



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

FACULAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

“Consumo horario residencial de agua potable del cantón Salcedo”

Trabajo de titulación para optar al título de Ingeniero Civil

Autores:

Capito Pilamunga Joel Ivan

Espín Balseca Edison Bladimir

Tutor:

Ing. María Gabriela Zúñiga Rodríguez MSc.

Riobamba, Ecuador. 2025

DECLARATORIA DE AUTORÍA

Yo, **Joel Ivan Capito Pilamunga**, con CC: 0605602671, y **Edison Bladimir Espín Balseca** con CC: 1805398326 autores del trabajo de investigación titulado: **“CONSUMO HORARIO RESIDENCIAL DE AGUA POTABLE DEL CANTÓN SALCEDO”**, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de nuestra exclusiva responsabilidad.

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

En Riobamba, 16 de enero de 2025.



Joel Ivan Capito Pilamunga

C.I: 0605602671



Edison Bladimir Espín Balseca

C.I: 1805398326

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

Quien suscribe, María Gabriela Zúñiga Rodríguez catedrático adscrito a la Facultad de Ingeniería, por medio del presente documento certifico haber asesorado y revisado el desarrollo del trabajo de investigación titulado: “CONSUMO HORARIO RESIDENCIAL DE AGUA POTABLE DEL CANTÓN SALCEDO”, bajo la autoría de Capito Pilamunga Joel Ivan con CC: 0605602671 y Espin Balseca Edison Bladimir con CC:1805398326; por lo que se autoriza ejecutar los trámites legales para su sustentación.

Es todo cuanto informar en honor a la verdad; en Riobamba, a los 15 días del mes de enero de 2025.



Ing. María Gabriel Zúñiga Rodríguez Mgs.

C.I: 0604004945

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación "CONSUMO HORARIO RESIDENCIAL DE AGUA POTABLE DEL CANTÓN SALCEDO", presentado por Capito Pilamunga Joel Ivan, con cédula de identidad número 0605602671 y Espin Balseca Edison Bladimir con cedula de identidad número 1805398326, bajo la tutoría de Mg. María Gabriela Zúñiga Rodríguez; certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba a los 15 días del mes de enero de 2025.

Nelson Estuardo Patiño Vaca, Mgs.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO



Alfonso Patricio Arellano Barriga, Mgs
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Diana Carolina Merino Gavilanes, Mgs.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO





Dirección
Académica
VICERRECTORADO ACADÉMICO

en movimiento
SGC
SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD
UNACH-RGF-01-04-08.15
VERSIÓN 01: 06-09-2021

CERTIFICACIÓN

Que, **Capito Pilamunga Joel Ivan** con CC: **0605602671** y **Espín Balseca Edison Bladimir** con CC: **1805398326** estudiante de la Carrera de **Ingeniería Civil**, Facultad de **Ingeniería**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado "**CONSUMO HORARIO RESIDENCIAL DE AGUA POTABLE DEL CANTÓN SALCEDO**" cumple con el 9%, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **TURNITIN**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 17 de diciembre de 2024

Ing. María Gabriela Zúñiga Rodríguez MSc.
TUTORA

DEDICATORIA

A mis padres, Baltazar y María, por su apoyo constante y su inspiración para perseguir mis sueños, ya que este logro también es fruto de su esfuerzo. A mi hermano Mario y hermanas, Irene, Adriana y Ruth por su compañía, su apoyo y motivación en cada etapa de mi vida.

Joel Ivan Capito Pilamunga

A mi madre querida, Ximena, quien con su esfuerzo y apoyo incondicional me ha permitido llegar a este momento. Su amor y dedicación han sido mi fuente de inspiración y motivación.

A mis abuelitos Graciela y Miguel, quienes con sus palabras de aliento y motivación me han recordado siempre que la perseverancia y la determinación son clave para alcanzar mis objetivos.

A mi enamorada Giselle, quien ha estado siempre a mi lado, en los momentos buenos y malos, apoyándome y ayudándome a superar los obstáculos. Su amor y comprensión han sido mi refugio y mi fuerza.

Y finalmente, a mi familia Balseca, por su apoyo moral y su confianza en mí. Su presencia en mi vida ha sido un regalo invaluable.

A todos ellos, les expreso mi más sincero agradecimiento por haberme acompañado en este camino. Esta tesis es un tributo a su amor, apoyo y dedicación.

Edison Bladimir Espín Balseca

AGRADECIMIENTO

En primer lugar agradezco a Dios por todas las bendiciones que he recibido y también con profunda gratitud agradezco a mis padres que hasta ahora han sido el pilar de mi vida. A mi hermana Adriana por todo su apoyo, a mis amigos Edison y Fabian con quienes he hemos compartido muchas experiencias y todas aquellas personas que han sido parte de este proceso, que me han apoyado y animado a seguir adelante. Agradezco también a todos los docentes quienes han compartido su conocimiento a lo largo mi formación profesional.

Joel Ivan Capito Pilamunga

Agradezco infinitamente a Dios, por haberme brindado salud, vida y la fortaleza necesaria para culminar este importante proyecto.

A mi madre, Ximena, por su incondicional apoyo, confianza y amor. Su presencia en mi vida ha sido fundamental para mi crecimiento personal y profesional.

A mi enamorada, Giselle, por su compañía, apoyo y amor incondicional. Su presencia a mi lado ha sido un motor que me ha impulsado a seguir adelante. También quiero agradecer a su familia, Gavilánez Martínez y Montero Martínez, por su calor y apoyo.

A mis docentes, por compartir sus conocimientos y experiencia conmigo. Su guía y orientación han sido esenciales para mi formación académica.

A mi mejor amigo, Joel, por compartir conmigo este camino desde el inicio. Juntos hemos vivido momentos inolvidables y hemos crecido juntos. Me siento afortunado de haber tenido un compañero como tú.

Y finalmente, a mis amigos Fabian y Elías, por ser parte importante de mi proceso de formación. Su amistad y apoyo han sido fundamentales para mí.

Edison Bladimir Espín Balseca

INDICE GENERAL

DECLARATORIA DE AUTORÍA

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

CERTIFICADO ANTIPLAGIO

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

RESUMEN

ABSTRACT

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....15

1.1. Antecedentes 15

1.2. Zona de Estudio..... 15

1.3. Planteamiento del problema.....22

1.4. Objetivos.....24

1.4.1. General.....24

1.4.2. Específicos24

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO25

2.1. Definiciones generales25

2.1.1. El agua25

2.1.2. Agua potable25

2.1.3. Sistema de abastecimiento de agua potable.....25

2.1.4. Redes de distribución de agua potable25

2.1.5. Consumo de agua	25
2.1.6. Caudal.....	26
2.1.7. Curva de consumo horario.....	26
2.1.8 Medidores de agua potable	26
2.2. Estado del arte	27
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.....	29
3.1. Tipo de investigación	29
3.2. Esquema de la metodología aplicada en la investigación	30
3.3. Técnicas de recolección de datos.....	30
3.4. Población y tamaño de muestra.....	31
3.4.1. Población	31
3.4.2. Proceso de caracterización urbanística y socio económica	32
3.4.3. Muestra	37
3.4.4. Análisis y procesamiento de la aplicación de encuestas	38
3.4.5. Análisis y procesamiento de datos recolectados en campo.....	38
3.4.6. Digitalización de resultados.....	40
3.4.7. Validación de datos.....	41
3.4.8. Caudal Medio.....	42
3.4.9. Caudal de fugas de fondo	42
3.4.10. Coeficiente de variación horario de consumo (kh)	43
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	44
4.1. Factores que inciden en consumo de agua potable.....	44
4.1.1. Estratificación urbanística socioeconómica.....	44
4.1.2. Número de habitantes en la vivienda	47
4.1.3 Calidad de agua potable.....	47

4.1.4 Aparatos Hidro-Sanitarios	48
4.1.5 Suministro de agua potable.....	49
4.1.6. Suministro de agua las 24 horas.....	50
4.1.7 Actividades con mayor frecuencia de uso del agua.....	51
4.2. Curvas de consumo horario de agua potable.....	51
4.2.1 Consumos horarios de redes de distribución	51
4.2.2 Consumos horarios por estratos socioeconómicos.....	55
4.2.3 Curva de modulación horaria.....	59
4.2.4 Coeficientes de modulación horaria	59
4.3. Discusión de resultados.....	63
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	65
5.1 Conclusiones	65
5.1 Recomendaciones	66
BIBLIOGRAFÍA.....	67
ANEXOS	70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Porcentaje de cobertura por redes de la ciudad de Salcedo.	18
Tabla 2	Tarifa mensual de agua potable.....	19
Tabla 3	Caudales de las redes de distribución.....	21
Tabla 4	Redes de distribución	21
Tabla 5	Puntaje para la categorización urbana (unidad manzana).....	31
Tabla 6	Puntaje para la categorización socioeconómica (unidad vivienda).....	31
Tabla 7	Determinación de la muestra del estudio.....	37
Tabla 8	Tipos de medidores.....	39
Tabla 9	Estratificación urbanística de las manzanas estudiadas.....	44
Tabla 10	Resumen de número de casas por cada red y por estrato	44
Tabla 11	Consumos horario de las redes de distribución del cantón Salcedo	52
Tabla 12	Consumos horario por estratos socioeconómicos del cantón Salcedo	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Zona urbana parroquia San Miguel	16
Figura 2.	Tanques de reserva de agua potable.....	17
Figura 3.	Zonas de abastecimiento de agua de consumo humano.	20
Figura 4.	Curva típica de consumo horario residencial	26
Figura 5.	Esquema metodológico de la investigación	30
Figura 6.	Mapa de redes de distribución y enumeración de manzanas urbanas	33
Figura 7.	Tipos de edificaciones en la zona urbana.....	34
Figura 8.	Caracterización urbanística de 204 manzanas de Salcedo	35
Figura 9.	Mapa de viviendas encuestadas para la caracterización urbanística	36
Figura 10.	Caracterización socioeconómica	36
Figura 11.	Ficha de registro de consumo de agua potable.	40
Figura 12.	Diagrama de dispersión de las redes de distribución.....	41
Figura 13.	Diagrama de cajas y bigotes.....	42
Figura 14 .	Caracterización socioeconómica	45
Figura 15.	Mapa de viviendas encuestadas.....	46

Figura 16. Número de personas por vivienda	47
Figura 17. Calidad de agua potable	48
Figura 18. Equipos hidro-sanitarios	49
Figura 19. Disposición de reserva de agua potable	50
Figura 20. Continuidad de la dotación del agua potable	51
Figura 21. Actividades con mayor frecuencia de uso del agua al día	51
Figura 22. Curvas de consumo horario de las redes de distribución del cantón Salcedo	54
Figura 23. Curva comparativa de las redes de distribución	54
Figura 24. Curva de consumo horario estrato A.	56
Figura 25. Curva de consumo horario estrato B.	57
Figura 26. Curva de consumo horario estrato C.	57
Figura 27. Curva de consumo horario estrato D.	58
Figura 28. Curva comparativa de consumos por estratos.	58
Figura 29. Curva de consumo general del cantón Salcedo.	59
Figura 30. Coeficiente de modulación de consumo horario de redes de distribución.....	61
Figura 31. Coeficiente de modulación general del cantón Salcedo	61
Figura 32. Mapa de coeficientes horarios máximos por cada red de distribución.....	62
Figura 33. Mapa de coeficientes horarios máximos de distintos cantones.....	64

RESUMEN.

El acceso al agua potable es un derecho primordial para la humanidad, siendo muy importante y de ello depende la calidad de vida que se lleve en la sociedad. El objetivo de esta investigación fue analizar el consumo horario de agua potable de las redes de abastecimiento en las zonas residenciales urbanas del cantón Salcedo. Para el desarrollo de la investigación se empleó un nivel metodológico de tipo exploratorio, descriptivo y analítico, se ejecutó en etapas, siendo la primera de carácter exploratorio constando de las siguientes actividades: revisión de fuentes bibliográficas relacionadas con el tema de investigación, la identificación de la zona en estudio, la recolección de información de entidades encargadas, la demarcación de las manzanas residenciales, la selección de las muestras, la aplicación de encuestas de caracterización urbanística y socioeconómica dando como resultados la presencia de estratos A, B, C y D, seguido la medición de caudales diarios durante una semana las 24 horas del día en cada uno de los medidores de las viviendas. Los resultados de la investigación revelan que el consumo horario de agua potable en las residencias del cantón Salcedo varía significativamente según el estrato socioeconómico, con tres picos de consumo a lo largo del día. El estrato B registró el mayor consumo, con un pico de 140 l/h entre las 11h00 y 12h00, mientras que, el pico de consumo más bajo se observó en el estrato D, con 97.40 l/h entre las 18h00 y 19h00. Además, se identificó que la Red Carrizal presentó el consumo más alto con 143.4 l/h entre las 12h00 y 13h00, seguido de la Red Toahilin con 134.7 l/h, y la Red San Lizardo con 129.6 l/h en el mismo horario, lo que sugiere que la densidad poblacional y la proximidad a áreas comerciales influyen en el uso del agua. Se concluye que los coeficientes de variación del consumo horario (K_h) superaron los valores normativos, especialmente en la Red San Lizardo, con un K_h de 2.51, lo que indica la necesidad de mejorar la infraestructura de las redes de distribución en función de la densidad y patrones de consumo observados.

Palabras clave: agua potable, estratos socioeconómicos, redes de distribución, curvas de consumo horario, caudal máximo.

ABSTRACT

Access to potable water, a fundamental human right, is a crucial determinant of societal quality of life. This research aimed to analyze the hourly consumption of potable water in urban residential areas of the Salcedo canton. The study employed an exploratory, descriptive, and analytical methodological approach, conducted in stages. The initial stage was exploratory, involving a review of relevant literature, identification of the study area, data collection from responsible entities, demarcation of residential blocks, sample selection, and application of urban and socioeconomic characterization surveys. This led to the identification of strata A, B, C, and D, followed by the measurement of daily flows for a week, 24 hours a day, in each household meter. The research findings highlight significant variations in the hourly consumption of potable water in the residences of the Salcedo canton, based on socioeconomic strata. Three distinct consumption peaks were observed throughout the day. Stratum B recorded the highest consumption, with a peak of 140 l/h between 11:00 and 12:00, while the lowest consumption peak was observed in stratum D, with 97.40 l/h between 18:00 and 19:00. The Carrizal Network exhibited the highest consumption, with 143.4 l/h between 12:00 and 13:00, followed by the Toahilin Network with 134.7 l/h, and the San Lizardo Network with 129.6 l/h at the same time. These findings suggest that population density and proximity to commercial areas significantly influence water use. It is concluded that the hourly consumption variation coefficients (K_h) exceeded normative values, especially in the San Lizardo Network, with a K_h of 2.51, indicating the need to improve the distribution network infrastructure based on the observed density and consumption patterns.

Keywords: drinking water, socioeconomic strata, distribution networks, hourly consumption curves, maximum flow rate.



Reviewed by:

Mgs. Kerly Cabezas
ENGLISH PORFESSOR
I.D. 0604042382

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

El acceso al agua potable es un derecho primordial para la humanidad, ya que de ello depende la calidad de vida que se lleve en la sociedad, sin embargo, actualmente en el mundo alrededor de 2200 millones de personas no tienen acceso a este servicio de vital importancia por la cual una gestión y distribución adecuada del recurso son los desafíos para el presente y futuro de los seres vivos. La Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2023) ha trabajado durante mucho tiempo para abordar la crisis global de suministro insuficiente de agua y crecientes demandas para garantizar las necesidades humanas, comerciales y agrícolas.

En el ámbito Nacional a pesar de ser reconocido como un derecho humano, según Cedeño & Esteves, (2023) aproximadamente el 30% de la población en Ecuador aún carece de acceso a agua segura por lo cual hacen mención que es imperativo fortalecer la gestión del agua en el país para asegurar un acceso universal y cumplir con los objetivos de desarrollo sostenible. Se necesitan soluciones integrales que incluyan educación ambiental, financiamiento adecuado y la formación de alianzas estratégicas. Es crucial que el estado ecuatoriano priorice el acceso equitativo al agua potable para todos sus ciudadanos.

1.2.Zona de Estudio.

El cantón Salcedo se encuentra localizado en el corazón del país al sur oriente de la Provincia de Cotopaxi, su superficie territorial es de 533 km², su población es de 65000 habitantes según el Instituto Nacional de Estadísticas 2022, está a una elevación de 2650 m.s.n.m. Su clima está clasificado en dos zonas: templada que está a temperaturas entre 13° a 20° C y la fría que oscila entre 12° a 18°C, limita al norte con los cantones Latacunga y Pujilí, al sur los cantones Ambato y Pillaro, al este con la cordillera central de los Andes y al oeste el cantón Pujilí (GADM Salcedo, 2021).

El cantón Salcedo geográficamente está ubicado en la zona 17S en las siguientes coordenadas UTM X: 768137.742, Y: 9884341.111, a su vez está dividido en 6 parroquias una urbana: San Miguel y 5 parroquias rurales: Cusubamba, Mullinquindil, Mulalillo, Panzaleo y José Holguín.

El área de influencia de la investigación se presenta en la figura 1.

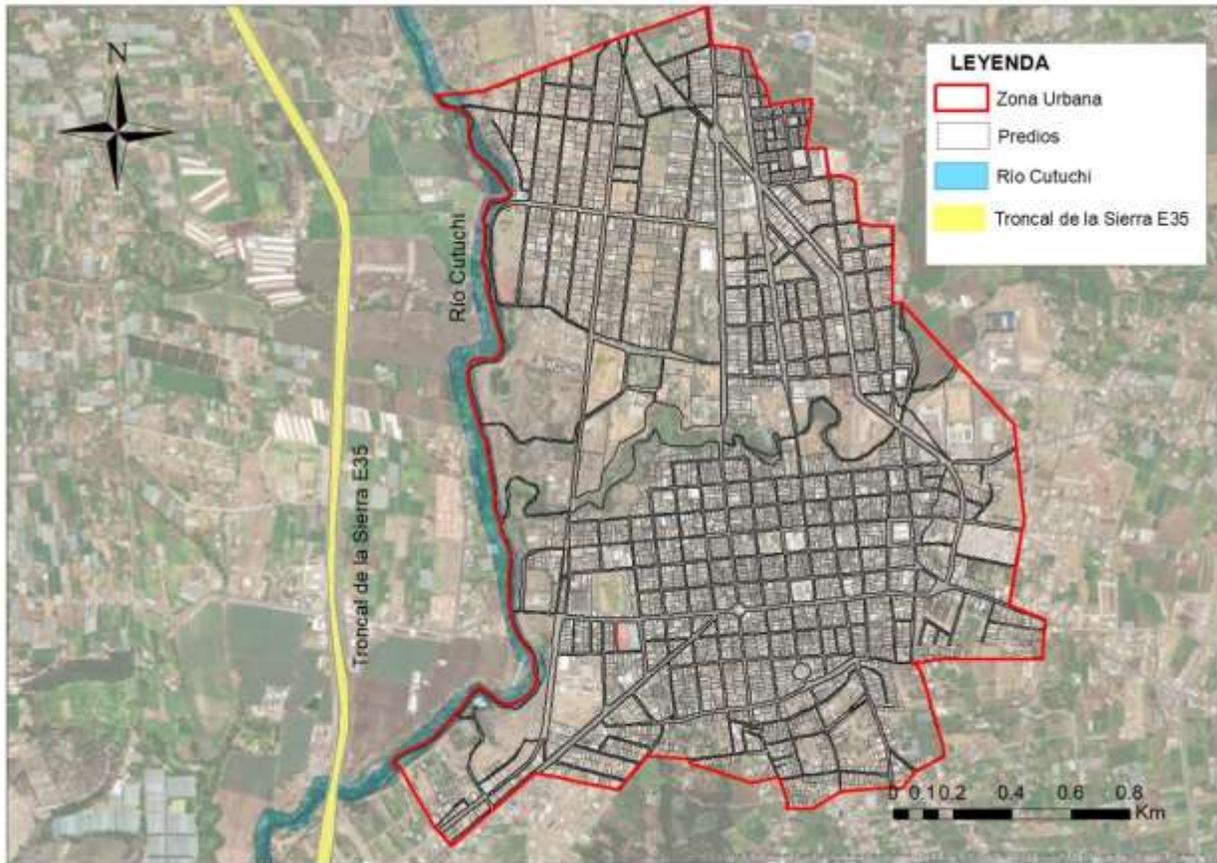


Figura 1. Zona urbana parroquia San Miguel

El servicio de agua potable es administrado por el GAD municipal del cantón Salcedo, el sistema principal está conformado por tres subsistemas mismos que son Carrizal, San Lizardo y Toahilin, estos cuentan con su propia captación y planta de tratamiento.

- **Captaciones de Agua:** La ciudad cuenta con 3 captaciones identificadas con los mismos nombres de los subsistemas, (San Lizardo, Toahilin y Carrizal).
- **Conducción:** El caudal captado se transporta mediante conducciones de PVC, hierro dúctil y acero hacia las plantas de tratamiento.
- **Plantas de Tratamiento:** En las plantas de tratamiento se encuentran los tanques de reserva para la posterior distribución del agua hacia toda la ciudad como se puede apreciar en la figura 2.

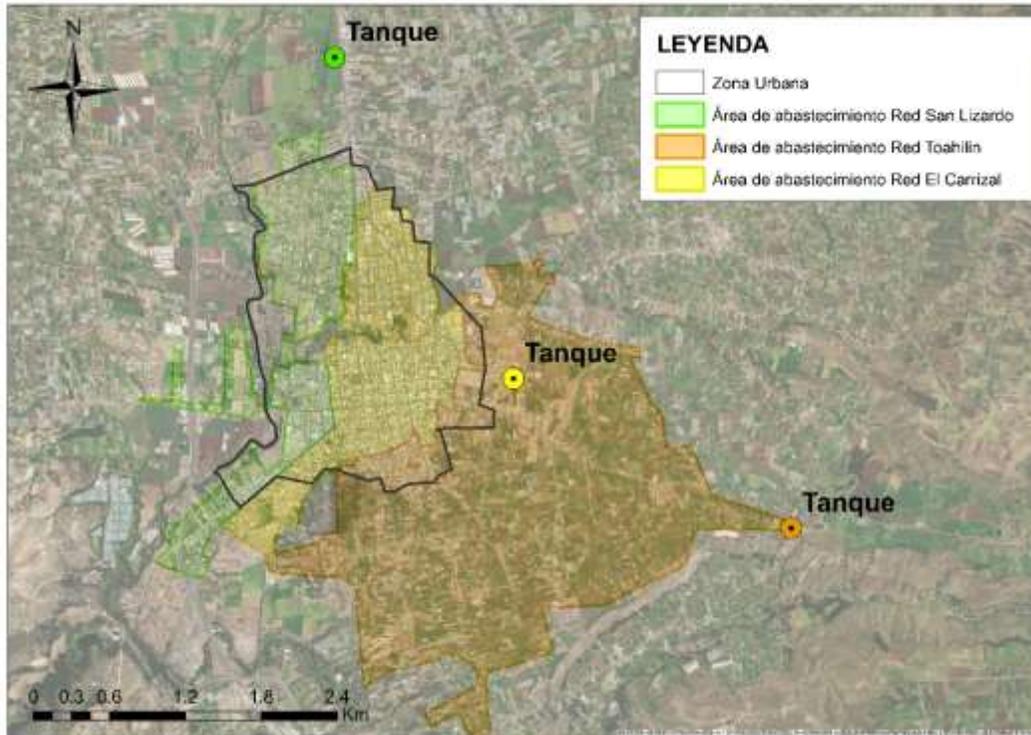


Figura 2. Tanques de reserva de agua potable

Distribución: La distribución se realiza a través de tuberías de PVC y remanentes de asbesto – cemento.

