



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

**ESTUDIO DEL CONSUMO HORARIO RESIDENCIAL DE AGUA
POTABLE EN LAS REDES SABOYA; VERANILLO; MALDONADO;
PISCÍN DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA**

Trabajo de Titulación para optar al título de Ingeniero/a Civil

Autores:

Leonardo Miguel Alulema Román

Henry Santiago Estrada Barahona

Tutor:

MSc. María Gabriela Zúñiga Rodríguez

Riobamba, Ecuador. 2023

DERECHOS DE AUTORÍA

Yo, Leonardo Miguel Alulema Roman, con cédula de ciudadanía 060423877-4 y Henry Santiago Estrada Barahona con cédula de ciudadanía 060440290-9, autores del trabajo de investigación titulado: **“ESTUDIO DEL CONSUMO HORARIO RESIDENCIAL DE AGUA POTABLE EN LAS REDES SABOYA; VERANILLO; MALDONADO; PISCÍN DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA”**, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mí exclusiva responsabilidad.

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

En Riobamba, 12 de mayo de 2023.



Leonardo Miguel Alulema Roman

C.I: 060423877-4



Henry Santiago Estrada Barahona

C.I: 060440290-9

DICTAMEN FAVORABLE DEL TUTOR Y MIEMBROS DE TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Tutor y Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación “ESTUDIO DEL CONSUMO HORARIO RESIDENCIAL DE AGUA POTABLE EN LAS REDES SABOYA; VERANILLO; MALDONADO; PISCÍN DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA”, presentado por Alulema Roman Leonardo Miguel, con cédula de identidad número 060423877-4 y Estrada Barahona Henry Santiago con cédula de identidad número 060440290-9, certificamos que recomendamos la **APROBACIÓN** de este con fines de titulación. Previamente se ha asesorado durante el desarrollo, revisado y evaluado el trabajo de investigación escrito y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

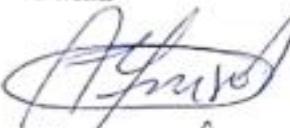
De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 12 de mayo de 2023.

Mgs. María Gabriela Zúñiga Rodríguez
TUTOR



Firma

Mgs. Alfonso Patricio Arellano Barriga
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



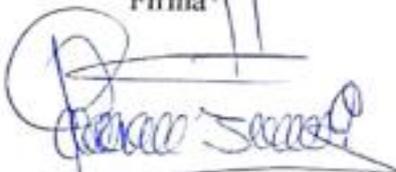
Firma

Mgs. Nelson Estuardo Patiño Vaca
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Firma

Mgs. Marco Javier Palacios Carvajal
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO



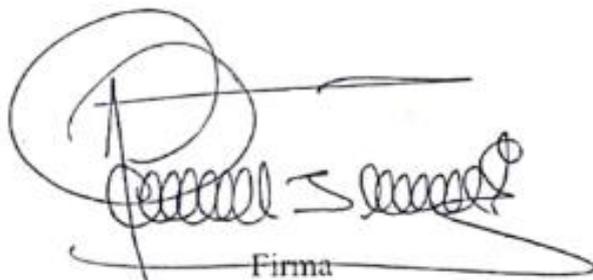
Firma

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación “Estudio del consumo horario residencial de agua potable en las redes Saboya; Veranillo; Maldonado; Piscina de la ciudad de Riobamba”, presentado por Leonardo Miguel Alulema Roman, con cédula de identidad número 0604238774, y Henry Santiago Estrada Barahona con cédula de identidad número 0604402909 bajo la tutoría de Mgs. María Gabriela Zúñiga Rodríguez; certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba el 12 de mayo del 2023.

Presidente del Tribunal de Grado
Mgs. Marco Javier Palacios Carvajal



Firma

Miembro del Tribunal de Grado
Mgs. Alfonso Patricio Arellano Barriga



Firma

Miembro del Tribunal de Grado
Mgs. Nelson Estuardo Patiño Vaca



Firma

DEDICATORIA

Dedicamos este proyecto de titulación a la población de Riobamba que nos dio la oportunidad de analizar la variación de consumo de agua potable en el sector residencial. A la Universidad Nacional de Chimborazo por abrirnos las puertas para poder obtener el título de tercer Nivel. A nuestra Tutora Mgs. María Gabriela Zúñiga R. que nos brindó su tiempo y conocimientos para poder realizar este proyecto de titulación.

***Leonardo M. Alulema R. & Henry S.
Estrada B.***

Dedicado en primera instancia a Dios, por darme salud y vida para seguir cumpliendo mis sueños. A mis padres Flavio e Isabel por apoyarme en cada momento de mi vida, formándome día a día como persona y ahora como profesional. A mi novia Genesis que también me apoyo en el transcurso de mi carrera siendo una pieza importante para lograr esta meta.

