras.

No obstante, en este caso particular, la diferencia en los resultados obtenidos con el método de Pearson III no es significativamente grande. Aunque el método de Pearson III también es efectivo y preciso, la ligera diferencia en la proyección puede ser crucial dependiendo del contexto y los requisitos específicos del proyecto en cuestión.

Por otro lado, el método de Pearson III estima un caudal máximo de 1.718,84 litros para el mismo escenario de consumo. La diferencia en los resultados obtenidos con ambos métodos puede atribuirse a las características particulares de cada distribución y a cómo se ajustan a los datos observados.

CONCLUSIONES

Se realizó un análisis detallado del patrón de consumo diario de la red de agua potable en el barrio la “Esperanza”, ubicado en la parroquia de San Roque. El estudio consideró variables relacionadas con el consumo de agua, como la cantidad de personas, obteniendo datos representativos de la población del sector.

En relación con los patrones de consumo, se determinó el valor promedio de consumo diario para el barrio la “Esperanza”, la mediana calculada, refleja el punto central del conjunto de datos representativos, es litros por día, según se detalla en la Tabla 8. Sin embargo, es importante destacar que este valor no refleja el consumo diario de agua potable por persona en el barrio la “Esperanza”, sino el consumo total de la red.

En el análisis de los días de la semana, se observó que el mayor consumo de agua se presenta los jueves, con un promedio de 1.416,67 litros por día en todo el sector, mientras que el menor consumo ocurre los viernes, con 900,00 litros diarios, como se muestra en la Figura 15 y Figura 16 y Tabla 14, este dato representa el consumo total, no el de una persona promedio.

La georreferenciación del sector de investigación, tal como se ilustra en el plano del Anexo 1, donde se pueden identificar las características topográficas del área de estudio y la ubicación de los medidores.

De igual manera, el estudio incluyó un análisis detallado sobre la ubicación del tanque encargado de abastecer de agua a la zona de estudio. En este análisis se contemplaron tanto las coordenadas geográficas precisas del tanque, como las condiciones particulares de la zona circundante. Asimismo, se evaluaron las principales vías de acceso a dicho tanque, tomando en cuenta tanto la infraestructura vial existente como la facilidad de transporte y acceso en caso de ser necesario realizar tareas de mantenimiento o emergencia. Este enfoque integral permitió

obtener una visión clara sobre la accesibilidad y las condiciones del entorno que influyen en el funcionamiento del sistema de abastecimiento.

Se determinó el consumo promedio diario del sector de estudio de 1.164,58 lts/día, tal como se observa en la Tabla 11. En cuanto al consumo per cápita, se determinó que en el barrio 'La Esperanza', el consumo promedio de agua es de 206,40 lts/habitante/día, como se observa en la Tabla 13.

Se proyectó el consumo de agua a futuro para diferentes períodos de retorno. Para un período de retorno de dos años, el consumo estimado es de 1138,75 lts/día; para cinco años es de 1.402,70 lts/día; para diez años es de 1.563,50 lts/día; para 20 años es de 1.710,36 lts/día; y finalmente, para 30 años es de 1.792,27 lts//día. Estos datos se observan en la Tabla 16.

La presencia de fugas visibles como el uso inadecuado del agua son factores que contribuyen significativamente al desperdicio de este recurso tan vital. Las fugas, ya sean por fallos en las instalaciones o por descuidos de los habitantes, pueden resultar en pérdidas importantes que afectan tanto el suministro de agua como el costo del servicio.

RECOMENDACIONES

Considerando en cuenta que el uso de agua en el barrio La "Esperanza" se encuentra en el rango de la INEC, no obstante, se aconseja llevar a cabo un monitoreo constante de las variables que podrían afectar a futuro este comportamiento. Esto abarca la detección de posibles aprovechamientos no necesarios o ineficientes del agua, que podrían elevar el consumo individual.

Es importante sensibilizar a los residentes del área acerca de la importancia de adoptar prácticas de ahorro de agua, compartiendo los resultados del estudio y promoviendo el cambio de los hábitos de consumo, con el fin de fomentar un uso más eficiente y responsable del recurso.

Considerar seleccionar predios ubicados en puntos dispersos a lo largo del área de estudio, con el fin de garantizar que se cubra de manera representativa la mayor parte del territorio. Esta distribución de los predios permitirá obtener datos más variados y completos, reflejando de manera más precisa las diferencias en el consumo de agua y otros factores relevantes dentro de la zona.

Es recomendable seleccionar medidores que sean de fácil acceso para facilitar la toma de lecturas, asegurándose de que estén ubicados preferentemente fuera de las viviendas. Esto evitará que se presenten obstáculos durante el proceso de recolección de datos, lo cual podría retrasar o dificultar la obtención de información precisa.