La cobertura del subsistema San Lizardo brinda abastecimiento para la zona oeste de la ciudad además cubre una parte del barrio Argentina a la derecha del río Cutuchi. La longitud aproximada de conducción desde la captación es de 6.62 km a través de tuberías de PCV E/C de 160 y 200 mm de diámetro que llegan hasta el norte de la ciudad donde se encuentra ubicada la planta de tratamiento.

La cobertura del subsistema Toahilin abastece la zona sur oriente de la ciudad, su captación es de la vertiente de Toahilin misma que está a la derecha de la quebrada Galuya, el caudal se conduce hasta la planta de tratamiento con nombre Bellavista a través de tubería PVC de 200 y 250 mm una longitud aproximada de 8 km adicional esta red abastece a los habitantes de Mulliquindil.

Cobertura del subsistema Carrizal esta red cubre la mayor concentración poblacional de la ciudad San Miguel de Salcedo, para lo cual su captación se da en la vertiente Carrizal misma que

está ubicado al margen derecho del río Yanayacu, su conducción hasta el tanque de almacenamiento es de 140 m en tubería de acero de 400 mm, desde este punto se impulsa el agua mediante una estación de bombeo una altura de 1.3 km con tubería compuesta por tramos de distintos materiales: 626 m en tubería PVC de 315 mm, 351 m de 400 mm y 309 m de 250 mm en tuberías de acero. Las zonas de abastecimiento se pueden observar en la figura 3.

A continuación, en la tabla 1 se presenta un resumen de porcentaje de cobertura de agua potable de cada red y habitantes con proyección futura.

Tabla 1

Porcentaje de cobertura por redes de la ciudad de Salcedo.

Subsistema	% servicio	Población 2017 habitantes	Poblaciones 2040 habitantes
San Lizardo	15,88	2111	3441
Carrizal	59.67	7933	12931
Toahilin	24.46	3252	5300

Fuente: (GADM Salcedo, 2024)

El consumo residencial de agua potable es un tema de gran importancia en la gestión de recursos hídricos. En el ámbito doméstico, el agua se utiliza para beber, cocinar, limpiar, bañarse, regar plantas y otras necesidades esenciales. Sin embargo, el uso eficiente del agua en las residencias es crucial para asegurar la sostenibilidad de este recurso vital. Existen varios factores que generan cambios en los patrones de consumo donde podemos destacar el crecimiento demográfico, el desarrollo urbano, la contaminación del agua y el cambio climático (Gildardo et al., 2012).

Existen factores y variables que determinan la variación del consumo de agua entre los cuales se pueden mencionar factores sociales donde se involucran variables como estrato social, habitantes por hogar, niveles de educación, factor climático que abarca precipitación, humedad y temperatura media, factor económico y cultural (Chango, 2011).

El cobro de la tarifa de consumo de agua potable se rige bajo la ordenanza que regula la determinación del cobro del servicio de agua potable y saneamiento en el área urbana y rural del cantón Salcedo, misma que se presenta en la tabla 2.

Tabla 2*Tarifa mensual de agua potable*

Categoría de consumidores		Bloques de consumo m3				
Residencial	Cargo Fijo A.P. US\$/mes 1.00	Rangos	0-10	10-25	26-40	>41
		Tarifas US\$/m3	0.15	0.21	0.26	0.32
No Residencial Productiva	Cargo Fijo A.P. US\$/mes 1.25	Rangos	0-25	26-50	>51	
		Tarifas US\$/m3	0.36	0.39	0.43	
No Residencial No Productiva	Cargo Fijo A.P. US\$/mes 1.25	Rangos	0-25	26-50	>51	
		Tarifas US\$/m3	0.36	0.39	0.43	

Fuente: (GADM Salcedo, 2024)

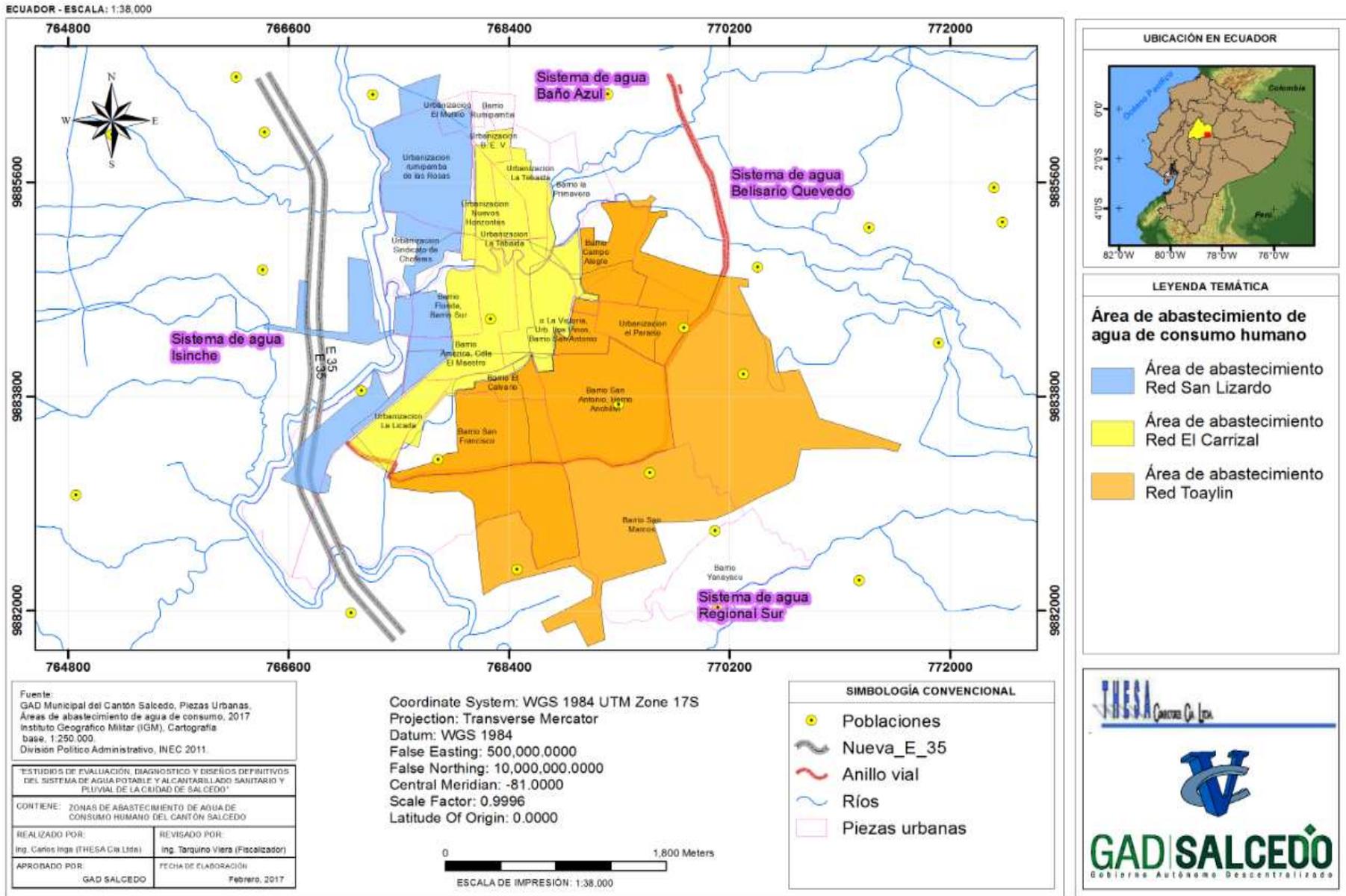


Figura 3. Zonas de abastecimiento de agua de consumo humano.

Fuente: (GADM Salcedo, 2024)

En la tabla 3 se detalla la capacidad de dotación y los usuarios por redes que existen en la ciudad.

Tabla 3

Caudales de las redes de distribución

No	Red	Caudal (l/s)	Usuarios 2024	Funcionamiento captación
1	San Lizardo	12.5 (l/s)	1084	Gravedad
2	Carrizal	80 (l/s)	3477	Bombeo
3	Toahilin	26 (l/s)	3124	Gravedad

Fuente: (GADM Salcedo, 2024)

Las tres redes existentes cubren todos los barrios urbanos de la ciudad de Salcedo y un adicional, la red Toahilin brinda servicio a una parte rural.

Tabla 4

Redes de distribución

Descripción del sistema	Nombre	Área de abastecimiento total (HA)	Barrios o sectores
	Toahilin	600.634 ha	Barrio Campo Alegre Urbanización el Paraíso Barrio La Victoria, Urb. Los Pinos, Barrio San Antonio Barrio El Calvario Barrio San Francisco Barrio San Antonio, Barrio Anchiliví Barrio San Marcos
			Barrio La Tebaida Barrio La Tebaida - B.E.V. Barrio Nuevos Horizontes.

Áreas de abastecimiento de agua de consumo		187.579 ha	Barrio América. Barrio Norte. Barrio Centro. Barrio San Antonio 1 Barrio Nuestro Pueblo. Barrio Ciudadela el Maestro. Barrio Sur. Barrio la Florida. Barrio San Sebastián. Barrio la Palmira.
	El Carrizal		
			Urbanización Rumipamba de las Rosas Urbanización El Molino Urbanización Nuevos Horizontes Urbanización Sindicato de Choferes Barrio América, Cdl. El Maestro Barrio Florida, Barrio Sur
	San Lizardo	167.792 ha	

Fuente: (GADM Salcedo, 2024)

1.3. Planteamiento del problema

En la actualidad a nivel nacional debido al crecimiento poblacional en las diferentes provincias del Ecuador y diversos factores que intervienen en la adecuada distribución de agua potable. Se conoce que no todos los hogares tienen el privilegio de tener agua potable a su disposición, es por esto, que la dotación de este recurso es un problema que afecta directamente a la calidad de vida de personas y al desarrollo económico (Chango, 2011).

Arellano et al., (2018) menciona que los consumos de agua potable varían según las características de las poblaciones y son considerados para establecer las dotaciones mínimas de diseño de los sistemas de abastecimiento de agua potable. Si no se tiene control ni registros de

dichos consumos, no se podrán realizar mejoras en la distribución del agua en Ecuador ya que es una problemática a nivel global.

En Ecuador se han iniciado investigaciones acerca de la cantidad y calidad del consumo de agua por regiones, pero los municipios no cuentan con la información suficiente para generar patrones y hábitos de consumo, lo que ayudaría a tener una mejor gestión para el abastecimiento del agua potable.

El consumo residencial de agua potable es un tema de creciente preocupación debido a su impacto directo con la sociedad por su distribución y conservación, a pesar de los esfuerzos por promover la conservación del agua, el consumo en los hogares sigue siendo elevado en varios lugares del país. Esta investigación busca identificar los factores que influyen en el consumo de agua potable en los hogares, así como las posibles estrategias para fomentar un uso más eficiente y responsable de este recurso vital. El objetivo es contribuir al desarrollo de políticas y prácticas que promuevan un consumo sostenible de agua potable a nivel residencial, ya que contar con una línea base de consumo máximo y mínimo en varios sectores permitirán tener noción para una mejor distribución y de esta forma evitar el desperdicio del líquido vital que es una problemática actual, en la ciudad San Miguel de Salcedo el agua potable es desperdiciada. Así, la pregunta de investigación que guía este estudio es: ¿Cuál es el consumo horario de agua potable en las residencias del cantón Salcedo y qué factores influyen en su variación a lo largo del día? Este enfoque permitirá generar datos que contribuyan a una gestión más eficiente del recurso y a una planificación acorde con las necesidades de la población.

1.4. Objetivos

1.4.1. General

- Analizar el consumo horario de agua potable de las redes de abastecimiento en las zonas residenciales urbanas del cantón Salcedo.

1.4.2. Específicos

- Realizar la caracterización urbanística y socioeconómica en la zona urbana del cantón Salcedo.
- Analizar los factores determinantes del consumo residencial de agua potable en el cantón Salcedo.
- Crear la curva de consumo horario de agua en la zona residencial del cantón Salcedo, para obtener el gasto máximo y mínimo de agua por hora.
- Evaluar los índices de consumo horario de agua potable en los hogares del cantón Salcedo.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Definiciones generales

2.1.1. El agua

El agua es un recurso vital que posee propiedades físicas y químicas que lo hacen única, es esencial para la mantener la vida biológica, además tiene múltiples aplicaciones en la ingeniería, este recurso requiere de una gestión eficiente para garantizar la calidad, disponibilidad y conservación para las presentes y futuras generaciones. (ONU, 2023).

2.1.2. Agua potable

El agua potable se le denomina a aquella que ha sido tratada y purificada, es decir que está libre de contaminantes y microorganismos patógenos haciéndola segura y que el consumirla no representa riesgos para la salud y que debe cumplir con índices de calidad (SAGUAPAC, 2020).

2.1.3. Sistema de abastecimiento de agua potable

Un sistema de abastecimiento de agua potable en un conjunto de obras necesarias para realizar captación, conducción, tratamiento, almacenamiento y distribución del agua desde fuentes naturales ya sean subterráneas o superficiales (Cárdenas & Patiño, 2010).

2.1.4. Redes de distribución de agua potable

Son las tuberías y componentes que transportan el agua potable desde los tanques de almacenamiento hasta los usuarios finales. Estas redes pueden ser abiertas o cerradas y están diseñadas para suministrar el agua en cantidad suficiente y con la presión adecuada a las viviendas, negocios e industrias (Gámez et al., 2017).

2.1.5. Consumo de agua

Se refiere al volumen de agua gastada o utilizada en un día por una población para cubrir sus necesidades ya sea para beber, preparar alimentos, aseo personal y lavar. “El consumo de agua va relacionado con la demanda de la población y la capacidad de abastecimiento que tenga la entidad encargada de esa gestión” (Arellano et al., 2018).

2.1.6. Caudal

Se define como el volumen de agua que fluye a través de la sección dada de un río, un área determinada y dispositivo o método de medición, por unidad de tiempo. Medido en unidades de metros cúbicos por segundo (m^3/s) o litros por día (l/d). Es importante mencionar el caudal máximo y caudal mínimo definen cuánta agua se tiene y poder disponer en diferentes aplicaciones (Martín. I, 2011).

2.1.7. Curva de consumo horario

En el sistema de suministro de agua potable en una población, el flujo del agua experimenta variaciones temporales que suele seguir ciclos de 24 horas a esto de lo denomina curva de consumo horario. Para esto se requiere levantar información del comportamiento del consumo del agua potable cada hora durante los 7 días de la semana. Esta curva depende de los hábitos de consumo de cada lugar, tipo de vivienda, número de habitantes, clase social, clima, entre otras (Santiago & Chiliquinga, 2019).

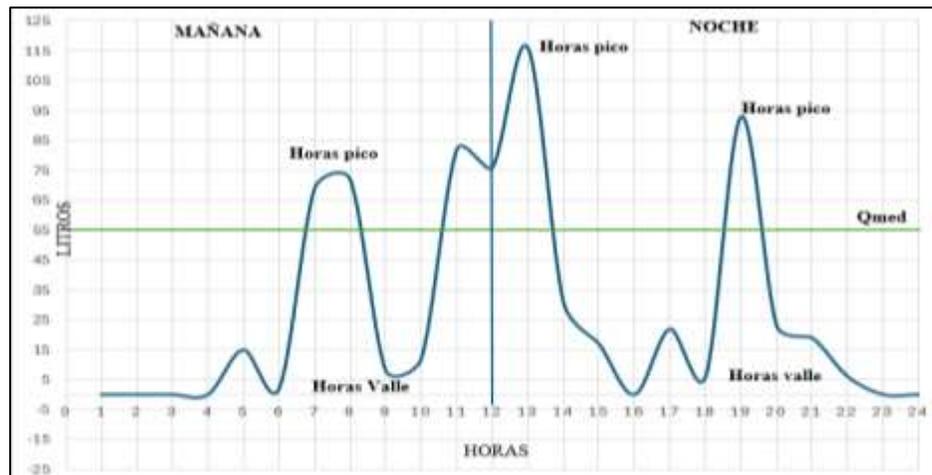


Figura 4. Curva típica de consumo horario residencial

2.1.8 Medidores de agua potable

Es un dispositivo con la capacidad de medir el caudal, la velocidad y la presión del agua que llega a cada domicilio. Estos se clasifican por su accionamiento, pueden ser un medidores mecánicos o electrónicos. También por su mecanismo de medición volumétrica o de velocidad (Comisión Estatal de Aguas Querétaro, 2019).

2.2. Estado del arte

Según las Naciones Unidas en el mundo 2.100 millones de personas no cuentan con el acceso a agua tratada y menos disponible en sus hogares. Donde también menciona que el acceso al agua potable y saneamiento son derechos humanos básicos y son necesarios para mantener la dignidad de las personas y garantizar la salud, de este modo son importantes para construir sociedades pacíficas y erradicar la pobreza (ONU-OMS, 2011).

La Constitución de la República del Ecuador (2008), en el artículo 375 establece que: “El estado, en todos sus niveles de gobierno, garantizará el derecho al hábitat y a la vivienda digna, para lo cual garantizará la dotación ininterrumpida de los servicios públicos de agua potable y electricidad a las escuelas y hospitales públicos”.

Según el ARCA (2022) el modelo de gestión para la prestación del servicio de agua potable en el 2022 se lleva a cabo de maneras diferentes, como es el caso de que los GADM Municipales gestionan el 62.9% de la prestación del servicio de agua potable, mientras que el 30.3% es gestionado por empresas públicas municipales y el 6.3% mediante empresas públicas mancomunadas.

En Ecuador, según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), y a través de la Gestión de Agua Potable y el Saneamiento en 2022, la continuidad del servicio de agua potable varía según la región, siendo gestionado directamente por Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD) Municipales en el área urbana. La Amazonía es la región con mayor continuidad del servicio que cuenta con 23.1 horas/día, seguido por la Sierra donde el servicio tiene continuidad de 22.9 horas/día, en el caso de la Costa que cuenta con 20.3 horas/día y finalmente la región Insular donde la continuidad del servicio es de 8.3 horas/día (ARCA, 2022).

El Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) en sus normas para el estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para población mayores a 1000 habitantes en (1992) establece que “El coeficiente de variación del consumo máximo horario debe determinarse con base a estudios de sistemas existentes, y aplicar por analogía al proyecto en estudio. En caso contrario se recomienda utilizar los siguientes valores: $k_{max.hor} = (2 \text{ a } 2.3) Q_{med}$ ”.

En el estudio realizado en el cantón Guano se efectuó la medición del caudal las 24 horas de día durante 7 días continuos, donde se levantó información sobre el comportamiento del consumo horario residencial, de esta forma se generaron las curvas de consumo horario de 152 muestras dando como resultado que a las 06h00 de la mañana se presenta el mayor valor de consumo con 134.25 l/h, de igual forma a las 11h00 del medio día con 135.75 l/h y a las 19h00 por la noche con 151.21 l/h (Llamuca & Vallejo, 2023).

En los cantones de Pelileo y Baños se realizó un estudio para elaborar las curvas de consumo horario residencial, abarcando las 24 horas durante un periodo de 7 días, donde el caudal máximo registrado en Baños fue a las 12h00 con un consumo de 120 l/h seguido por la noche donde a las 19h00 se registró 100 l/h y por la mañana a las 06h00 se registró 80 l/h. En el cantón de Pelileo el máximo consumo se registró de 12h00 a 13h00 un valor de 100 l/h, seguido por el consumo a las 06h00 de la mañana y 18h00 por la tarde donde el consumo fue de 80 l/h (Macas & Rodas, 2023).

En el cantón Riobamba, se realizó el estudio que incluyó mediciones durante las 24 horas del día, a lo largo de 7 días. Durante este periodo se recolectaron datos de 379 muestras, lo que permitió determinar los coeficientes variación horaria en 3 redes existentes. A las 07h00 de la mañana, los coeficientes de variación fueron los siguientes: 2.99 en la red Maldonado, 2.61 en red Piscin y 2.69 en la red Saboya. En contraste en la red San Martin de Veranillo el coeficiente de variación registrado a las 06h00 de la mañana fue de 2,52 (Alulema & Estrada, 2023).

En el cantón Guamote se realizó el estudio para determinar los coeficientes de variación del consumo horario de agua potable residencial donde se obtuvo como resultado que el máximo valor se presentó a las 13h00 del medio día de 2.55 seguido por las 20h00 de la noche con 2.58 (Moreno & Guamán, 2023).

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo de investigación

Para el desarrollo de la investigación se empleó un nivel metodológico de tipo exploratorio, descriptivo y analítico. Para la ejecución del estudio fue necesario realizar una serie de actividades enmarcadas en distintas etapas, siendo la primera etapa de carácter exploratorio constando de las siguientes actividades: revisión de fuentes bibliográficas relacionadas con el tema de investigación, la identificación de la zona en estudio, la recolección de información de entidades encargadas, la demarcación de las manzanas residenciales, la selección de las muestras, la aplicación de una encuesta de caracterización urbanística y socioeconómica para determinación de estratos, adicional realizar una encuesta con el fin de verificar si poseen cisternas o reservorios de agua potable y conocer el comportamiento de consumo seguido la medición de caudales diarios durante 7 días de cada uno de los medidores de las viviendas.

Culminada la primera etapa se puso en marcha la segunda etapa con carácter descriptivo involucrando la realización de las siguientes actividades: organización de la información, tabulación de datos, eliminación de datos anómalos, aplicaciones estadísticas, extracción de información de las encuestas y construcción de la curva.