Leonardo M. Alulema R.

Dedico todos los logros a mis padres por haberme forjado con buenos sentimientos, valores y sobre todo por brindarme esa motivación constante para alcanzar mis sueños. En los momentos difíciles, me brindaron su amor y apoyo incondicional.

Henry S. Estrada B.

AGRADECIMIENTO

Queremos agradecer a nuestra tutora Mgs. Ma. Gabriela Zúñiga, por su orientación, sabiduría y paciencia en cada etapa del proceso además a los miembros del tribunal, Mgs. Alfonso Arellano y Mgs. Nelson Patiño, por dedicar su tiempo y esfuerzo para proporcionarnos los conocimientos y experiencia en el ámbito académico.

Leonardo M. Alulema R. & Henry S. Estrada B.

Gracias a todas las personas que han sido parte en la realización de mi tesis, en especial a mis padres por darme su apoyo incondicional.

Agradezco a mi Familia que día a día me brindan su apoyo y es mi motor para seguir adelante y formarme como persona.

También a mi compañero de tesis Henry Estrada que sin su ayuda no pudimos culminar con esta etapa de nuestras vidas.

Leonardo M. Alulema R.

Agradezco a Dios quién ha permitido que siga compartiendo con mis padres mis anhelos, aspiraciones y logros en el transcurso de mi vida.

A mi familia por estar siempre conmigo en cada paso que he dado y por ser esa fortaleza constante para seguir adelante ante toda adversidad. Quiero agradecer a mi compañero de tesis por el compartir y humanidad que le caracteriza.

Henry S. Estrada B

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	13
1.1 Antecedentes.....	13
1.2 Planteamiento del problema	15
1.3 Objetivos.....	15
1.3.1 General.....	15
1.3.2 Específicos.....	16
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	17
2.1 Conceptos Generales	17
2.1.1 Agua	17
2.2 Consumo de agua potable.....	17
2.3 Dotación de agua potable	17
2.4 Redes de distribución	17
2.5 Demanda de agua potable.....	20
2.6 Factores que intervienen en el consumo de agua potable.....	20
2.7 Estado del arte	21
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.....	24
3.1 Tipo de investigación	24
3.2 Métodos y técnicas de recolección de datos.....	25
3.3 Población de estudio y tamaño de muestra.....	25
3.3.1 Población	25
3.3.2 Muestra	25
3.4 Procesamiento y análisis de datos	26
3.4.1 Procesamiento y análisis de datos para la caracterización urbanística	26
3.4.2 Aplicación de encuestas con procesamiento y análisis de datos	28
3.4.3 Procesamiento y análisis de datos obtenidos en campo	28
Nota [Donde: (U): unidades, (D) y (C): centenas]	29
3.4.4 Proceso para la digitalización de resultados	30
3.4.5 Caudal Medio	33

3.4.6	Caudal de fondo de fugas	33
3.4.7	Coeficiente de variación de consumo horario (kh).....	34
3.4.8	Construcción de las curvas horaria.....	34
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		35
4.1	Factores que inciden en el consumo de agua potable.....	35
4.1.1	Estratificación socioeconómica	35
4.1.2	Usuarios por vivienda.....	41
4.1.3	Equipamiento sanitario	41
4.1.4	Estructuras de almacenamiento	42
4.1.5	Dotación de agua potable	43
4.1.6	Calidad de agua	44
4.2	Curvas de consumo horario residencial.....	44
4.2.1	Consumos horarios por redes de distribución	44
4.2.2	Consumos horarios por estratos socioeconómicos	46
4.2.3	Coeficientes de modulación horaria	48
4.3	Discusión	50
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		54
5.1	Conclusiones.....	54
5.2	Recomendaciones.....	55
BIBLIOGRAFÍA		56
ANEXOS		58