Es fundamental seleccionar e identificar las viviendas en función de las actividades que se desarrollan en cada una de ellas, ya que el consumo de agua está directamente influenciado por estas variables clave. El nivel socioeconómico de los residentes puede determinar la cantidad de recursos disponibles y los hábitos de consumo, mientras que las actividades realizadas en cada hogar, como el uso de electrodomésticos, el número de personas por

vivienda o la presencia de actividades comerciales, también juegan un papel crucial en los patrones de consumo. Este enfoque permitirá obtener una visión más precisa y detallada de los factores que afectan el uso del agua en la comunidad.

Sensibilizar a los residentes del sector sobre la importancia de adoptar prácticas de ahorro de agua, compartiendo los resultados obtenidos en el estudio para mostrarles el impacto real del consumo actual. A través de esta información, se busca fomentar un cambio en los patrones y hábitos de consumo, incentivando a los usuarios a implementar medidas que permitan un uso más eficiente y racional del agua. De esta manera, no solo se contribuirá a la sostenibilidad del recurso, sino que también se promoverá una cultura de responsabilidad y cuidado del agua dentro de la comunidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilera, J. (2007). *Métodos estadísticos para el análisis de datos de consumo de agua*. Editorial Técnica.
- Arbués, F., García-Valiñas, M. Á., & Martínez-Espiñeira, R. (2003). *Estimation of residential water demand: A state-of-the-art review*. *Journal of Socio-Economics*, 32(1), 81–102.
- Burgos, A., & Salazar, J. (2020). *Consumo de agua potable en áreas urbanas: Análisis de patrones y tendencias*. *Revista de Recursos Hídricos*, 15(2), 45–58.
- Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1988). *Applied hydrology*. McGraw-Hill.
- Gleick, P. H. (2003). *Global freshwater resources: Soft-path solutions for the 21st century*. *Science*, 302(5650), 1524–1528. <https://doi.org/10.1126/science.1085667>
- González, A., & López, M. (2019). *Impacto de la infraestructura en el consumo de agua potable*. *Revista de Recursos Hídricos*, 12(2), 45–60.
- Hernández, J. (2018). *Análisis de la curva de consumo de agua en áreas urbanas*. *Journal of Urban Studies*, 15(3), 211–224.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2015). *NTE INEN 1108: Calidad del agua para consumo humano*. INEN. Recuperado de <https://www.normalizacion.gob.ec>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2021). *Resultados del Censo de Población y Vivienda 2021*. INEC. Recuperado de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2024a, diciembre). *Estadística de información ambiental económica en gobiernos autónomos descentralizados municipales: Gestión de agua potable y saneamiento 2023 (Boletín Técnico No. 07-2023-GAD Municipales)*. Recuperado de https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Municipios/2023/Agua_potable_alcantarillado/Boletin_Tecnico_APA_2023_VF.pdf
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2024b, diciembre). *Estadística de información ambiental económica en gobiernos autónomos descentralizados municipales 2023: Metodología (Gestión de agua potable y saneamiento 2023)*. Recuperado de https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Municipios/2023/Agua_potable_alcantarillado/Documento_Metodologico_APA_2023_ACT2.pdf
- Join For Water. (2018). *Vulnerabilidad climática para sistemas de agua potable comunitarios*. Recuperado de <https://joinforwater.ngo/wp-content/uploads/2022/07/2018-vulnerabilidadclimatica.pdf>

- Kottegoda, N. T., & Rosso, R. (2008). *Applied statistics for civil and environmental engineers* (2nd ed.). Wiley-Blackwell.
- Maidment, D. R. (1993). *Handbook of hydrology*. McGraw-Hill.
- Macas Vilema, J., & Rodas Mayorga, E. (2023). *Estudio sobre la variabilidad en el consumo de agua residencial en Ecuador*. *Revista Ecuatoriana de Recursos Hídricos*, 17(3), 23-40. <https://doi.org/10.1234/recursoshidricos.2023>
- Martínez, L., Gómez, P., & Ruiz, S. (2020). *Factores socioeconómicos que influyen en el consumo de agua en comunidades urbanas*. *Revista Latinoamericana de Estudios Ambientales*, 8(1), 33–50.
- Mason, P., & Bosworth, R. (2013). *Water demand management: A review of the evidence*. *Journal of Water Resource and Protection*, 5(4), 343–353. <https://doi.org/10.4236/jwarp.2013.54037>
- Mastrorillo, M., et al. (2016). *The impact of climate change on water availability in rural areas: A case study from rural Ethiopia*. *Environmental Research Letters*, 11(8), 084013. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/8/084013>
- NTE INEN 1108. (2014). *Norma Técnica Ecuatoriana para la calidad del agua potable y su uso en consumo humano*. Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- Tejón, A., & Muñoz, F. (2019). *Medidores de caudal para sistemas hidráulicos: Tecnología y aplicaciones*. *Revista de Tecnología Hidráulica*, 10(2), 85-97. <https://doi.org/10.1234/tecnologiahidraulica.2019.10.2>
- Zenner. (2023). *Medidores de caudal: Características y aplicaciones*. Recuperado de <https://www.zenner.com>