La tercera y última etapa hace referencia al carácter analítico de la investigación implicando las siguientes actividades: lectura e interpretación de la curva de consumo, la identificación de las horas pico y la obtención de indicadores como el gasto máximo y mínimo de agua por hora.

3.2. Esquema de la metodología aplicada en la investigación

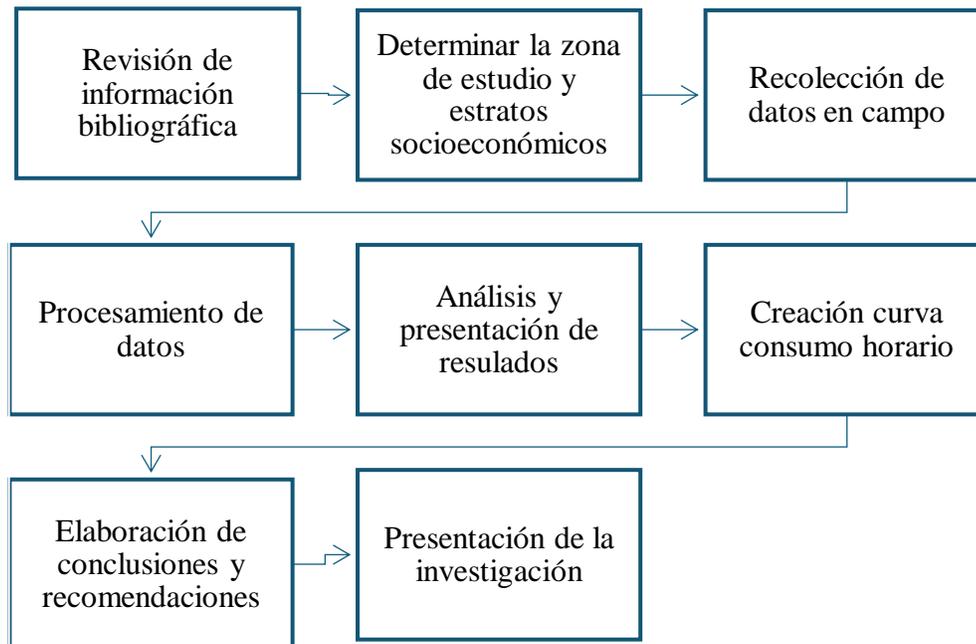


Figura 5. Esquema metodológico de la investigación

3.3. Técnicas de recolección de datos

Para la clasificación de estratos sociales del cantón Salcedo, se empleó el método del estudio realizado por Arellano et al. (2012) “Métodos de caracterización urbanística y socioeconómica para poblaciones menores a 150000 habitantes” donde especifica los parámetros a considerar, como: número de casas, número de pisos, aspecto de fachadas, tipo de calzada y los servicios que disponen una manzana, a los cuales se les asigna una puntuación para finalmente procesar la información en tablas con la ayuda de Excel y determinando el estrato en el que se encuentra la zona de estudio.

Para la aplicación de este método de recolección de datos se cuenta con dos fichas de campo, una para la caracterización urbanística y la otra para la caracterización socioeconómica en las cuales se asigna una puntuación de acuerdo con los servicios que dispone la manzana y a los ingresos económicos por hogar y finalmente determinar el estrato social al que pertenecen mediante los rangos de puntuación que se detallan en las siguientes tablas:

Tabla 5*Puntaje para la categorización urbana (unidad manzana)*

Rango	Categoría	Estrato socio económico
≥ 300	A	De altos ingresos
299-200	B	De ingresos mayores al promedio
199-100	C	De ingresos menores que el promedio
≤ 100	D	De ingresos bajos

Fuente: (Arellano et al., 2012)**Tabla 6***Puntaje para la categorización socioeconómica (unidad vivienda)*

Rango	Categoría	Estrato socio económico
100-81	A	Alto
80-61	B	Medio alto
60-31	C	Medio bajo
30-0	D	Bajo

Fuente: (Arellano et al., 2012)

Para el muestreo se aplicó un método aleatorio o probabilístico lo que significa que todos los miembros de la población tienen la misma oportunidad de ser incluidos en la muestra. El muestreo aleatorio simple consiste en escoger al azar un número determinado de elementos de una población general, como, por ejemplo, los usuarios que se benefician de un servicio (Cantoni, 2009).

3.4. Población y tamaño de muestra

3.4.1. Población

La población de estudio a tomarse en cuenta son las acometidas domiciliarias del sector residencial del cantón Salcedo, se conoce que actualmente existen tres redes de distribución de agua potable para cubrir las necesidades de la zona urbana, el número de usuarios es de 7685 que

sería el número de medidores totales, de esta población se obtendrá una muestra representativa para el desarrollo de la investigación.

3.4.2. Proceso de caracterización urbanística y socio económica

La zona urbana del cantón Salcedo cuya cabecera cantonal es la parroquia San Miguel, cuenta con un total de 265 manzanas, como se muestra en la figura 6. De estas, 204 manzanas son de carácter residencial mientras que los 61 restantes corresponden a áreas educativas, parques, mercados, zonas deportivas, entre otras. Tal como se presenta en la figura 7:

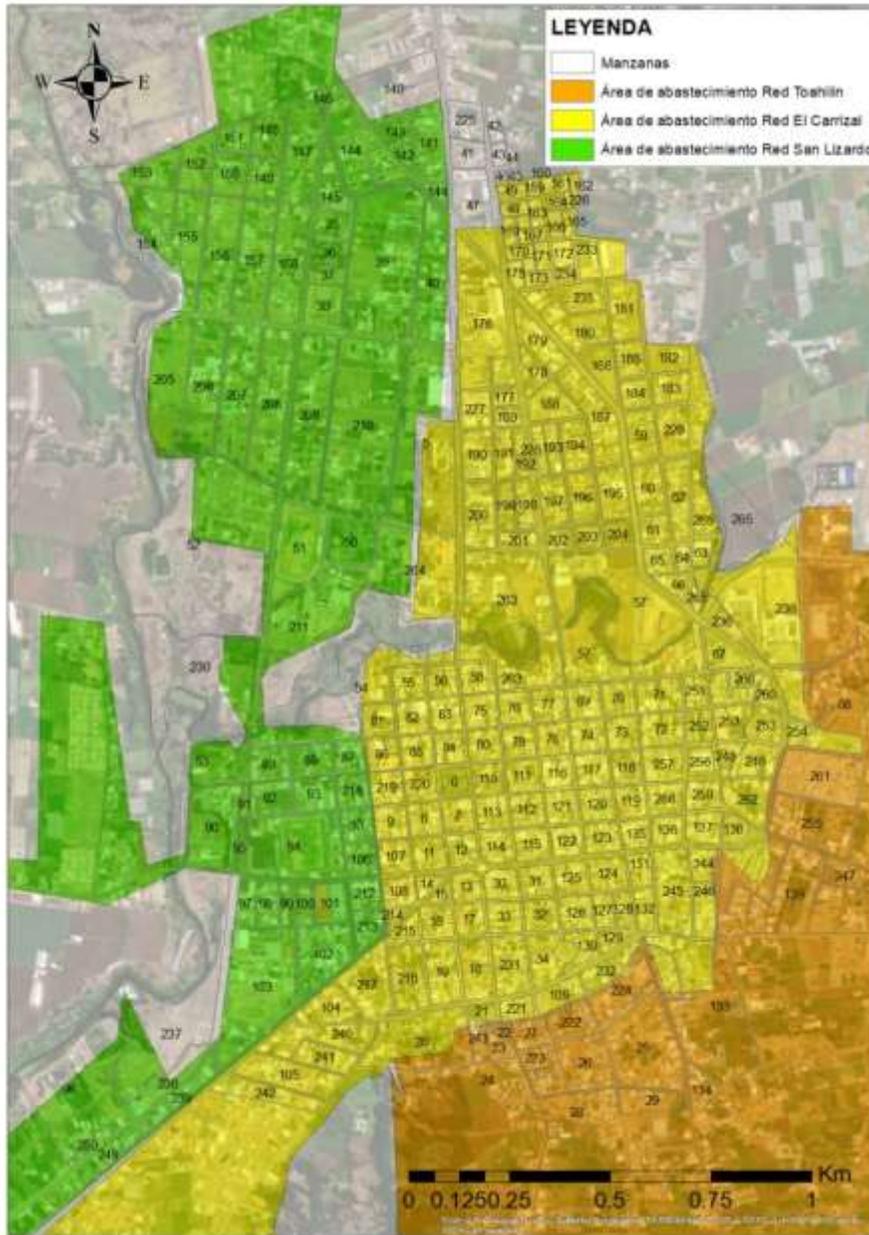


Figura 6. Mapa de redes de distribución y enumeración de manzanas urbanas

Del mismo modo para la selección de la muestra se identificaron los predios netamente residenciales los cuales se representan en el siguiente mapa de color verde oscuro.

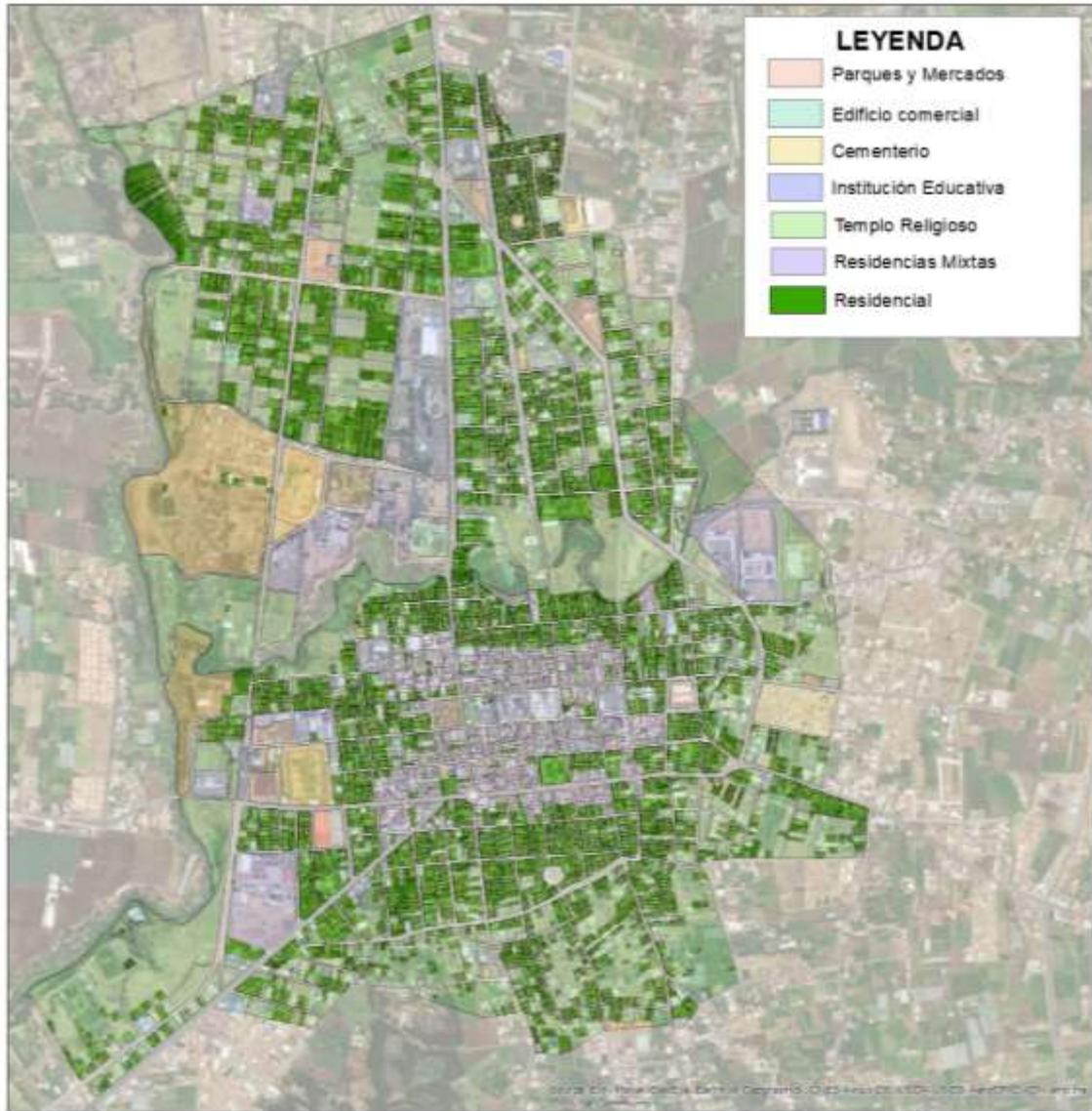


Figura 7. Tipos de edificaciones en la zona urbana

De las 204 manzanas estudiadas se determinó que el 1% de las manzanas pertenecen a la categoría A, mientras que el 46% a la categoría B, seguido con el 50% a la categoría C y finalmente el 2% a la categoría D en cuanto a la caracterización urbanística empleando la ficha que se muestra en el **Anexo 1**.

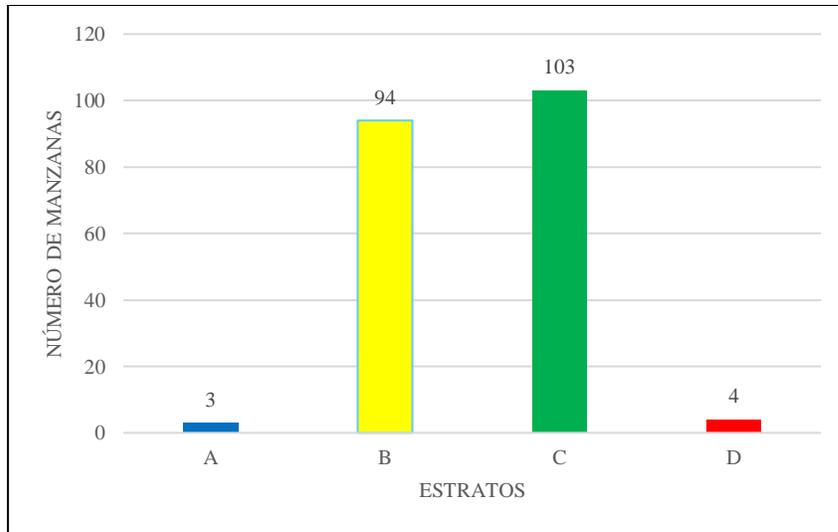


Figura 8. Caracterización urbanística de 204 manzanas de Salcedo

Del mismo modo para realizar la caracterización socioeconómica se empleó la encuesta presentada en **Anexo 2** a través del cual se obtuvo las puntuaciones tomando por unidad de medida la vivienda para categorizarlas en estratos A, B, C y D respectivamente. Siendo B y C las categorías predominantes en las viviendas encuestadas.

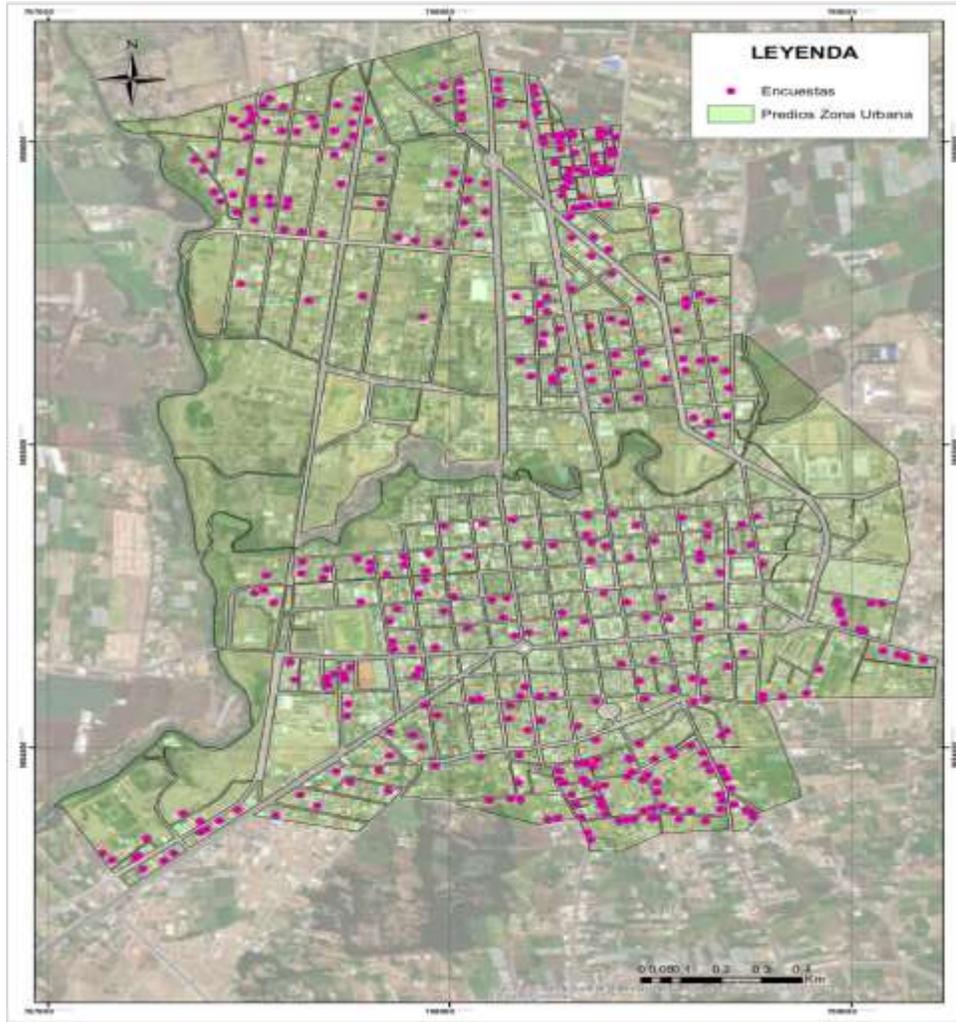


Figura 9. Mapa de viviendas encuestadas para la caracterización urbanística

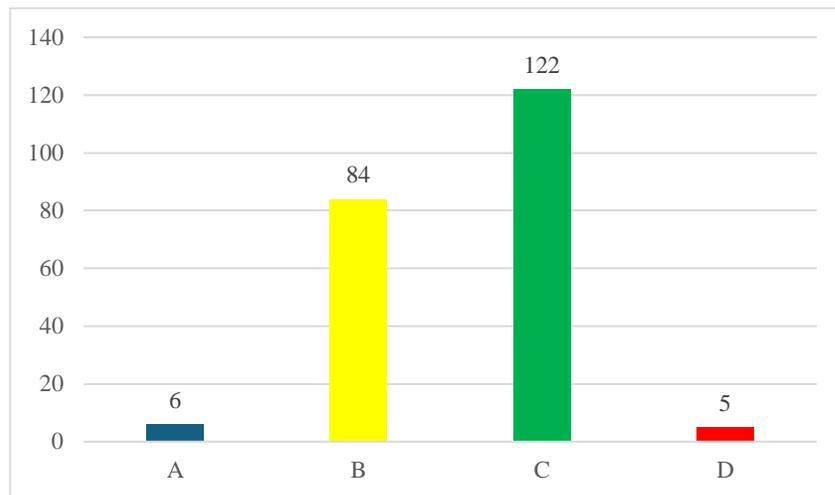


Figura 10. Caracterización socioeconómica

3.4.3. Muestra

Se emplea la siguiente fórmula para determinar el tamaño de la muestra a estudiar, misma que es válida para variables cualitativas de una población finita con un margen de error del 5% y una confiabilidad del 95%.

$$n = \frac{N * z^2 * p * q}{E^2 * (N - 1) + z^2 * p * q} \quad (1)$$

Donde:

n = tamaño de la muestra

z = parámetro estadístico que depende del nivel de confianza seleccionado, para el caso de 95% el valor de Z es igual a 1.96.

N = número de usuarios residenciales de agua potable.

p = porcentaje de ocurrencia; para el cálculo será igual a 0.50.

q = porcentaje de no ocurrencia; para el cálculo será igual a 0.50.

E = Límite aceptable de error 5%.

Tabla 7

Determinación de la muestra del estudio

Población (Hab)	Fórmula	No. de muestras
7685 usuarios	$n = \frac{7685 * 1.96^2 * 0.5 * 0.5}{0.05^2 * (7685 - 1) + 1.96^2 * 0.5 * 0.5}$	258

Fuente: (Capito & Espín, 2024)

3.4.4. Análisis y procesamiento de la aplicación de encuestas

La muestra general obtenida fue de 258 unidades (casas) a las cuales se aplicó la encuesta socioeconómica **Anexo 2**, la cual brinda información necesaria como el número de habitantes, fuentes de ingreso y calidad de servicios que posee la vivienda.

Adicional a la encuesta socioeconómica se realizó una encuesta rápida **Anexo 3** con el fin de obtener información como: disponibilidad de servicio de agua potable durante en el día, usos frecuentes de agua potable, percepción de la calidad de agua de consumo, aparatos sanitarios totales y si cuentan con un tanque elevado o cisterna.