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1 <i>Redes de distribución</i>	18
Tabla 2 <i>Caudal actual en el cantón Riobamba</i>	20
Tabla 3 <i>Muestra por cada red de distribución</i>	26
Tabla 4 <i>Puntuación para la categorización de las manzanas</i>	27
Tabla 5 <i>Puntuación para la categorización según encuestas</i>	28
Tabla 6 <i>Tipología de medidores colocados en la ciudad de Riobamba</i>	29
Tabla 7 <i>Distribución de estratos por redes de distribución</i>	36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Ubicación de las cuatro redes de distribución de agua potable de la ciudad de Riobamba</i>	13
Figura 2 <i>Desarrollo de la investigación</i>	24
Figura 3 <i>Estratificación socioeconómica de Riobamba basada en la caracterización urbanística</i>	27
Figura 4 <i>Hoja de registro y ficha de consumo</i>	31
Figura 5 <i>Diagrama de dispersión</i>	32
Figura 6 <i>Diagrama de cajas y bigotes</i>	33
Figura 7 <i>Tabulación de estratos socioeconómicos</i>	35
Figura 8 <i>Mapa de la red Saboya estratificada</i>	37
Figura 9 <i>Mapa de la red Maldonado estratificada</i>	38
Figura 10 <i>Mapa de la red San Martín de Veranillo estratificada</i>	39
Figura 11 <i>Mapa de la red Piscín estratificada</i>	40
Figura 12 <i>Promedio de habitantes por casa</i>	41
Figura 13 <i>Porcentaje de unidades sanitaria utilizadas</i>	42
Figura 14 <i>Porcentajes del tipo de almacenamiento de cada red</i>	43
Figura 15 <i>Porcentajes del nivel de servicio</i>	43
Figura 16 <i>Porcentaje de consideración de los usuarios respecto a la calidad del agua</i>	44
Figura 17 <i>Consumo horario residencial por redes</i>	45
Figura 18 <i>Consumo horario por estratificación</i>	47

Figura 19 <i>Coefficientes de modulación horaria por cada red</i>	49
Figura 20 <i>Mapa de las redes con sus coeficientes máximos</i>	50

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1 <i>Encuesta aplicada</i>	58
Anexo 2 <i>Diagrama de dispersión por redes</i>	59
Anexo 3 <i>Diagrama de cajas y bigotes por cada red</i>	60

RESUMEN

El cantón Riobamba, ubicado en la provincia de Chimborazo, se compone de 5 parroquias urbanas y 11 parroquias rurales, teniendo así un total de 45 902 usuarios de los cuales el 80% pertenece al sector residencial, de acuerdo con EP- EMAPAR empresa prestadora del servicio de agua potable, existen nueve redes de distribución independientes que abastecen a toda la ciudad de Riobamba, inyectando un caudal de 680.26 l/s, sin embargo, no satisface la demanda que necesita la ciudad. El presente proyecto de investigación tiene como objeto analizar el comportamiento del consumo horario de agua potable en el sector residencial de las redes de distribución Saboya, Maldonado, San Martín de Veranillo y Piscín basados en datos estadísticos y principales parámetros que influyen en el consumo de agua. Para ello se realizó encuestas con la finalidad de determinar el número de viviendas que sirvieron de estudio para la toma de los datos en campo. En cuanto al procesamiento y análisis de datos se utilizaron herramientas digitales estadísticas que permitieron elaborar las curvas de modelación y coeficientes de variación de consumo horario (kh), los coeficientes de mayor magnitud fueron en la red Saboya y Maldonado valores de 2.96 y 2.99 respectivamente mismos que exceden con los valores recomendados por la norma CPE INEN 5 1992. Estos datos se los representaron mediante fotogrametría georreferenciada con la finalidad de distinguir los límites de cada una de las redes analizadas y ayudar a generar información específica para futuros diseños en las mismas.

Palabras claves: agua potable, consumo máximo horario, curvas de consumo, coeficientes de consumo.

ABSTRACT

Riobamba canton, located in Chimborazo province, is made up of 5 urban parishes and 11 rural parishes; having a total of 45,902 users which 80% belong to the residential sector. According to EP-EMAPAR, a service provider company of drinking water, there are nine independent distribution networks that supply the entire city of Riobamba, injecting a flow of 680.26 l/s, however, it does not satisfy the demand that the city needs. The purpose of this research project is to analyze the behavior of hourly consumption of drinking water in the residential sector of Saboya, Maldonado, San Martín de Veranillo and Piscín distribution networks based on statistical data and main parameters that influence water consumption. In order to determine the number of residences that functioned as a study for data collecting in the field, surveys were conducted. Digital statistical techniques were employed for data processing and analysis, enabling the development of modeling curves and coefficients of variation for hourly consumption (kh). The largest coefficients, with values of 2.96 and 2.99, respectively, in Saboya and Maldonado networks, exceeded those suggested by the CPE INEN 5 1992 standard. These data were represented using georeferenced photogrammetry in order to identify the boundaries of each of the examined networks and provide precise information for upcoming design work within them.

Keywords: drinking water, maximum hourly consumption, consumption curves, consumption coefficients.

Reviewed by:



Mg. Mishell Gabriela Espinoza

ENGLISH PROFESSOR

C.C. 0650151566

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.