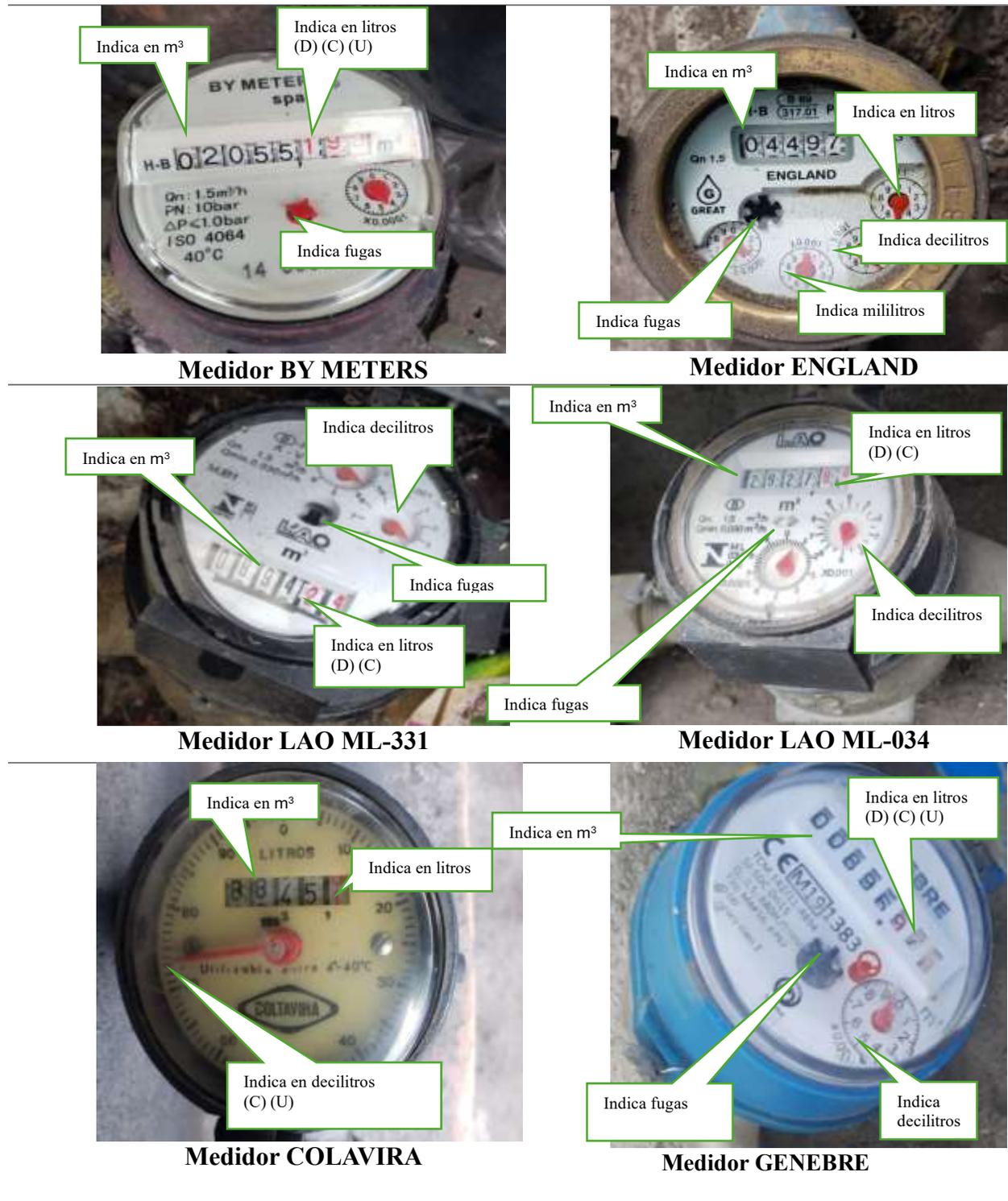
Con el fin de obtener resultados precisos y representativos, se decidió excluir las viviendas que cuenten con cualquier tipo de depósito de almacenamiento de agua ya sea cisternas o tanques elevados debido a que afectaría la continuidad de consumo en el transcurso del día. De la totalidad de 366 encuestas realizadas se eligieron 258 viviendas aptas para el estudio.

3.4.5. Análisis y procesamiento de datos recolectados en campo.

Para obtener la curva de consumo horario se realizó el registro cada hora del consumo de agua que existe en los medidores seleccionados y marcados con anterioridad las cuales están marcadas con la letra del estrato a la que pertenece.

Se pudo encontrar seis modelos de medidores instalados en todas las redes de la ciudad los cuales tienen distintas formas de toma de datos debido a la nomenclatura que traen cada uno como se aprecia en la siguiente tabla:

Tabla 8
Tipos de medidores



3.4.6. Digitalización de resultados

Después de la recolección de la información, se realizó un proceso de depuración de datos obtenidos en campo. Posteriormente se procesaron utilizando el software Excel registrando la semana de consumo de cada medidor de las viviendas, las cuales estaban asignadas a sus respectivos estratos. Los datos fueron organizados en una ficha de registro de consumo horario como se puede apreciar en la figura 11.

"CONSUMO HORARIO RESIDENCIAL DE AGUA POTABLE DEL CANTÓN SALCEDO"										 Unach <small>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO</small>						
FICHA DE REGISTRO CONSUMO HORARIO RESIDENCIAL																
COD- MEDIDOR	RED			FECHA:				HORA	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo		Consumo (l)	Consumo (l)	Consumo (l)	Consumo (l)	Consumo (l)	Consumo (l)	Consumo (l)	
INTERVALO DE TIEMPO	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura									
00:00 a 01:00								1:00	0	0	0	0	0	0	0	
01:00 a 02:00								2:00	0	0	0	0	0	0	0	
02:00 a 03:00								3:00	0	0	0	0	0	0	0	
03:00 a 04:00								4:00	0	0	0	0	0	0	0	
04:00 a 05:00								5:00	0	0	0	0	0	0	0	
05:00 a 06:00								6:00	0	0	0	0	0	0	0	
06:00 a 07:00								7:00	0	0	0	0	0	0	0	
07:00 a 08:00								8:00	0	0	0	0	0	0	0	
08:00 a 09:00								9:00	0	0	0	0	0	0	0	
09:00 a 10:00								10:00	0	0	0	0	0	0	0	
10:00 a 11:00								11:00	0	0	0	0	0	0	0	
11:00 a 12:00								12:00	0	0	0	0	0	0	0	
12:00 a 13:00								13:00	0	0	0	0	0	0	0	
13:00 a 14:00								14:00	0	0	0	0	0	0	0	
14:00 a 15:00								15:00	0	0	0	0	0	0	0	
15:00 a 16:00								16:00	0	0	0	0	0	0	0	
16:00 a 17:00								17:00	0	0	0	0	0	0	0	
17:00 a 18:00								18:00	0	0	0	0	0	0	0	
18:00 a 19:00								19:00	0	0	0	0	0	0	0	
19:00 a 20:00								20:00	0	0	0	0	0	0	0	
20:00 a 21:00								21:00	0	0	0	0	0	0	0	
21:00 a 22:00								22:00	0	0	0	0	0	0	0	
22:00 a 23:00								23:00	0	0	0	0	0	0	0	
23:00 a 00:00								MAX TRAZO	0	0	0	0	0	0	0	

Figura 11. Ficha de registro de consumo de agua potable.

Para poder analizar la relación entre la variación de consumo horario por cada hora del día se empleó el software minitab 19 que nos permite obtener diagramas de dispersión para ver los patrones de consumo y datos anómalos como se puede observar en la figura 12.

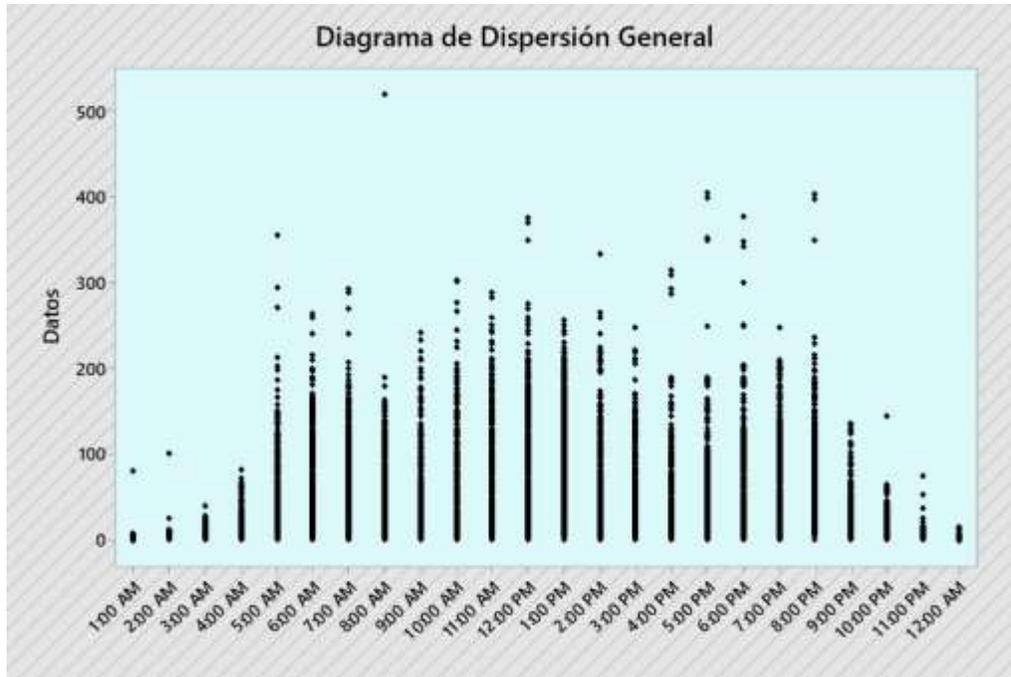


Figura 12. Diagrama de dispersión de las redes de distribución.

Finalizando la etapa de registro se procedió a realizar un análisis estadístico en minitab 19 con el fin de generar diagramas de dispersión de cajas y bigotes para obtener el caudal medio que es el punto de partida.

3.4.7. Validación de datos

Para la validación de datos obtenidos se empleó el diagrama de cajas y bigotes con la finalidad de eliminar los valores anómalos y de esta forma obtener la mayor cantidad de datos representativos específicamente el cuartil Q3 que representa el 75% de los datos más bajos, los cuales son valores aceptables para la creación de las curvas de consumos horarios de las redes de distribución analizadas y de sus respectivos estratos socioeconómicos.

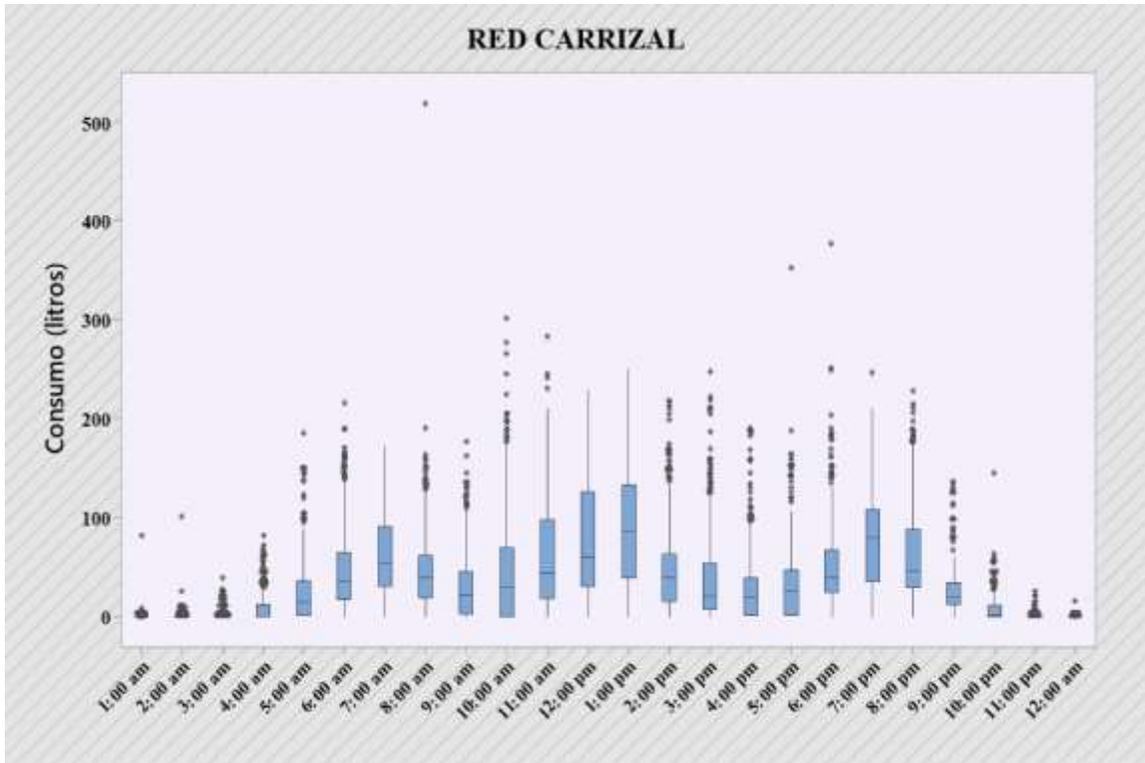


Figura 13. Diagrama de cajas y bigotes

3.4.8. Caudal Medio

Por definición el caudal medio es el promedio aritmético entre los datos de consumo diario de agua registrados durante un periodo de tiempo y viene expresada mediante la siguiente ecuación:

$$Q_{med} = \frac{\sum Qh}{24} \quad (2)$$

Donde:

Q_{med} : Caudal Medio

$\sum Qh$ = Sumatoria de consumo de 24 horas

3.4.9. Caudal de fugas de fondo

El caudal de fugas de fondo se refiere a la cantidad de fluido que se escapa a través de una fuga en un sistema de tuberías o equipos. Generalmente se tiene un caudal de fugas durante la madrugada, bajo los parámetros establecidos por la Asociación internacional del agua (IWA),

Estrada (2019) menciona que el caudal de fugas de fondo se puede estimar como el 20% del caudal medio y con un rendimiento de una red al 80% que es considerado como bueno, misma se presenta en la siguiente ecuación:

$$Q_{fon} = 20\% * Q_{med} \quad (3)$$

Donde:

Q_{fon} = caudal de fondo

Q_{med} = caudal medio

3.4.10. Coeficiente de variación horario de consumo (kh)

El coeficiente de variación horario de consumo (K_h) de agua potable es una medida que indica cómo varía el consumo de agua a lo largo de diferentes horas del día. Este coeficiente es crucial para el diseño y la gestión de sistemas de distribución de agua, ya que ayuda a prever los picos de demanda y a dimensionar adecuadamente las infraestructuras y viene dada por la siguiente expresión:

$$K_h = \frac{Q_h}{Q_{med}} \quad (4)$$

Donde:

K_h = Coeficiente de variación horario de consumo.

Q_h = Caudal de cada hora.

Q_{med} = Caudal medio.

Los valores de k_{max} . hora según el INEN, (1992) al no contar con estudios especializados recomienda utilizar entre 2 a 2.3 para la comparación del estudio.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Factores que inciden en consumo de agua potable

4.1.1. Estratificación urbanística socioeconómica

Luego de haber concluido la caracterización urbanística de las 204 manzanas que representa la totalidad de las manzanas urbanas en términos generales 1% pertenece al estrato A, el 46% al estrato B, el 50% al estrato C y el 2% al estrato D.

Tabla 9

Estratificación urbanística de las manzanas estudiadas

ESTRATOS	CANTIDAD MANZANAS	%
A	3	1%
B	94	46%
C	103	50%
D	4	2%
TOTAL, MANZANAS	204	100%

Tabla 10

Resumen de número de casas por cada red y por estrato

REDES DE DISTRIBUCIÓN	A	B	C	D	TOTAL
Red San Lizardo	3	44	34	6	87
Red El Carrizal	2	35	43	6	86
Red Toahilin	1	32	41	11	85
					258

En la figura 14 se puede visualizar la distribución de la muestra por cada red con sus respectivos porcentajes por cada estrato evidenciando de esta forma que los estratos B y C predominan en las 3 redes y con un leve aumento del estrato D en la red Toahilin respecto a las demás.

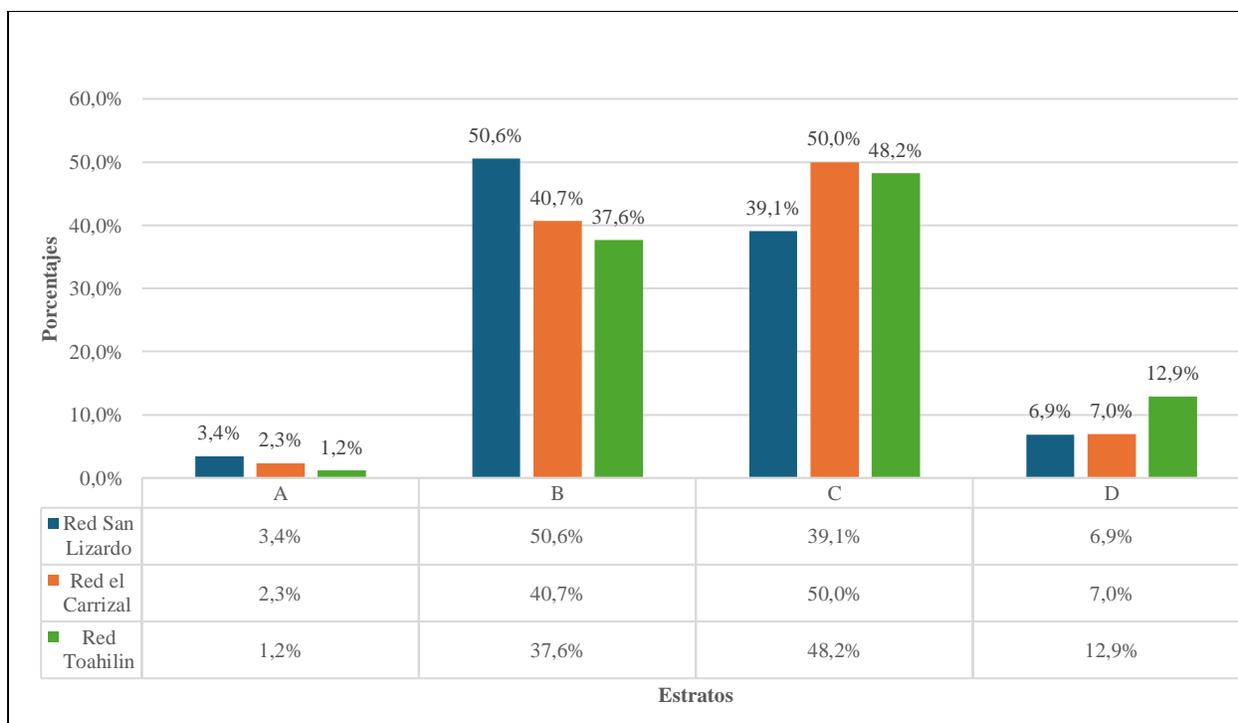


Figura 14. Caracterización socioeconómica

Dentro de la sociedad los estratos socioeconómicos son una forma de clasificar a los habitantes en varios grupos o niveles siendo el estrato A de altos ingresos y de mejor calidad de vida, mientras que los estratos B y C en términos generales representan el nivel medio y finalmente el estrato D que representa a las personas de bajos recursos. Esta estratificación es útil para realizar estudios que permitan determinar el nivel de vida que llevan en cada estrato con el fin de mejorar la calidad de un servicio en una población.

En base a lo mencionado anteriormente se realizó una encuesta socioeconómica para poder conocer a que estrato corresponde cada vivienda y del mismo modo se empleó una encuesta rápida sobre el uso y calidad de agua potable en los hogares tal como se presenta en la figura 15.

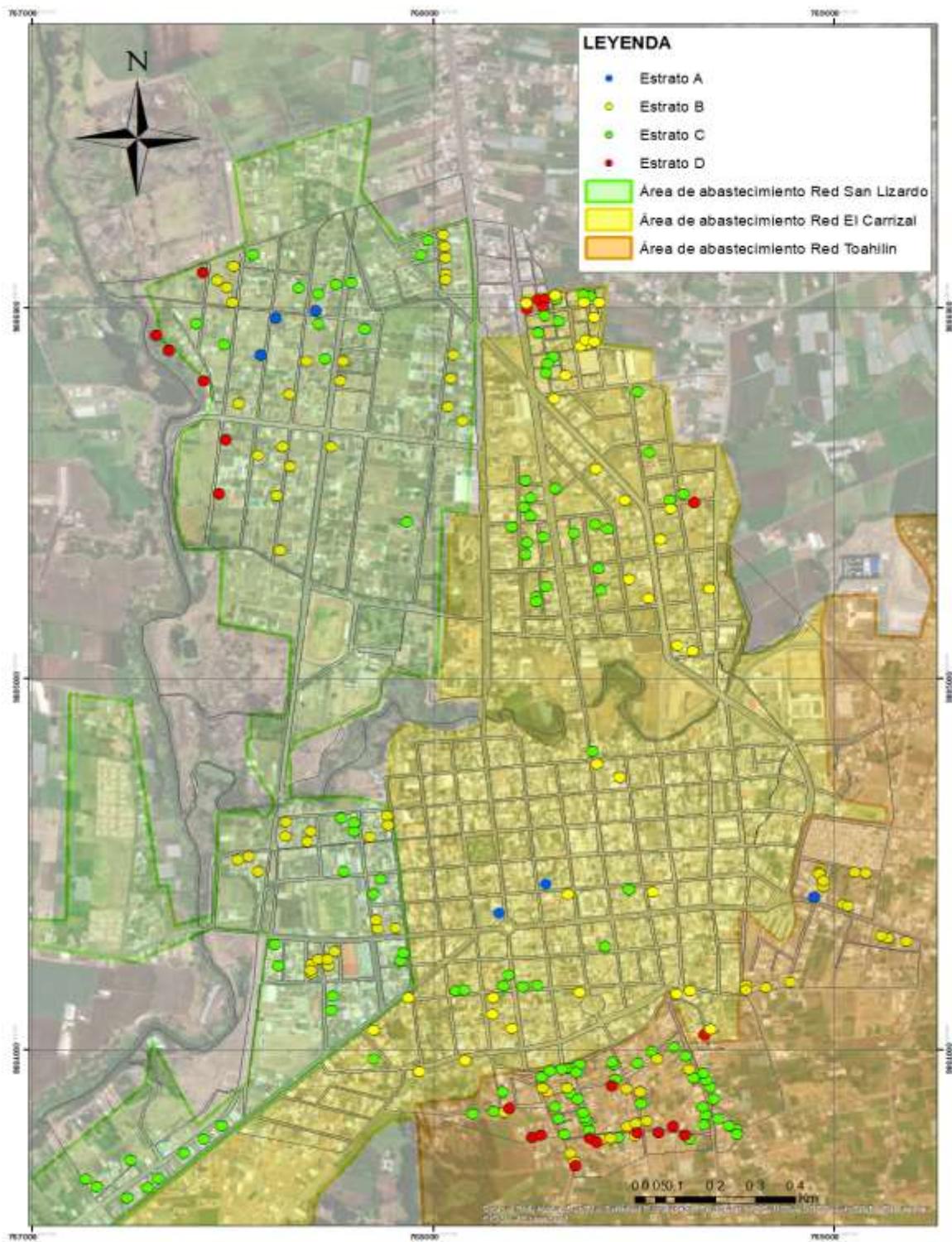


Figura 15. Mapa de viviendas encuestadas

4.1.2. Número de habitantes en la vivienda

El número de usuarios que habitan en una vivienda es el factor de mayor importancia a tener en cuenta al realizar un análisis de consumo de agua potable residencial, ya que permite estimar el consumo diario por vivienda.

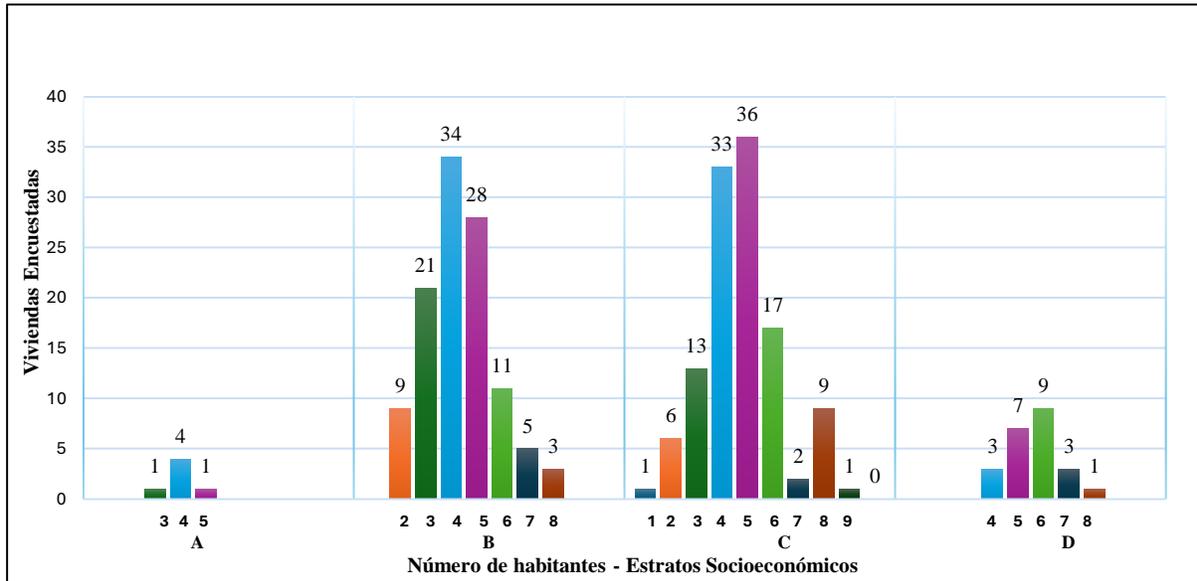


Figura 16. Número de personas por vivienda

En la figura 16 se presenta el número habitantes y las viviendas encuestadas en cada estrato. A partir de estos datos, se calculó el promedio de habitantes por vivienda: el estrato A un promedio de 4 habitantes/vivienda, el estrato B de 4.34 habitantes/vivienda, el estrato C de 4.75 habitantes/vivienda y el estrato D de 5.65 habitantes/vivienda. Estos valores permitieron estimar un promedio de 4,69 habitantes por vivienda de la cabecera cantonal de Salcedo.

4.1.3 Calidad de agua potable

La calidad de agua se puede determinar por varios factores como los parámetros fisicoquímicos y parámetros biológicos mediante pruebas de laboratorio. En este estudio se consideró la percepción de la ciudadanía sobre el nivel de servicio que reciben de la entidad encargada, se planteó cuatro niveles de servicio: excelente, buena, regular y mala para determinar la calidad de agua que reciben.

Mediante la aplicación de la encuesta se obtuvieron los siguientes resultados: el 3.3% reciben el agua en excelente calidad, el 50.2% reciben agua de buena calidad, el 41.3% en un nivel regular y aceptable, mientras que el 5.2% mencionan que reciben el agua de mala calidad como se puede observar en la figura 17.

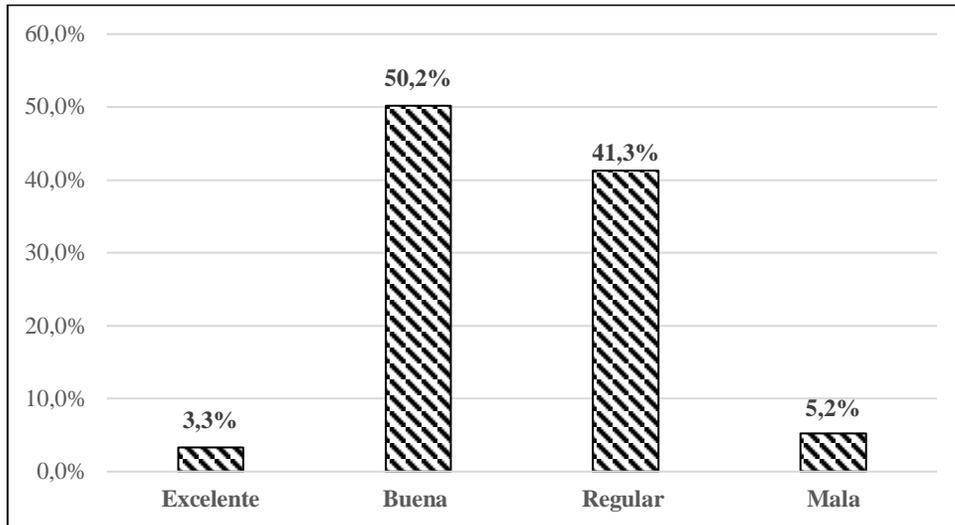


Figura 17. Calidad de agua potable

4.1.4 Aparatos Hidro-Sanitarios

Los aparatos hidrosanitarios en una vivienda son un factor de gran impacto, ya que la eficiencia de funcionamiento de estos determina la cantidad de agua utilizada diariamente, para analizar mejor este factor es importante conocer el número de aparatos sanitarios por vivienda y tener un porcentaje aproximado para lo cual aplicamos la encuesta obteniendo los siguientes resultados: el 100% de la población analizada posee inodoros, el 98% cuentan con lavamanos y lavaplatos, el 96% con duchas, el 58.5% poseen lavadoras y el 55.2% cuentan con tanque para lavar ropa, el 11% cuentan con lavado de carros y finalmente el 4.6% del estrato A posee piscina e hidromasaje como se observa en la figura 18.

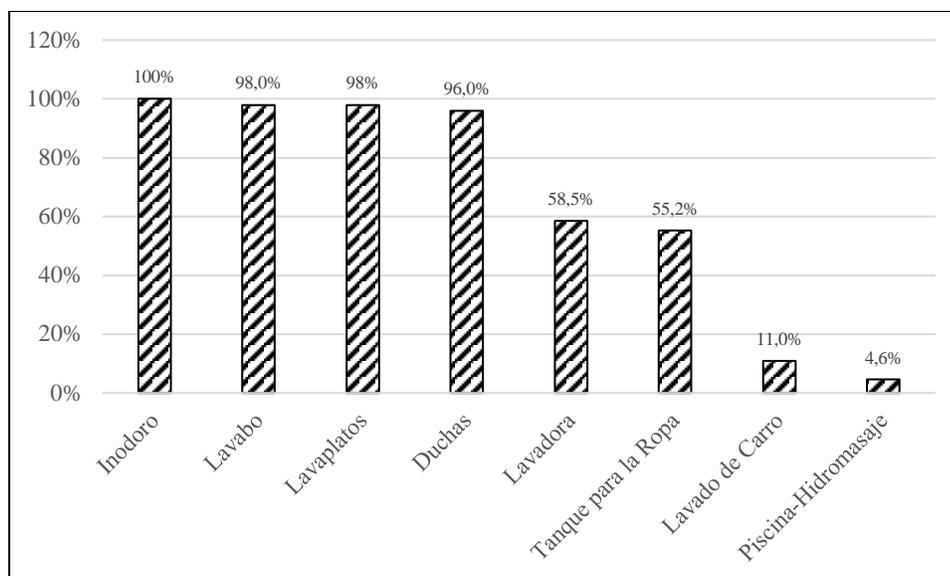


Figura 18. Equipos hidro-sanitarios

4.1.5 Suministro de agua potable

Los reservorios o tanques de reserva de agua e en la ciudad de Salcedo están principalmente compuestos por tanques de PVC, los cuales ubicadas en terraza de las casas. Estos son sistemas de almacenamiento que son una gran ventaja en situaciones cuando existen cortes de agua por diferentes acontecimientos que afectan a la dotación continua, del mismo modo cuando la dotación de agua no se da las 24 horas del día y es necesario disponer de tanques de reserva para cubrir las principales necesidades durante el día.

Según los datos obtenidos mediante las encuestas en las diferentes redes de abastecimiento dieron como resultado que en la Red Carrizal el 78.5% cuenta con tanques de reserva, debido a que esta red abastece a la zona centro de la ciudad donde se presenta la mayor actividad comercial, respecto a las otras redes de distribución como se aprecia en la figura 19.

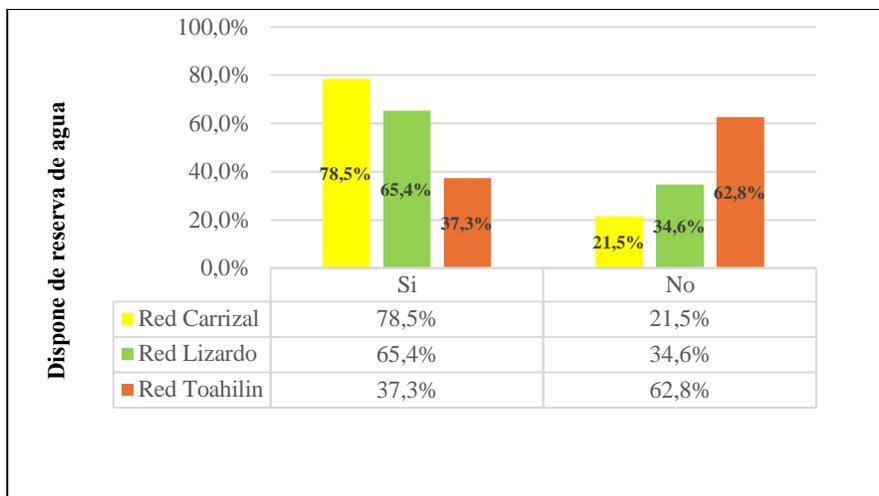


Figura 19. Disposición de reserva de agua potable

4.1.6. Suministro de agua las 24 horas

Tras revisar la documentación proporcionada por el GAD de Salcedo y analizar las encuestas realizadas en diversos domicilios de la ciudad, Como se puede observar en la figura 20 las tres redes de agua potable que son red Lizardo, red Carrizal y red Toahilin ofrecen abastecimiento continuo de agua las 24 horas del día. Como observación se tiene que en la red Toahilin en las noches se cierra la llave de dotación que alimenta la zona urbana para dotar la zona rural y para llenar el tanque, pero al llenarse el tanque por el vertedero existente se sigue dotando con agua a la red, de este modo la dotación del agua no es afectada y se abastece las 24 horas del día a la zona urbana.



Figura 20. Continuidad de la dotación del agua potable

4.1.7 Actividades con mayor frecuencia de uso del agua

A partir de las encuestas realizadas, en la figura 21 se presenta las principales actividades en las que con mayor frecuencia la población hace uso del agua los 7 días de la semana. Las que predominan son la preparación de alimentos con un porcentaje mayor al 90%, seguido por el aseo en un rango del 60% al 90%. Seguido con un rango 50% al 70% de frecuencia utilizada para beber. Finalmente, con menor al 30% de frecuencia para otras actividades como regar el jardín y otros.

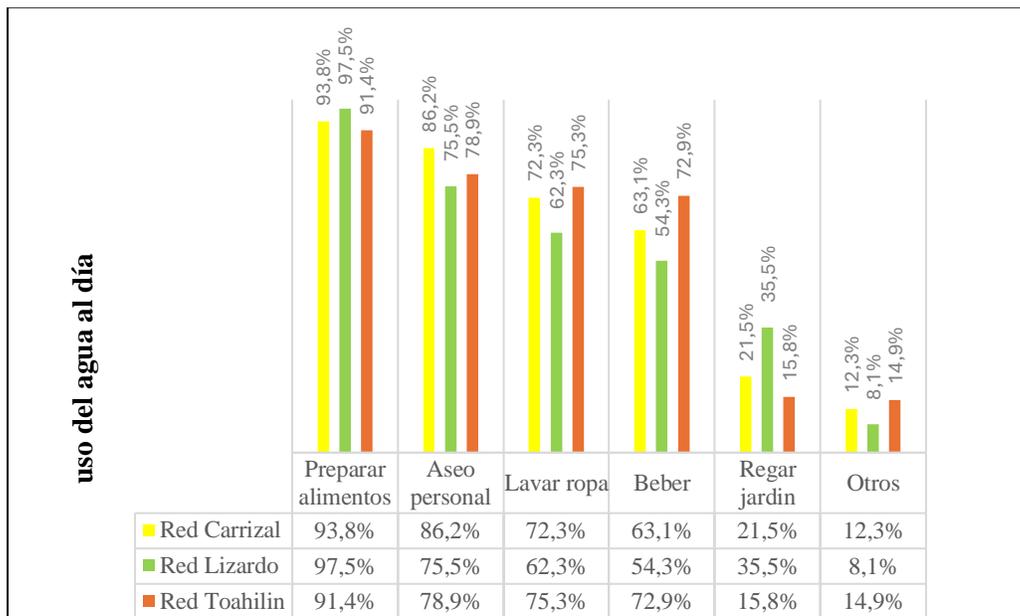


Figura 21. Actividades con mayor frecuencia de uso del agua al día

4.2. Curvas de consumo horario de agua potable

4.2.1 Consumos horarios de redes de distribución

Las tres redes de distribución de agua potable que brindan cobertura a la ciudad de Salcedo en niveles generales poseen un comportamiento similar en su patrón de consumos con variaciones mínimas, siendo la red Carrizal teniendo mayores consumos respecto las demás.

En la figura 22 se obtuvieron los siguientes resultados de consumos máximos por las distintas redes: la red Carrizal con un consumo máximo de 143.4 l/h a las 13h00, la red Toahilin con un consumo de 134.7 l/h a las 12h00 y finalmente la red San Lizardo con un consumo de 129.6 l/h a la 13h00.

Los patrones de consumo en las tres redes siguen una tendencia similar como se observa en la tabla 11, aunque con variaciones en los niveles de consumo. Se observan picos de mayor demanda en la mañana, entre las 6h00 y 8h00, al medio día, de 11h00 a 13h00 y en la noche, entre las 18h00 y 20h00. Estos aumentos en los consumos de agua potable están relacionados con las actividades diarias de la población.

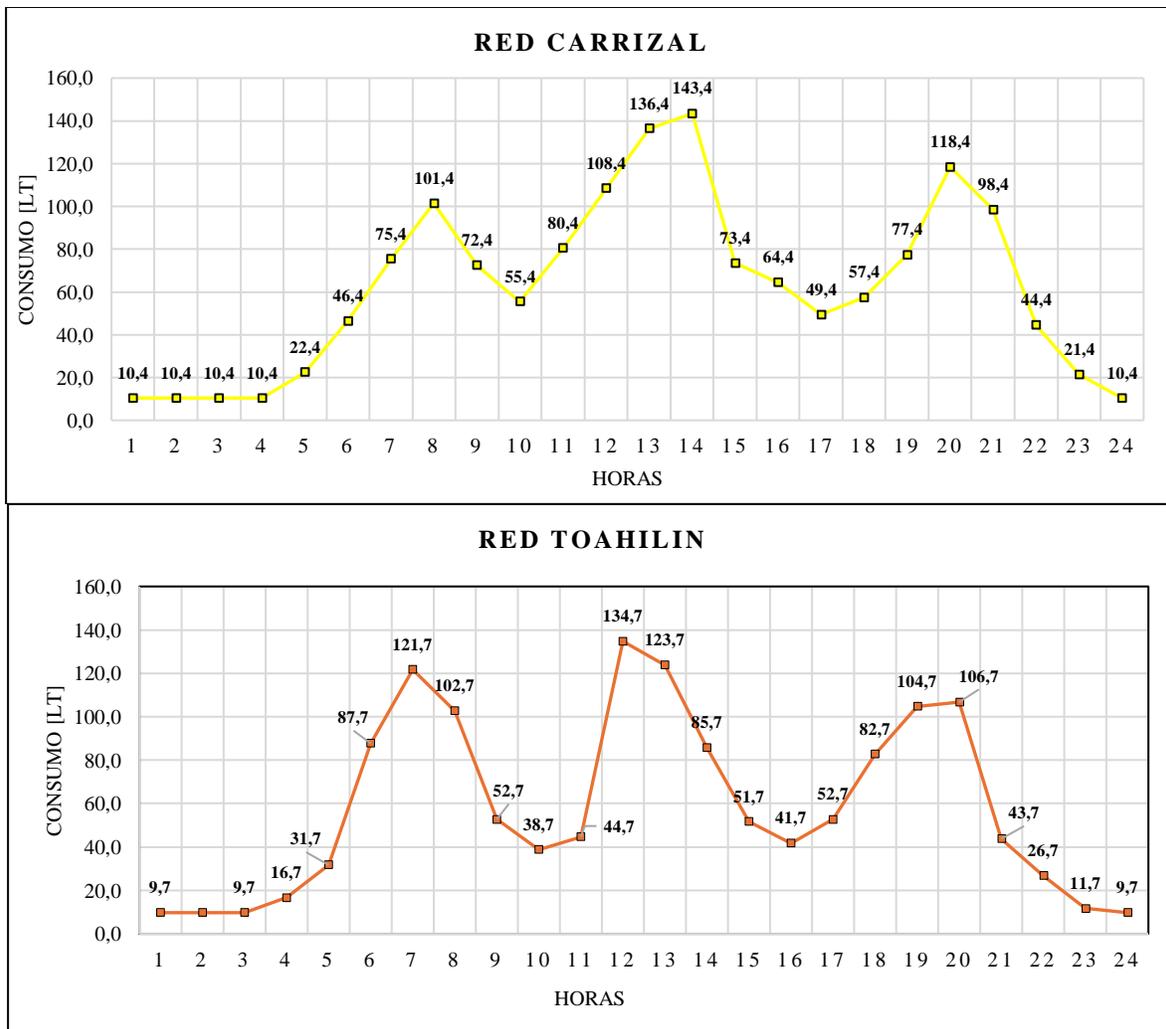
Tabla 11

Consumos horario de las redes de distribución del cantón Salcedo

Consumo l/h			
hora	Toahilin	San Lizardo	Carrizal
1:00	9,7	8,6	10,4
2:00	9,7	8,6	10,4
3:00	9,7	8,6	10,4
4:00	16,7	19,6	10,4
5:00	31,7	61,6	22,4
6:00	87,7	85,6	46,4
7:00	121,7	75,6	75,4
8:00	102,7	49,6	101,4
9:00	52,7	33,6	72,4
10:00	38,7	77,6	55,4
11:00	44,7	122,6	80,4
12:00	134,7	129,6	108,4
13:00	123,7	97,6	136,4
14:00	85,7	51,6	143,4
15:00	51,7	33,6	73,4
16:00	41,7	47,6	64,4
17:00	52,7	60,6	49,4
18:00	82,7	92,6	57,4
19:00	104,7	85,6	77,4
20:00	106,7	42,6	118,4
21:00	43,7	21,6	98,4
22:00	26,7	8,6	44,4

23:00	11,7	8,6	21,4
0:00	9,7	8,6	10,4

En la figura 22 se presentan gráficamente las curvas de consumo horario por cada red de distribución de agua potable donde se evidencian los máximos consumos.



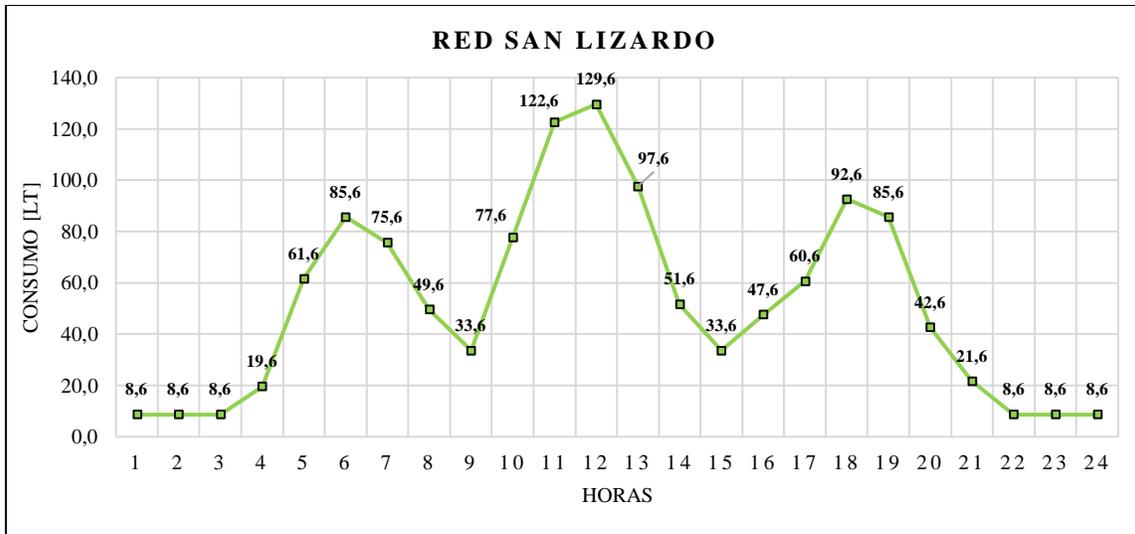


Figura 22. Curvas de consumo horario de las redes de distribución del cantón Salcedo

En la figura 23 se generó una gráfica donde se pueden apreciar las tres redes de distribución y se evidencian a variación en los consumos a distintas horas del día, siendo la red Carrizal la que mayor territorio cubre y la que mayor consumo presenta además es la red más céntrica de la ciudad y que también en esta red se localiza el sector más comercial de la ciudad.

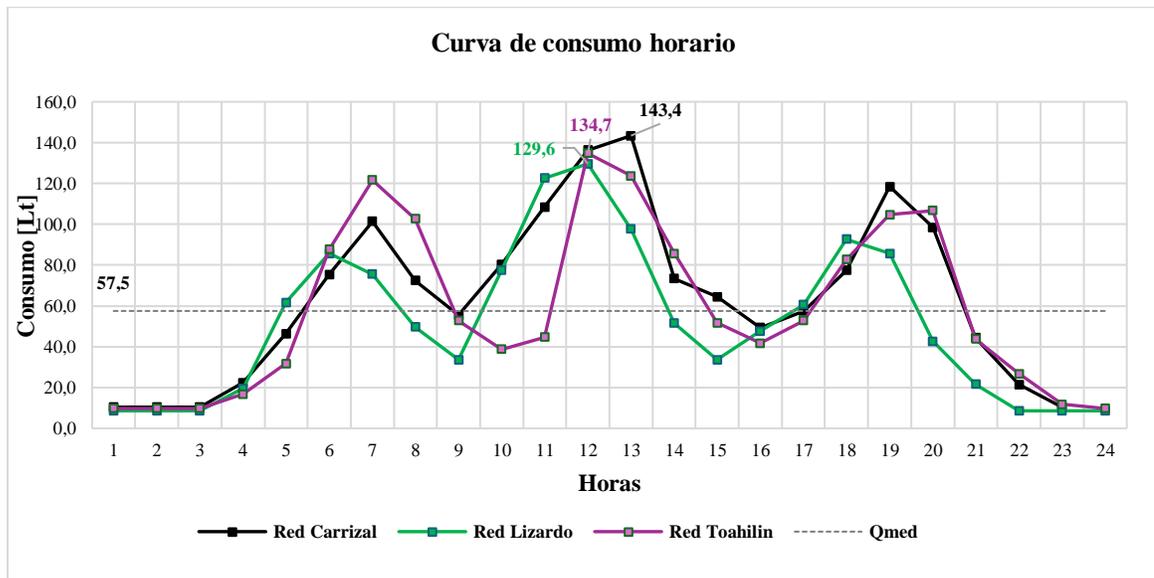


Figura 23. Curva comparativa de las redes de distribución

4.2.2 Consumos horarios por estratos socioeconómicos

Para determinar el consumo horario por estratos socioeconómicos se realizó un análisis general unificando todos los estratos de las tres redes en sus respectivas categorías A, B, C y D, de esta forma se obtuvo el caudal de consumo de cada estrato durante las distintas horas del día.

Tabla 12

Consumos horario por estratos socioeconómicos del cantón Salcedo

Hora	Consumo l/h			
	A	B	C	D
1:00	9,9	11,0	9,7	8,4
2:00	9,9	11,0	9,7	8,4
3:00	9,9	11,0	9,7	8,4
4:00	9,9	20,0	23,7	8,4
5:00	36,9	50,0	76,7	43,4
6:00	114,9	101,0	99,7	75,4
7:00	102,9	104,0	96,7	83,4
8:00	54,9	67,0	79,7	95,4
9:00	45,9	56,0	43,7	49,4
10:00	42,9	83,0	52,7	34,4
11:00	99,9	120,0	95,7	84,4
12:00	127,9	140,0	115,7	95,4
13:00	131,9	136,0	103,7	83,4
14:00	92,9	79,0	70,7	62,4
15:00	66,9	49,0	53,7	57,4
16:00	54,9	51,0	46,7	33,4
17:00	61,9	56,0	62,7	30,4
18:00	67,9	100,0	78,7	34,4
19:00	80,9	111,0	101,7	97,4
20:00	104,9	94,0	86,7	73,4
21:00	51,9	66,0	39,7	57,4
22:00	24,9	43,0	19,7	65,4
23:00	9,9	11,0	9,7	11,4
0:00	9,9	11,0	9,7	8,4

Se compararon los cuatro estratos socioeconómicos donde se evidenció que el estrato B **figura 25** es el que presenta mayor consumo con 140 l/h al medio día con un caudal medio de 54.87 l/h, por otro lado, el estrato D **figura 27** presentó un consumo variado y menor que todas las redes con un consumo pico de 97.4 l/h en la noche con un Qmed de 42 l/h, en cuanto al estrato A y C presentan un patrón de consumo similar.

El estrato A presentó tres picos de consumo y con un caudal medio de 49.45 l/h **figura 24** con un pico máximo de 131.9 l/h a las 13h00 con una diferencia de 8.1 l/h menos a diferencia del estrato B.

El estrato C **figura 26** presenta un consumo máximo de 115.7 l/h a las 12h00 y en la noche presenta un consumo de 101.7 l/h a las 19h00 con un Qmed de 48.5 l/h. De esta forma se determinó que el mayor consumo registrado son al medio día y n la noche horas en las cuales las personas requieren de mayor demanda de agua potable para sus actividades cotidianas como son preparación de alimentos, lavar ropa, y aseo personal por lo cual se genera mayor uso de los aparatos sanitarios y dejando en evidencia mayor consumo de agua en las viviendas.



Figura 24. Curva de consumo horario estrato A.

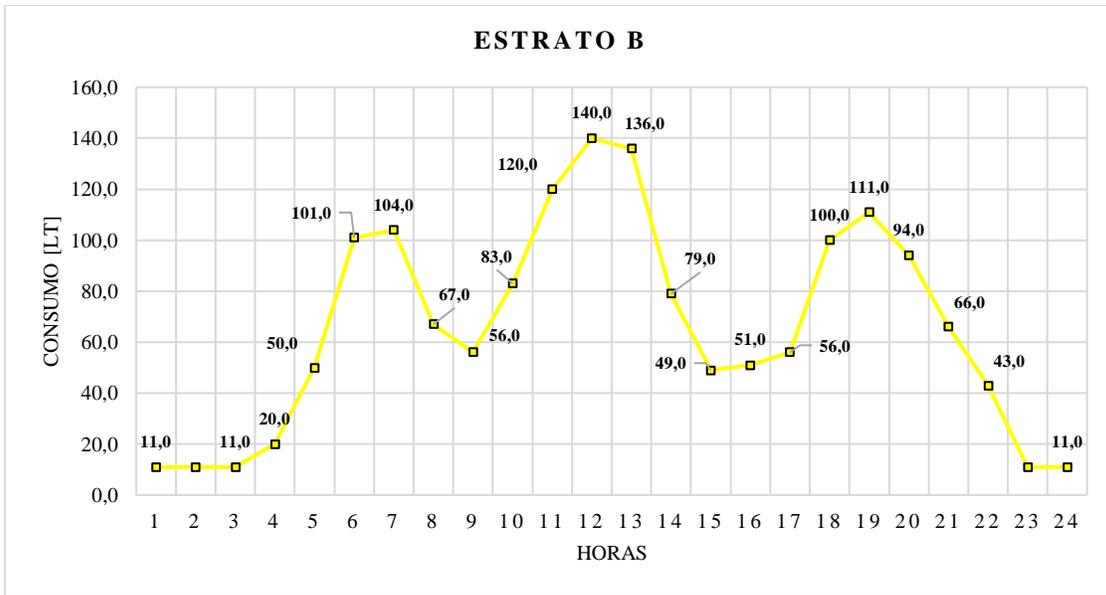


Figura 25. Curva de consumo horario estrato B.

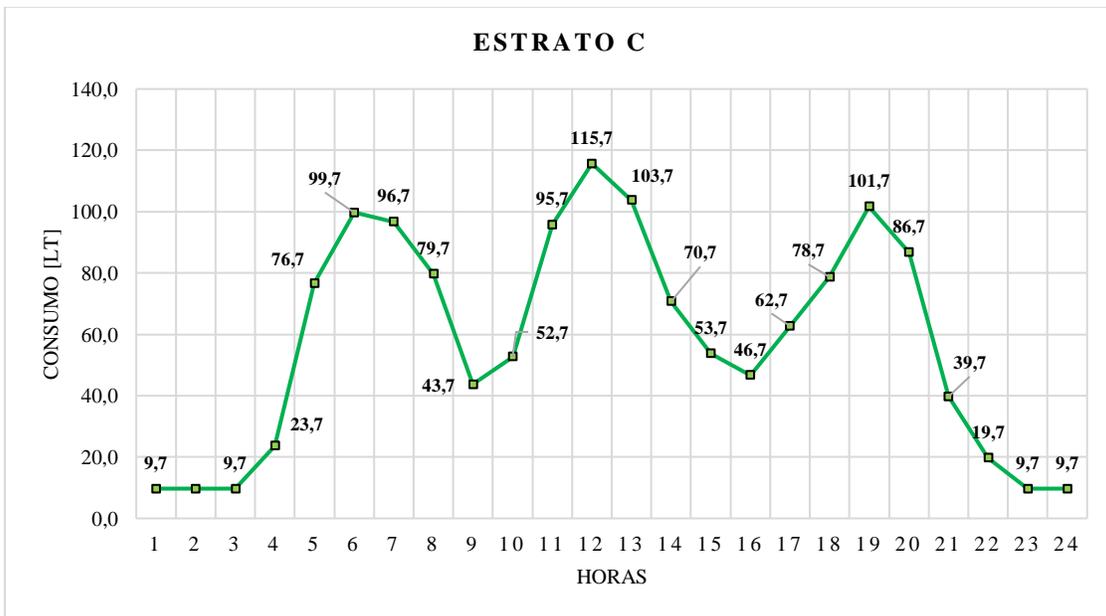


Figura 26. Curva de consumo horario estrato C.

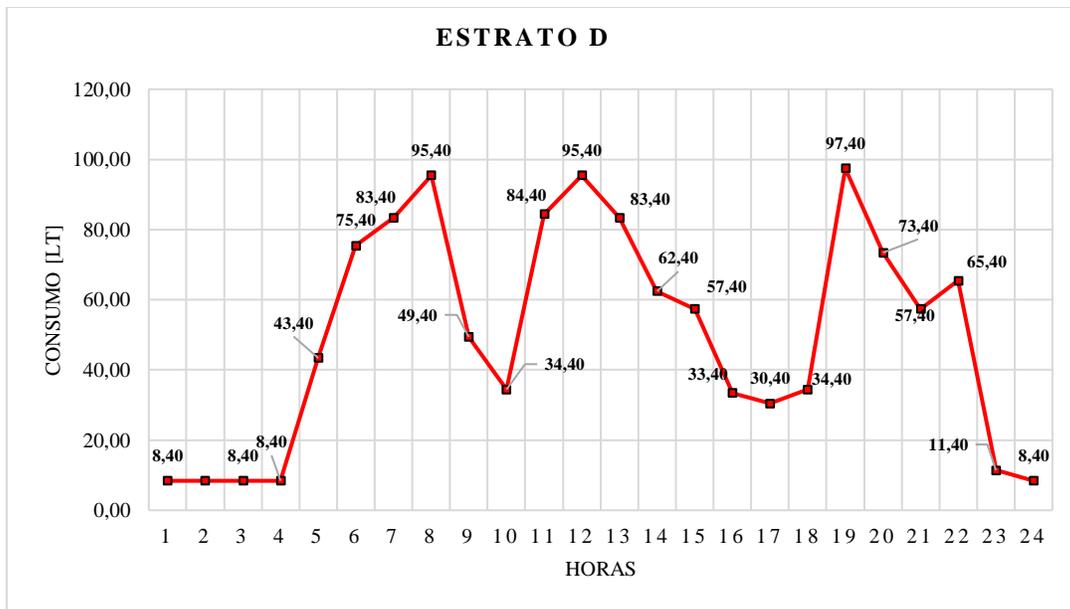


Figura 27. Curva de consumo horario estrato D.

Los consumos horarios varían según el estrato socioeconómico, aunque todos presentan tres picos de consumo a lo largo del día. En la gráfica que se muestra a continuación, se pueden observar de manera más clara las fluctuaciones de consumo en los cuatro estratos, siendo el estrato B el que predomina en cuanto a mayor consumo.

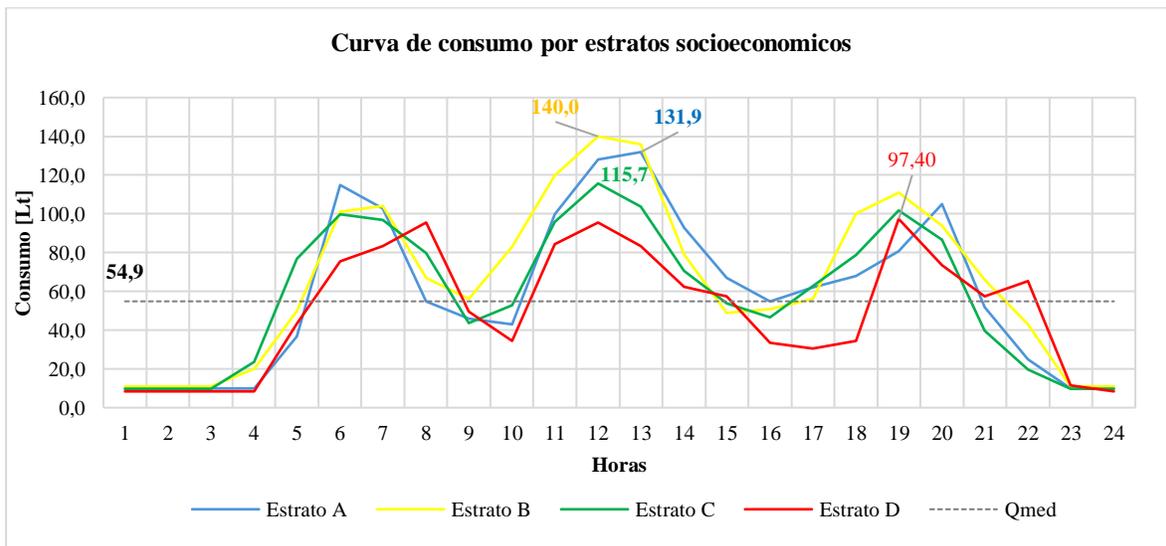


Figura 28. Curva comparativa de consumos por estratos.

4.2.3 Curva de modulación horaria

Los consumos máximos horarios obtenidos por las distintas redes de distribución permitió estimar la curva de modulación general del cantón Salcedo siendo el caudal máximo de consumo de 143.4 l/h y un caudal medio de 68.2 l/h.

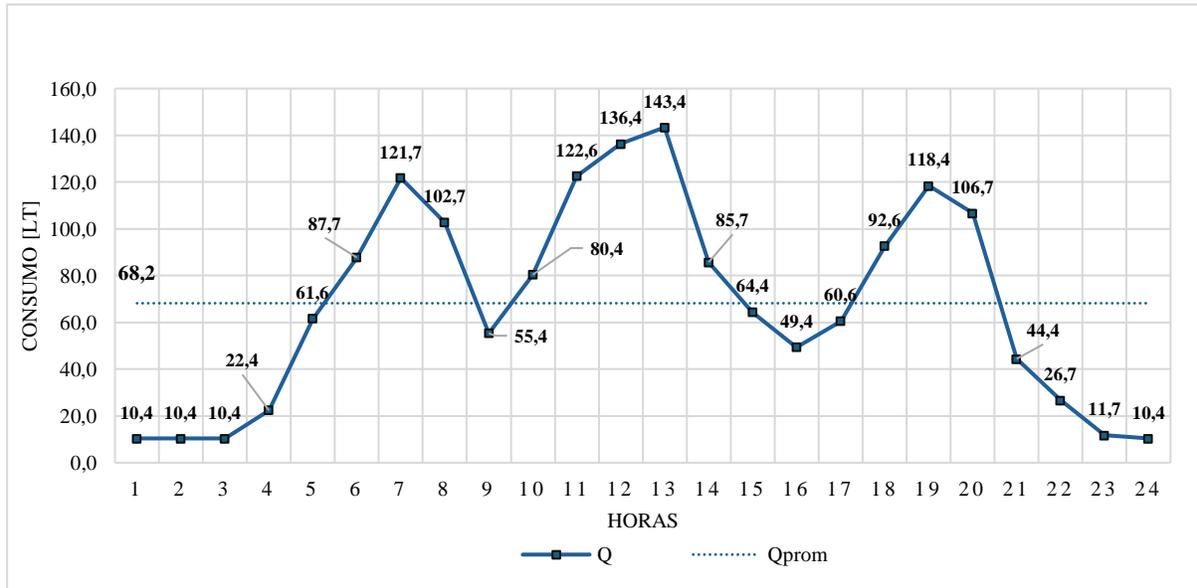


Figura 29. Curva de consumo general del cantón Salcedo.

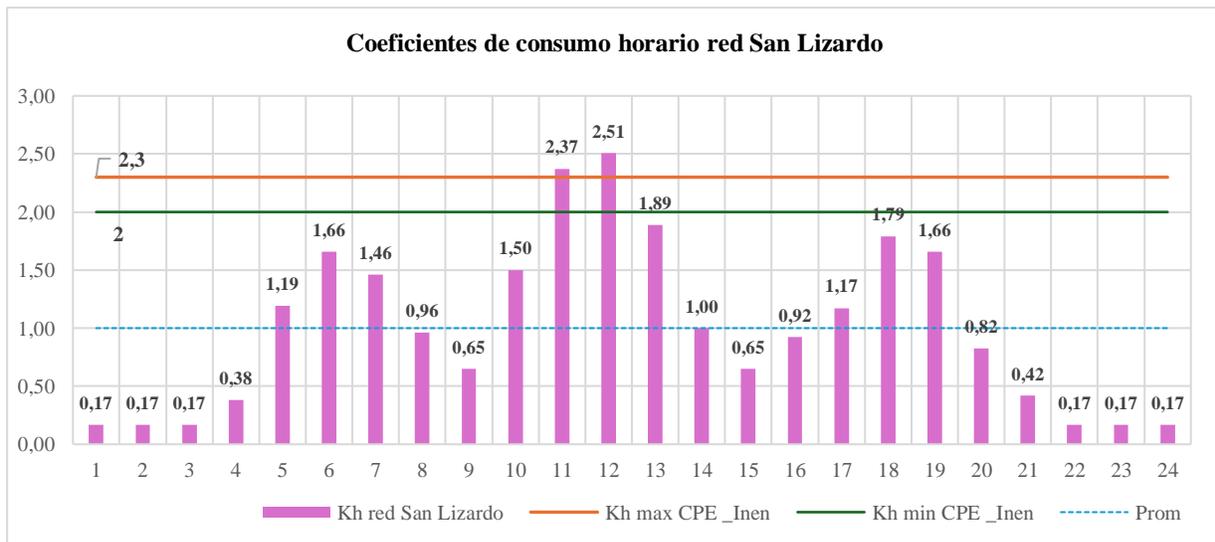
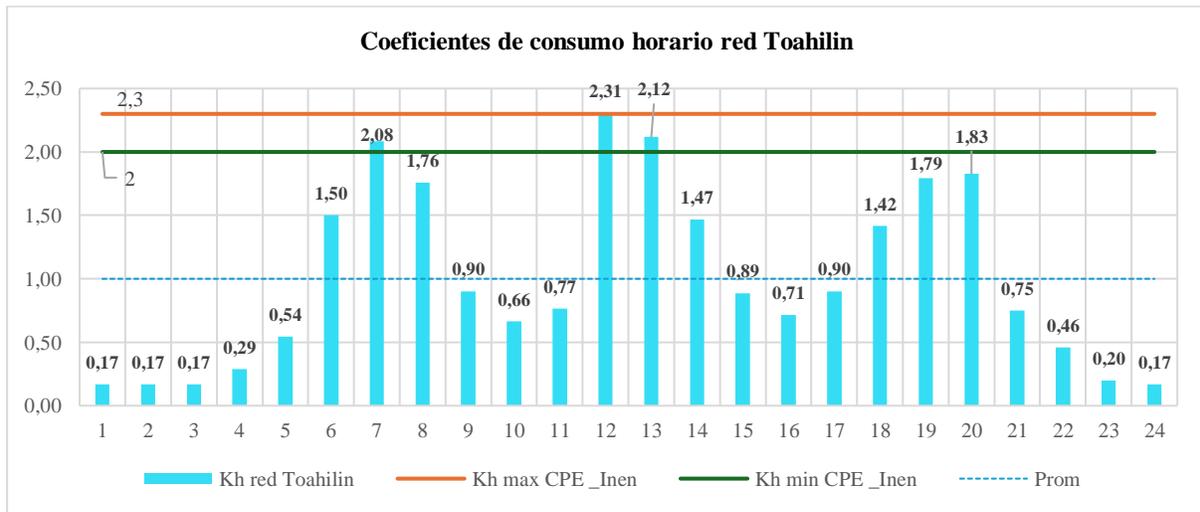
4.2.4 Coeficientes de modulación horaria

En la figura 29 se puede observar una comparación con los valores establecidos en la normativa INEN, (1992) valores de 2 a 2.3 como rangos mínimo y máximo recomendados versus los coeficientes generados por cada red del cantón Salcedo.

Los coeficientes modulación generados por cada red la mayoría están debajo de la normativa esto quiere decir que en un gran porcentaje las redes de distribución abastecen las necesidades de la población, excepción de ciertas horas que tras analizar las gráficas se observa que en la red Toahilin que a las 12h00 supera los requerimientos mínimos establecidos en la normativa INEN 1992, con un valor de 2.31, del mismo modo en la red San Lizardo los factores son mayores a los de la normativa a las 11h00 con 2.37 y 12h00 con 2.51, finalmente la Red Carrizal posee los siguientes valores a las 12h00 con 2.18 y a las 13h00 con un valor de 2.30 por lo cual para futuros diseños o mejoramiento de las redes de distribución se debe considerar los

coeficientes máximos obtenidos en esta investigación para asegurar una dotación óptima de agua potable.

Del mismo modo se realizó un análisis general de la curva de modulación horaria (figura 31) en la cual se puede observar que a las 12h00 con 2.37 y 13h00 con 2.49 los cuales superan a los de la normativa, mientras que los de las 7h00, 11h00 y 19h00 h están al límite respecto a los factores de la normativa.



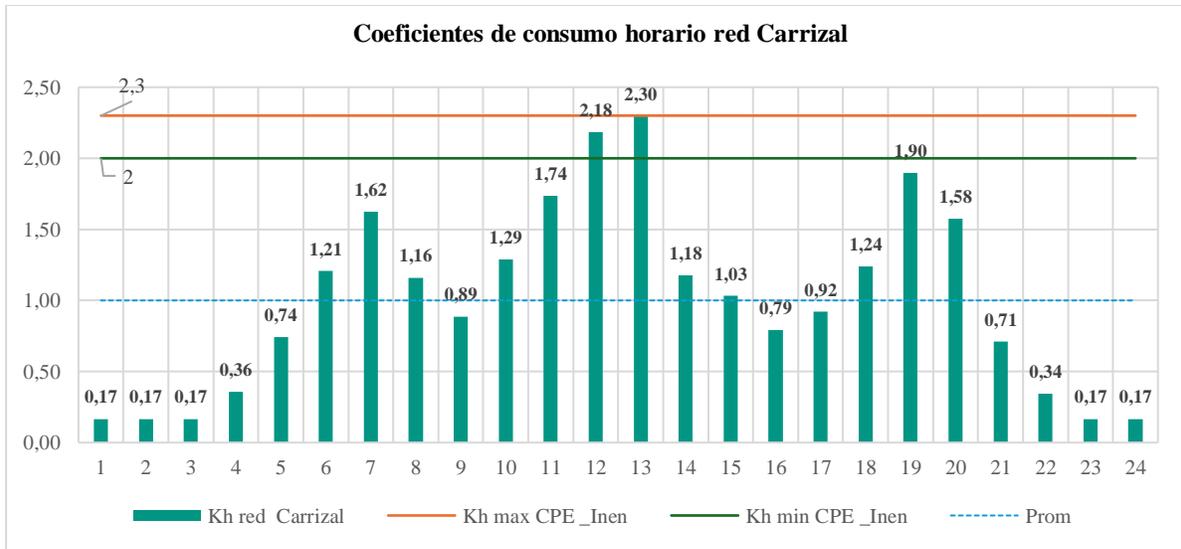


Figura 30. Coeficientes de modulación de consumo horario de redes de distribución

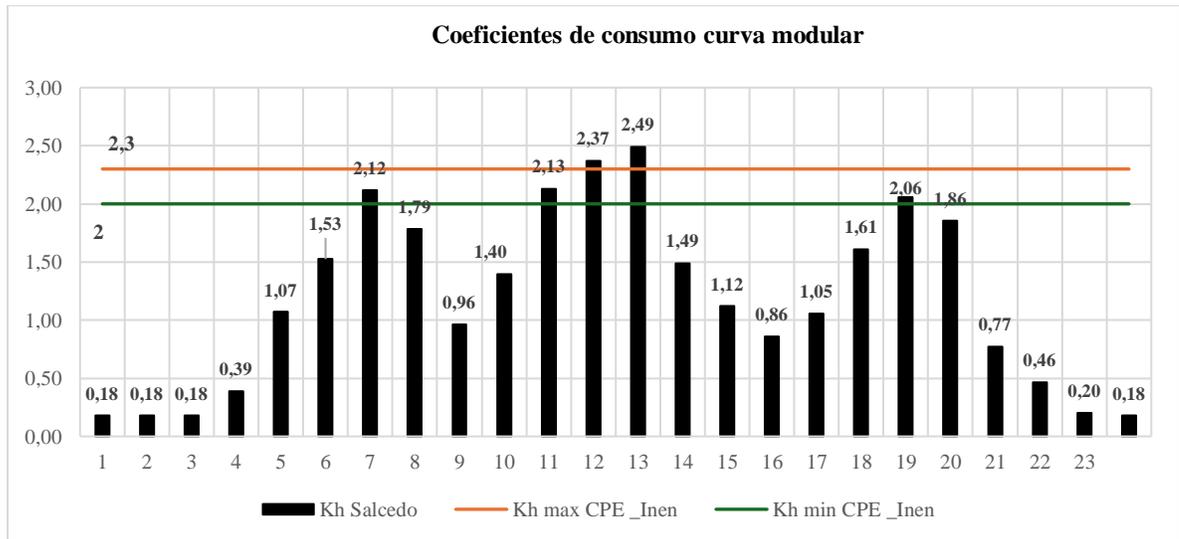


Figura 31. Coeficiente de modulación general del cantón Salcedo

En la figura 32 se muestra mediante un degradado de colores, los valores máximos de kh determinados en cada red de distribución. La red san Lizardo presenta un valor más alto con un kh de 2.51, seguida por la red Carrizal con un kmax de 2.30, y finalmente, la red Toahilin con el valor más bajo, alcanzando un kh Max de 2.31.

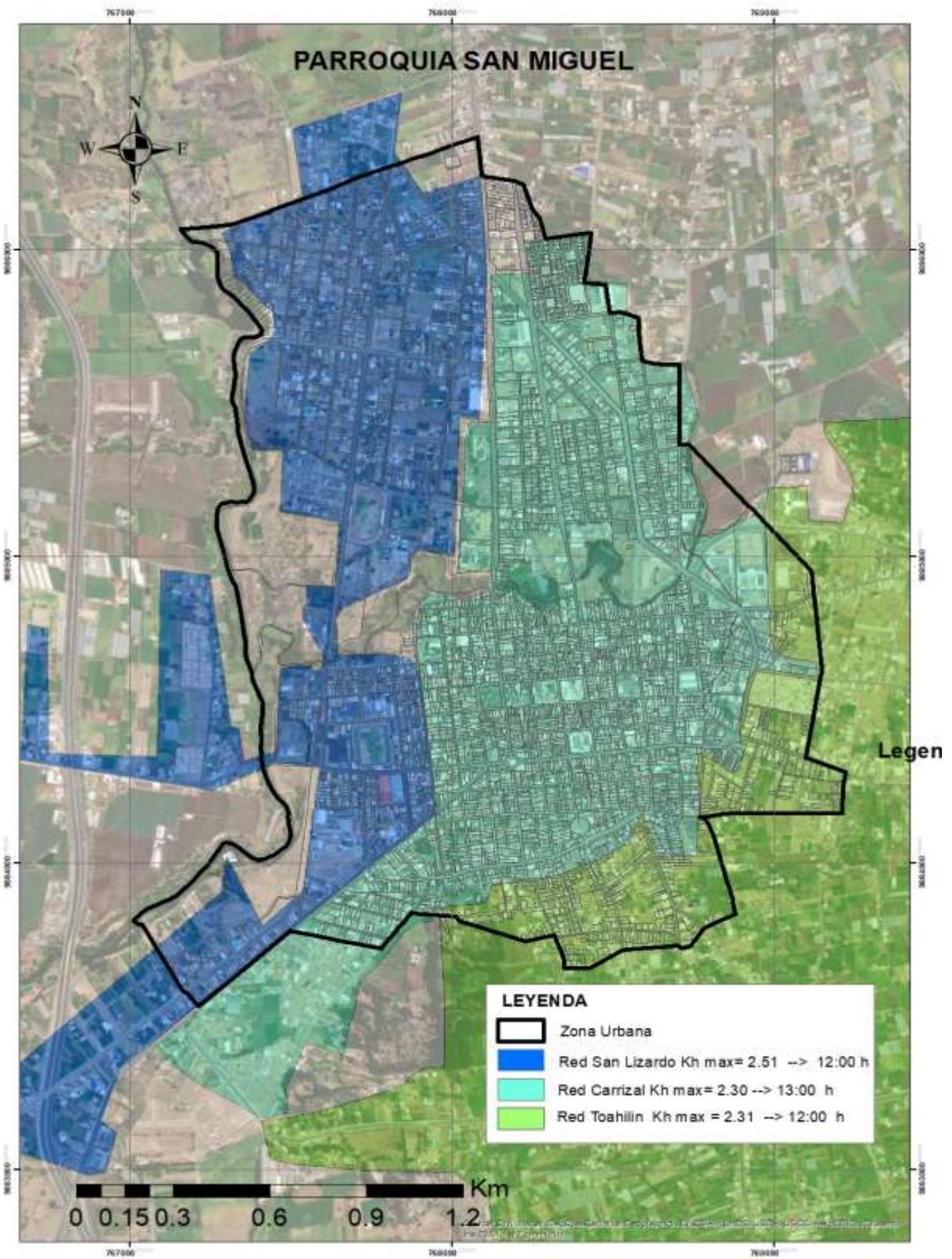


Figura 32. Mapa de coeficientes horarios máximos por cada red de distribución

4.3. Discusión de resultados

El consumo de agua potable en una ciudad depende de las costumbres y características socioeconómicas de la población, tomando como referencia el artículo “Los consumos y las dotaciones de agua potable en poblaciones ecuatorianas con menos de 150000 habitantes” de Arellano et al., (2018), Salcedo se considera como una ciudad pequeña con una población de 13296 habitantes, dicha clasificación especifica que las ciudades pequeñas presenten un mayor consumo de agua debido a que los habitantes retornan a sus hogares al medio día, lo cual se evidencio en los resultados presentados en la **figura 29** donde las horas de mayor consumo fueron entre las 12h00 – 13h00 siendo el mayor consumo de 143.4 l/h.

También se realizó la caracterización socioeconómica de la ciudad donde en base a la investigación de Arellano et al., (2012) “Métodos de caracterización urbanística y socioeconómica para poblaciones menores a 150000 habitantes” se identificaron los cuatro estratos A, B, C y D. En la investigación de Macas & Rodas (2023), presentan resultados de un análisis socioeconómico realizado en los cantones de Pelileo y Baños donde también existen cuatro estratos socioeconómicos, del mismo modo para la ciudad de Riobamba los resultados presentados por Alulema & Estrada (2023), en un análisis realizado en cuatro redes de distribución existen los cuatro estratos, a diferencia del cantón Guamote en el cual solo se tiene los estratos B, C y D no existe estrato A. Debido a que gran parte de su población no cuenta con empleo y no poseen una profesión calificada, además no existe mucha actividad comercial a excepción de los días miércoles y jueves de feria popular(Guamán & Moreno, 2023). Es importante mencionar que los consumos varían por las actividades cotidianas que realizan los habitantes de cada estrato, también influye la ubicación de que tan cerca se encuentran de zonas comerciales, ya que en este existe más actividad y por ende mayor consumo. En comparación de las zonas que se encuentran lejos, donde se identificó mayor densidad de población perteneciente al estrato C y D las cuales presentar menor consumo.

Los resultados encontrados en la presente investigación respecto a los patrones de consumos horario son similares a los del cantón Baños y Pelileo en los cuales Macas & Rodas, (2023), mencionan que los consumos máximos se presentan al medio día con caudales de 120 l/h y 100 l/h respectivamente. Esto se presenta debido a que las tres ciudades son pequeñas, los cantones Baños y Pelileo son turísticas lo que conlleva a que su población cuente con trabajos

cerca a sus domicilios, en el caso del cantón Salcedo según las encuestas socioeconómicas en un gran porcentaje tienen profesiones con horarios flexibles como: transportistas (taxis y camionetas) y empleados públicos.

Por otro lado, las investigaciones realizadas en otras localidades de poblaciones medianas se encontró diferencias significativas: por ejemplo, el estudio realizado por (Llamuca & Vallejo, 2023) en el Cantón Guano presenta un pico de consumo máximo a las 19h00 con 151.21 l/s, del mismo modo la investigación realizada en el cantón Guamote posee un consumo máximo de 150.4 l/s (Moreno & Guamán, 2023).

Respecto a los coeficientes de máximo consumo horario obtenidos en la presente investigación fue de 2.51 superando así los rangos establecidos en el INEN, (1992) de 2 hasta 2.3 como máximo por lo cual para futuros diseños de redes de distribución en el cantón Salcedo se recomienda utilizar el factor obtenido en esta investigación. Respecto a las otras investigaciones también se aprecia el mismo resultado superando en todas a los valores normativos como se presenta en la figura 33.

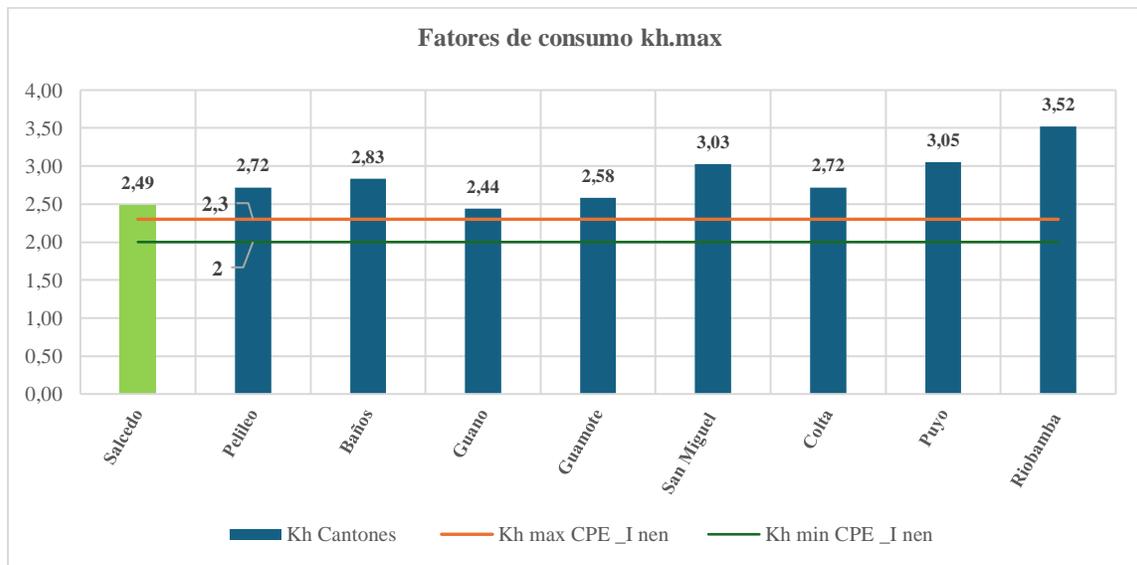


Figura 33. Mapa de coeficientes horarios máximos de distintos cantones

Finalmente analizando los factores khmax obtenidos en los distintos cantones se debe a que la normativa no está actualizada, otro punto a considerar es el crecimiento urbano que presentan las ciudades anualmente lo que genera mayor demanda de agua potable y hace que los coeficientes iniciales de diseño actualmente se vean superados.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

El consumo horario de agua potable en las residencias del cantón Salcedo muestra una variación significativa a lo largo del día, influenciada principalmente por la distribución de estratos socioeconómicos y la actividad diaria de los habitantes. En términos generales, el consumo se caracteriza por tres picos principales: en la mañana entre las 06h00 y las 08h00, al mediodía entre las 11h00 y las 13h00, y en la noche entre las 18h00 y las 20h00 horas. Estos picos se deben a la realización de actividades cotidianas de alta demanda de agua, como la preparación de alimentos, aseo personal, y tareas domésticas, que incrementan el uso de dispositivos hidro-sanitarios.

La caracterización urbanística y socioeconómica de la parroquia San Miguel, cabecera cantonal de Salcedo, permitió clasificar 204 cuadras de la zona urbana en cuatro estratos socioeconómicos. Se determinó que el estrato B abarca la mayor parte del área (46%), seguido por el estrato C (50%). El análisis también reveló que la zona céntrica, compuesta por edificaciones mixtas de uso comercial, fue excluida del estudio debido a la variabilidad en los patrones de consumo.

Mediante encuestas aplicadas en 258 viviendas, se determinó que el suministro de agua es continuo en las tres redes de distribución. Sin embargo, la calidad del agua percibida varía según la opinión de los usuarios en las diferentes redes. Asimismo, se identificó que en todas las redes existe un porcentaje de viviendas con sistemas de almacenamiento de agua: el 78.5% de los hogares en la Red Carrizal cuentan con tanques de reserva, mientras que en la Red Lizardo este porcentaje es del 65.4% y en la Red Toahilin del 37.3%.

El análisis de los micromedidores instalados en las redes de distribución permitió generar curvas de consumo horario que evidencian patrones similares entre los estratos socioeconómicos, con un consumo máximo a las 12h00 en todas las redes. El estrato B mostró un consumo superior, con un pico de 140 l/h entre las 11h00 y las 12h00, y un valor de 97.40 l/h entre las 18h00 y las 19h00 el pico más alto del estrato D siendo el consumo más bajo de las tres redes. Los picos de consumo más altos se registraron en la Red Carrizal (143.4 l/h) y la Red Toahilin (134.7 l/h), lo cual sugiere que la densidad poblacional y la proximidad a zonas comerciales influyen directamente en la demanda de agua.

En cuanto a los coeficientes de variación del consumo máximo horario (Kh), se observó que todas las redes se encuentran al límite y superan los valores normativos, la Red San Lizardo obtuvo el Kh más alto de las tres redes con un valor de 2.51, seguido por la red Toahilin con un valor 2.31 y finalmente la red Carrizal con un valor de 2.30. Estos resultados destacan la necesidad de considerar mejoras en la infraestructura de las redes de abastecimiento, tomando en cuenta las diferencias de densidad poblacional y el comportamiento de consumo registrado.

5.1 Recomendaciones

Se recomienda que, antes de proceder con el levantamiento de información y tras obtener los permisos correspondientes de los municipios, se realice una socialización con las autoridades de los distintos barrios. Esto permitirá informar a los residentes sobre las actividades que se llevarán a cabo en los días posteriores, fomentando su cooperación y generando confianza. Dado que el estudio implica recorrer diversas calles de la ciudad cada hora durante un período de siete días, esta comunicación previa es esencial para garantizar el éxito del proceso y minimizar posibles inconvenientes.

Se recomienda para la recolección generar una ruta optimizada que permita volver al punto partida antes de una hora, además es importante contar con equipos electrónicos como tabletas y de esta forma agilizar la toma de datos de los medidores.

Se recomienda a las entidades cantonales realicen inspecciones regulares para detectar consumos anómalos y que en las mejoras o nuevos diseños de redes de agua potable consideren un porcentaje mayor al Kh establecido en la normativa, esto debido al crecimiento poblacional que va a existir y de esta forma manejarse un factor de variación de consumo Kh más verídico.

BIBLIOGRAFÍA

- Alulema, L., & Estrada, H. (2023). *Estudio del consumo horario residencial de agua potable en las redes Saboya; Veranillo; Maldonado; Piscin de la ciudad de Riobamba*.
<http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/10919>
- ARCA. (2022). *Gestión de Agua Potable y Saneamiento de GAD Municipales 2022*.
https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Municipios_2022/Agua_potable_alcantarillado/PRESENTACION_APA_2022_VFINAL.pdf
- Arellano, A., Bayas, A., Meneses, A., & Castillo, T. (2018). Los consumos y las dotaciones de agua potable en poblaciones ecuatorianas con menos de 150 000 habitantes. *Novasinergia*, ISSN 2631-2654, 1(1), 23–32. <https://doi.org/10.37135/UNACH.NS.001.01.03>
- Arellano, A., Gonzales, J., & Gavilanes, A. (2012). *Método de Caracterización Urbanística y Socioeconómica para poblaciones menores que 150.000 habitantes*.
<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.17722.21446>
- Cantoni, N. (2009). Técnicas de muestreo y determinación del tamaño de la muestra en investigación cuantitativa. *Revista Argentina de Humanidades y Ciencias Sociales*, 7.
https://www.sai.com.ar/metodologia/rahycs/rahycs_v7_n2_06.htm
- Cardenas, D., & Patiño, E. (2010). *Estudios y diseños definitivos del sistema de Agua Potable de la Comunidad de Tutucán, Cantón Paute, Provincia Del Azuay*.
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/725/1/ti853.pdf>
- Cedeño, C. V., & Esteves, Z. I. (2023). El acceso al agua en Ecuador: Impacto y posibles soluciones. *CIENCIAMATRIA*, 9(1), 496–507. <https://doi.org/10.35381/cm.v9i1.1077>
- Chango, P. M. M. (2011). *El Sistema de agua Potable y su Incidencia en Calidad de vida de los moradores en la Parroquia San Miguel, Cantón Salcedo, Provincia De Cotopaxi*.
<https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/1343/1/Tesis%20623%20-%20Chango%20Palate%20Mercedes%20Maribel.pdf>

- Comisión Estatal de Aguas Querétaro. (2019). *Medidor de agua y cómo funciona*.
<https://www.ceaqueretaro.gob.mx/medidor-de-agua/>
- Constitución de la Republica del Ecuador. (2008). Decreto Legislativo. *Registro Oficial*, 449(20).
www.lexis.com.ec
- Estrada, H. (2019). *Diseño de sistema de agua potable de la parroquia Rosario del cantón Guano-Provincia de Chimborazo ECUADOR* [Universidad Politécnica de Valencia].
<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/120454/DISE%C3%91O%20DEL%20SISTEMA%20DE%20AGUA%20POTABLE.pdf?sequence=1>
- GADM Salcedo. (2021, diciembre 8). *Programa de Desarrollo Regional Gobierno Autónomo Descentralizado Cantón Salcedo*. https://www.salcedo.gob.ec/?page_id=197
- GADM Salcedo. (2024, diciembre 8). *Programa de Desarrollo Regional Gobierno Autónomo Descentralizado Cantón Salcedo*. https://www.salcedo.gob.ec/?page_id=197
- Gámez, M., Harol, A., Mejía, C., & Espinosa, R. (2017). Design of a logistics network via an optimization model considering out-of-stocks. *Revista chilena de ingeniería*, 25(4), 619–632. <https://www.redalyc.org/pdf/772/77254022004.pdf>
- Gildardo, D., Silva, M., Jhoniers, ;, Erazo, G., María, A., & Cruz, O. (2012). Eficiencia en el Consumo de Agua de uso Residencial. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 11(21), 23–38. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-33242012000200003&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- I. Martín, R. S. R. Font. (2011). *Mecánica de fluidos - Flujo interno*.
https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/20299/1/tema1_Flujo%20interno.pdf
- INEN. (1992). *Normas para Estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales para Poblaciones mayores a 1000 habitantes*.
https://inmobiliariadja.wordpress.com/wp-content/uploads/2016/09/normas_disec3b1o_cpe_inen_5_parte_9-1_1992-mas-de-1000-hab.pdf

- Llamuca, P., & Vallejo, P. (2023). *Análisis del consumo horario residencial de agua potable del Cantón Guano*. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/10524>
- Macas, V., & Rodas, E. (2023). *Estudio del comportamiento de consumo horario residencial de agua potable en los cantones Baños y Pelileo*.
<http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/10490>
- Moreno, E., & Guamán, M. (2023). *Estudio del comportamiento de consumo horario residencial de agua potable en el cantón Guamote*. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/11371>
- ONU. (2023). *El Agua*. <https://www.un.org/es/global-issues/water>
- ONU-OMS. (2011). El derecho al agua. *ONU-HABITAT*.
<https://www.ohchr.org/sites/default/files/2021-09/FactSheet35sp.pdf>
- SAGUAPAC. (2020). *¿Qué es el Agua Potable? Definición y Características*.
<https://www.saguapac.com.bo/como-se-define-el-agua-potable/>
- Santiago, Á., & Chilibuina, C. (2019). *Caracterización de la curva de consumo diario de la red de agua potable del sector Santa Rosa Del Cantón Ambato*.
<https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/29626/1/Tesis%20I.%20C.%20201313%20-%20Caiza%20Chilibuina%20Angel%20Santiago.pdf>

Anexo 2: Encuesta socioeconómica

INFORMACIÓN GENERAL						
ENCUESTA Nº	DIRECCIÓN	FECHA:	SECTOR INEC	MARZANA:	CASA CODIGO:	
NOMBRE DEL ENCUESTADO:		ES UD LA CABEZA DEL HOGAR SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>				
INFORMACIÓN SOCIOECONÓMICA						
1.- Nº DE PERSONAS QUE HABITAN EN EL HOGAR:	2.- Nº DE PERSONAS QUE DUEÑEN SEMBRANTES EN EL HOGAR:	3.- EN QUÉ TRABAJA USTED		4.- Nº DE PERSONAS QUE AHORRAN ECONÓMICAMENTE EN EL HOGAR:	5.- A CUÁNTAS PERSONAS MANTIENE	6.- CUÁNTAS PERSONAS COMEN EN EL HOGAR FRECUENTEMENTE OCASIONALMENTE RARA VEZ
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1) OBRERO	2) COMERCIANTE	3) MANUFACTURA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		3) CONDUCTOR	4) AGRICULTOR	5) EMPLEADO DE OFICINA		
		6) SAHADORO	7) SERVIDE O DIRECTOR	6) TRABAJADOR NO CALIFICADO		
		8) INGENIERA	8) TRABAJADOR DE LOS SERVICIOS	7) OPERARIO U OPERADOR DE MAQUINARIAS		
		9) ESTUDIANTE	9) OTRO	8) ESTUDIANTE		
		10) TRABAJADOR DE LOS SERVICIOS		9) OTRO		
11.- TIENEN VEHICULOS EN EL HOGAR	12.- LA VIVIENDA ES	13.- LA VIVIENDA QUE UD HABITA LA UTILIZA COMO		14.- Nº DE DORMITORIOS DE LA VIVIENDA	15.- Nº DE PISO QUE OCUPA EN LA VIVIENDA	16.- CUÁLES
1) SI <input type="checkbox"/> 2) NO <input type="checkbox"/>	1) PROPIA <input type="checkbox"/> 2) ARRENDADA <input type="checkbox"/> 3) PRESTADA <input type="checkbox"/> 4) HEREDADA <input type="checkbox"/>	1) COMERCIAL <input type="checkbox"/> 2) VENTA DE COMIDAS Y BEBIDAS <input type="checkbox"/> 3) TIENDA DE ABASTOS <input type="checkbox"/> 4) SUPERMERCADO <input type="checkbox"/> 5) OFICINA <input type="checkbox"/> 6) LAVADERA <input type="checkbox"/> 7) PAPELERIA <input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1) PERRO <input type="checkbox"/> 2) GATO <input type="checkbox"/> 3) CANCHICO <input type="checkbox"/> 4) HIEZ <input type="checkbox"/> 5) BURRO <input type="checkbox"/> 6) CONEJO <input type="checkbox"/>
USO PERSONAL <input type="checkbox"/> DE TRABAJO <input type="checkbox"/>		7) MECANICA <input type="checkbox"/> 8) OFICINA <input type="checkbox"/> 9) FARMACIA <input type="checkbox"/> 10) UCOFERIA <input type="checkbox"/> 11) HOSPEDAJE <input type="checkbox"/> 12) PAPELERIA <input type="checkbox"/>		1) EDUCATIVA <input type="checkbox"/> 2) RESIDENCIAL <input type="checkbox"/> 3) CASA <input type="checkbox"/> 4) DEPARTAMENTO <input type="checkbox"/> 5) CUARTO <input type="checkbox"/>		7.- TIENE ANIMALES
14.- SERVICIO QUE DISPONE			15.- CUÁLES DE LOS SIGUIENTES GASTOS SON MÁS IMPORTANTES EN SU HOGAR (ENUMERE EN EL ORDEN DE IMPORTANCIA)			16.- TIENE JARDÓN
1) AGUA POTABLE <input type="checkbox"/> 2) LUZ ELÉCTRICA <input type="checkbox"/> 3) TELF CONVENCIONAL <input type="checkbox"/> 4) ALCANTARILLADO <input type="checkbox"/>	5) ALUMBRADO PÚBLICO <input type="checkbox"/> 6) RECOLECCIÓN DE BASURA <input type="checkbox"/> 7) TELF CELULAR <input type="checkbox"/> 8) INTERNET <input type="checkbox"/>	3) TV PAGA <input type="checkbox"/> 10) EMPLEADA DOMÉSTICA <input type="checkbox"/> 11) SEGURIDAD PRIVADA <input type="checkbox"/> 12) OTRO <input type="checkbox"/>	1) ALIMENTACIÓN <input type="checkbox"/> 2) EDUCACIÓN <input type="checkbox"/> 3) SALUD <input type="checkbox"/> 4) VIVIENDA <input type="checkbox"/> 5) EDUCACIÓN <input type="checkbox"/> 6) VESTUARIO <input type="checkbox"/> 7) CRÉDITOS <input type="checkbox"/> 8) SEGUROS <input type="checkbox"/> 9) VIAJES <input type="checkbox"/> 10) OTROS <input type="checkbox"/>			1) SI <input type="checkbox"/> 2) NO <input type="checkbox"/>
RESIDUOS						
17.- BOTTA UD EL PAPEL MARMENCO DENTRO DEL PODORO	18.- COMEA ALGO POR ENTREGAR ESTOS MATERIALES A LOS RECICLADORES	19.- CADA CUANTO TIEMPO ENTREGA ESTOS MATERIALES A LOS RECICLADORES	20.- QUÉ TIPO DE MATERIALES ENTREGA A LOS RECICLADORES		21.- ENTREGA UD ALGÓN TIPO DE BASURA A LOS RECICLADORES	
SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> A VECES <input type="checkbox"/>	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> A VECES <input type="checkbox"/>	CONSTANTEMENTE <input type="checkbox"/> PARA VEZ <input type="checkbox"/> A VECES <input type="checkbox"/> OTRO <input type="checkbox"/>	1) CHATAÑA <input type="checkbox"/> 2) CHIPA <input type="checkbox"/> 3) BOTELLAS <input type="checkbox"/>	4) PAPEL Y CARTÓN <input type="checkbox"/> 5) PIRÓDICO <input type="checkbox"/> 6) VUELOS <input type="checkbox"/>	7) RESIDUOS PARA CHANCHOS <input type="checkbox"/> 8) OTRO <input type="checkbox"/>	
OBSERVACIONES DE CAMPO						
SIMBOLIZA	TIPO DE VIVIENDA (INEC)	ESTADO DE LA FACHADA		ACERA	CALLE	
CAJADA EN ÓPTIMAS CONDICIONES A EN BUENAS CONDICIONES B EN MALAS CONDICIONES C	- MEDIAJUA <input type="checkbox"/> - RAMCHO <input type="checkbox"/> - COVACHA <input type="checkbox"/> - CHIZA <input type="checkbox"/>	CATEGORÍA A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/>		TIPO MALDOSA <input type="checkbox"/> ENCIMENTADA <input type="checkbox"/> TIERRA <input type="checkbox"/> NO EXISTE <input type="checkbox"/>	CATEGORÍA A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/>	TIPO ASFALTADA <input type="checkbox"/> ADORNADA <input type="checkbox"/> LASTRADA <input type="checkbox"/> TIERRA AFIRMADA <input type="checkbox"/> EMPESADA <input type="checkbox"/>
*Se refiere al estado de elementos como pilares, estacas, columnas, puertas, ventanas, etc.			FIRMA:			
NOMBRE DEL ENCUESTADOR:						

Anexo 3: Encuesta rápida de calidad y uso de agua en Salcedo



Unach
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

CONSUMO HORARIO RESIDENCIAL DE AGUA POTABLE DEL CANTÓN SALCEDO

INFORMACIÓN GENERAL

ENCUESTA N°: RED: ESTRATO: FECHA:

NOMBRE DEL ENCUESTADO:

FICHA USO-CONSUMO DE AGUA POTABLE

1. **QUE TIPO DE VIVIENDA POSEE**
 RESIDENCIAL MIXTA COMERCIAL
2. **CUANTAS PERSONAS RESIDEN EN EL HOGAR**

3. **TIENE RESERVA DE AGUA POTABLE**
 SI () NO ()
4. **DISPONE DE AGUA POTABLE LAS 24 HORAS**
 SI () NO ()
5. **DISPONE DE AGUA POTABLE TODOS LOS DÍAS**
 SI () NO ()
6. **LA CALIDAD DE AGUA POTABLE QUE DISPONE EN SU VIVIENDA LO CONSIDERA**
 BUENA () REGULAR () MALA ()
7. **EL AGUA POTABLE A DIARIO LO UTILIZA PARA:**
 ASEO PERSONAL () LAVAR ROPA () REGAR JARDÍN ()
 BEBER () PREPARAR ALIMENTOS () OTROS: ()
8. **QUÉ TIPO DE APARATOS SANITARIOS POSEE EN SU HOGAR Y QUE CANTIDAD**

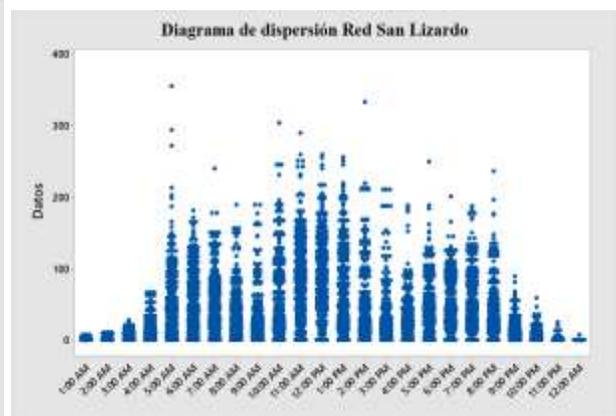
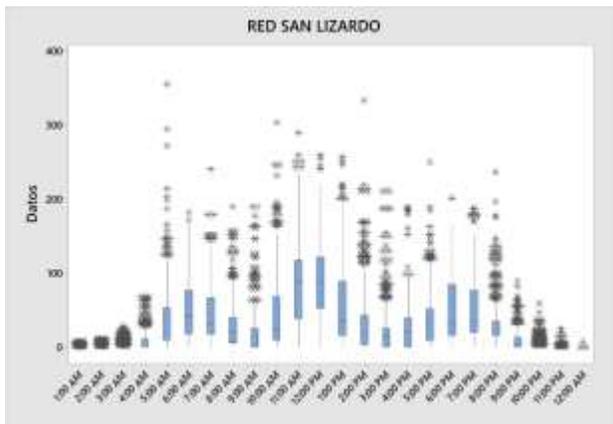
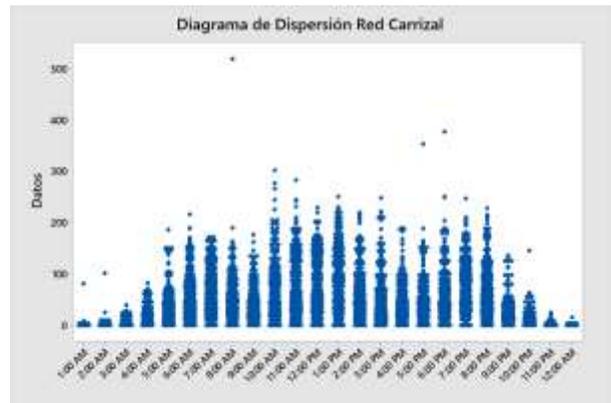
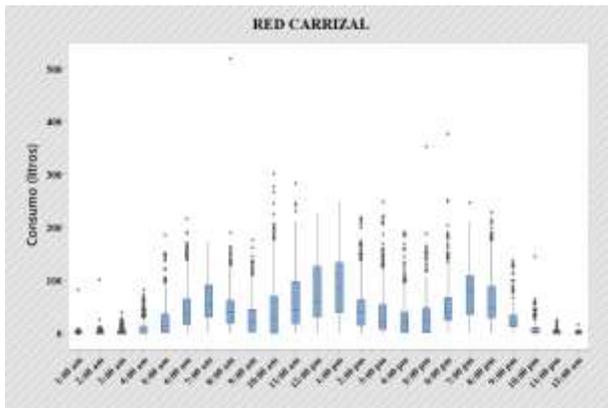
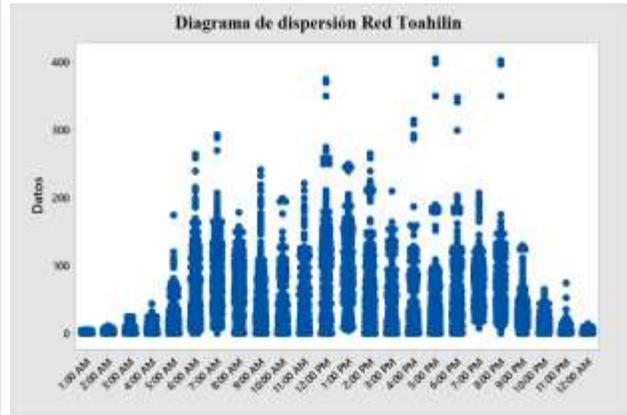
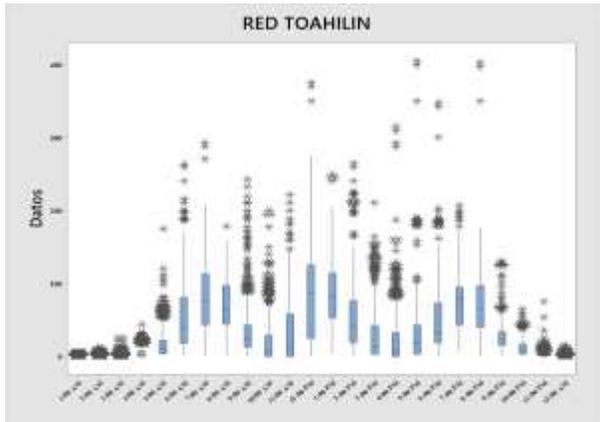
APARATOS SANITARIOS	SI	NO	NÚMERO DE APARATOS SANITARIOS
INODORO	()	()
LAVABO	()	()
DUCHA	()	()
LAVAPLATOS	()	()
LAVADORA	()	()
TANQUE PARA LA ROPA	()	()
GRIFO	()	()
PISCINA	()	()
HIDROMASAJE	()	()
LAVADO DE CARRO	()	()

OBSERVACIONES:

.....

.....

Anexo 4: Procesamiento de datos



Anexo 5: Selección de micromedidores



Anexo 6: Lectura de consumos cada hora



Anexo 7: Levantamiento de información



Anexo 7: Levantamiento de información



Anexo 8: Lecturas de medidores

"CONSUMO HORARIO RESIDENCIAL DE AGUA POTABLE DEL CANTÓN SALCEDO"																
FICHA DE RESGISTRO CONSUMO HORARIO RESIDENCIAL																
COD-MEDIDOR	SL4	RED	SAN LIZARDO	FECHA:	05-12/8/2024			HORA	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	D
					Consumo (l)	Consumo (l)	Consumo (l)		Consumo (l)	Consumo (l)	Consumo (l)	Consumo (l)				
INTERVALO DE TIEMPO	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	1:00	Consumo (l)	Consumo (l)	Consumo (l)	Consumo (l)	Consumo (l)	Consumo (l)	Consumo (l)	
	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura									
00:00 a 01:00	2351,505	2351,7215	2351,967	2352,044	2352,19	2352,33	2352,423	2:00	0	0	0	0	0	0	0	0
01:00 a 02:00	2351,505	2351,7215	2351,967	2352,044	2352,19	2352,33	2352,423	3:00	0	0	0	0	0	0	0	6
02:00 a 03:00	2351,505	2351,7215	2351,967	2352,044	2352,19	2352,33	2352,423	4:00	0	0	0	0	0	0	0	34
03:00 a 04:00	2351,505	2351,7215	2351,967	2352,044	2352,19	2352,33	2352,429	5:00	0	0	35	35	12	7	74	
04:00 a 05:00	2351,505	2351,7215	2351,967	2352,044	2352,19	2352,33	2352,463	6:00	35	35	7	0	5	0	80	
05:00 a 06:00	2351,505	2351,757	2352,002	2352,079	2352,202	2352,337	2352,537	7:00	12	7	7	0	1	1	49	
06:00 a 07:00	2351,54	2351,757	2352,009	2352,079	2352,207	2352,337	2352,617	8:00	7	0	1	50	5	45	0	
07:00 a 08:00	2351,552	2351,764	2352,016	2352,079	2352,208	2352,338	2352,666	9:00	5	0	0	12	102	5	0	
08:00 a 09:00	2351,559	2351,764	2352,017	2352,129	2352,213	2352,383	2352,666	10:00	7	0	2	14	4	10	67	
09:00 a 10:00	2351,564	2351,764	2352,017	2352,141	2352,315	2352,388	2352,666	11:00	1	1	0	35	11	25	109	
10:00 a 11:00	2351,571	2351,764	2352,019	2352,155	2352,319	2352,398	2352,733	12:00	1	50	25	0	0	0	71	
11:00 a 12:00	2351,572	2351,765	2352,019	2352,19	2352,33	2352,423	2352,842	13:00	5	45	0	0	0	0	49	
12:00 a 13:00	2351,573	2351,8155	2352,044	2352,19	2352,33	2352,423	2352,913	14:00	0	12	0	0	0	0	0	
13:00 a 14:00	2351,578	2351,866	2352,044	2352,19	2352,33	2352,423	2352,962	15:00	102	5	0	0	0	45	6	
14:00 a 15:00	2351,578	2351,878	2352,044	2352,19	2352,33	2352,423	2352,962	16:00	2	14	0	15	10	32	29	
15:00 a 16:00	2351,68	2351,883	2352,044	2352,19	2352,33	2352,423	2352,968	17:00	4	10	0	45	12	15	104	
16:00 a 17:00	2351,682	2351,897	2352,044	2352,19	2352,33	2352,423	2352,997	18:00	0	35	0	0	35	21	40	
17:00 a 18:00	2351,686	2351,907	2352,044	2352,19	2352,33	2352,423	2353,101	19:00	11	25	0	0	5	8	15	
18:00 a 19:00	2351,686	2351,942	2352,044	2352,19	2352,33	2352,423	2353,194	20:00	25	0	0	0	0	0	28	
19:00 a 20:00	2351,69783	2351,967	2352,044	2352,19	2352,33	2352,423	2353,209	21:00	0	0	0	0	0	0	0	
20:00 a 21:00	2351,7215	2351,967	2352,044	2352,19	2352,33	2352,423	2353,237	22:00	0	0	0	0	0	0	0	
21:00 a 22:00	2351,7215	2351,967	2352,044	2352,19	2352,33	2352,423	2353,237	23:00	0	0	0	0	0	0	0	
22:00 a 23:00	2351,7215	2351,967	2352,044	2352,19	2352,33	2352,423	2353,237	0:00	0	0	0	0	0	0	0	
23:00 a 00:00	2351,7215	2351,967	2352,044	2352,19	2352,33	2352,423	2353,237	MAX DIAR	102	50	35	50	102	45	109	

"CONSUMO HORARIO RESIDENCIAL DE AGUA POTABLE DEL CANTÓN SALCEDO"																
FICHA DE RESGISTRO CONSUMO HORARIO RESIDENCIAL																
COD-MEDIDOR	SL5	RED	SAN LIZARDO	FECHA:	05-12/8/2024			HORA	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	C
					Consumo (l)	Consumo (l)	Consumo (l)		Consumo (l)	Consumo (l)	Consumo (l)	Consumo (l)				
INTERVALO DE TIEMPO	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	1:00	Consumo (l)	Consumo (l)	Consumo (l)	Consumo (l)	Consumo (l)	Consumo (l)	Consumo (l)	
	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura	Lectura									
00:00 a 01:00	5025,303	5025,865	5026,494	5027,378	5028,385	5028,953	5029,608	2:00	0	3	2	4	0	7	3	
01:00 a 02:00	5025,307	5025,869	5026,5	5027,385	5028,391	5028,953	5029,608	3:00	0	3	2	4	0	4	3	
02:00 a 03:00	5025,307	5025,872	5026,502	5027,389	5028,391	5028,96	5029,611	4:00	9	15	15	20	10	4	3	
03:00 a 04:00	5025,307	5025,875	5026,504	5027,393	5028,391	5028,964	5029,614	5:00	97	102	107	115	95	13	17	
04:00 a 05:00	5025,316	5025,89	5026,519	5027,413	5028,401	5028,968	5029,617	6:00	63	58	70	75	65	100	109	
05:00 a 06:00	5025,413	5025,992	5026,626	5027,528	5028,496	5028,981	5029,634	7:00	40	55	57	67	43	61	70	
06:00 a 07:00	5025,476	5026,05	5026,696	5027,603	5028,561	5029,081	5029,743	8:00	11	22	23	37	13	57	61	
07:00 a 08:00	5025,516	5026,105	5026,753	5027,67	5028,604	5029,142	5029,813	9:00	0	4	1	6	0	24	19	
08:00 a 09:00	5025,527	5026,127	5026,776	5027,707	5028,617	5029,199	5029,874	10:00	13	17	27	32	10	7	6	
09:00 a 10:00	5025,527	5026,131	5026,777	5027,713	5028,617	5029,223	5029,893	11:00	39	43	67	77	38	21	25	
10:00 a 11:00	5025,54	5026,148	5026,804	5027,745	5028,627	5029,23	5029,899	12:00	66	51	92	87	68	41	69	
11:00 a 12:00	5025,579	5026,191	5026,871	5027,822	5028,665	5029,251	5029,924	13:00	86	98	115	125	88	53	88	
12:00 a 13:00	5025,645	5026,242	5026,963	5027,909	5028,733	5029,292	5029,993	14:00	0	3	7	13	1	102	114	
13:00 a 14:00	5025,731	5026,34	5027,078	5028,034	5028,821	5029,345	5030,081	15:00	0	0	3	3	2	5	4	
14:00 a 15:00	5025,731	5026,343	5027,085	5028,047	5028,822	5029,447	5030,195	16:00	12	14	37	42	10	1	6	
15:00 a 16:00	5025,731	5026,343	5027,088	5028,05	5028,824	5029,452	5030,199	17:00	22	27	62	72	20	12	40	
16:00 a 17:00	5025,743	5026,357	5027,125	5028,092	5028,834	5029,453	5030,205	18:00	45	49	82	87	43	25	58	
17:00 a 18:00	5025,765	5026,384	5027,187	5028,164	5028,854	5029,465	5030,245	19:00	42	44	77	82	40	52	84	
18:00 a 19:00	5025,81	5026,433	5027,269	5028,251	5028,897	5029,49	5030,303	20:00	10	12	25	37	11	47	81	
19:00 a 20:00	5025,852	5026,477	5027,346	5028,333	5028,937	5029,542	5030,387	21:00	0	3	4	9	0	9	24	
20:00 a 21:00	5025,862	5026,489	5027,371	5028,37	5028,948	5029,589	5030,468	22:00	3	2	3	6	5	4	5	
21:00 a 22:00	5025,862	5026,492	5027,375	5028,379	5028,948	5029,598	5030,492	23:00	0	0	0	0	0	6	3	
22:00 a 23:00	5025,865	5026,494	5027,378	5028,385	5028,953	5029,602	5030,497	0:00	0	0	0	0	0	0	0	
23:00 a 00:00	5025,865	5026,494	5027,378	5028,385	5028,953	5029,608	5030,5	MAX DIAR	97	102	115	125	95	102	114	