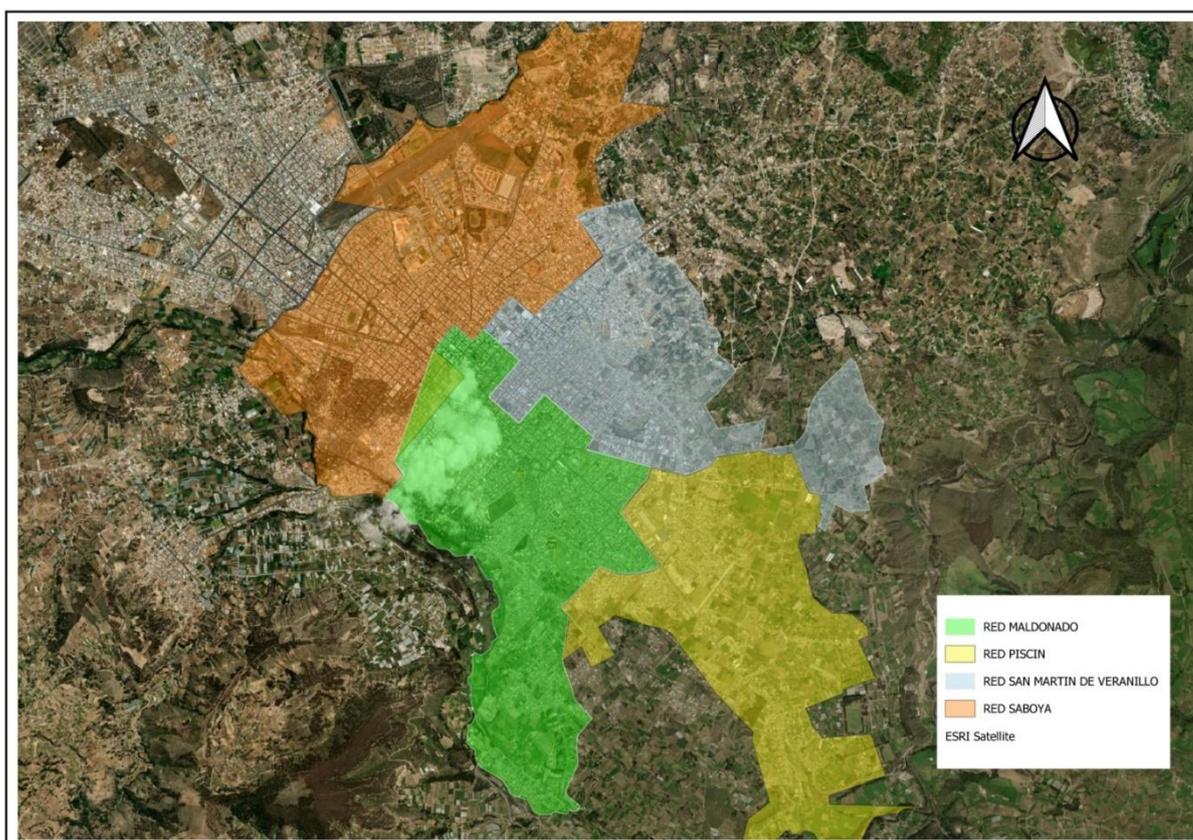
1.1 Antecedentes

El cantón Riobamba es la capital de la provincia de Chimborazo situado a 2750 msnm ubicado en la zona centro de la sierra, con coordenadas UTM ($E\ 761780.00; N\ 9815149.17$), cuenta con una extensión de 979.7 km² dividido en 5 parroquias urbanas y 11 parroquias rurales, limita al Norte con los cantones Guano y Penipe, al Sur con los cantones Colta y Guamote, al Este el cantón Chambo y Oeste con la provincia de Bolívar (Oleas, 2017).

A continuación, se presenta el área de estudio de las cuatro redes de distribución de agua potable de la ciudad de Riobamba (Saboya, Maldonado, San Martín de Veranillo, Piscín).

Figura 1

Ubicación de las cuatro redes de distribución de agua potable de la ciudad de Riobamba



Fuente. Alulema & Estrada (2023)

Según información de EP-EMAPAR empresa prestadora del servicio de agua potable para el año 2022 la ciudad de Riobamba cuenta con un abastecimiento de agua que sirve a 45 902 usuarios y está conformado por nueve redes de distribución independientes y

conformadas de la siguiente manera: la red Tratamiento con 955 usuarios, red Tapi con 4004 usuarios, la red Recreo con 2 523 usuarios, la red el Carmen con 6 043 usuarios, la red Saboya con 11 696 usuarios, la red San Martín de Veranillo con 5 479 usuarios, la red Maldonado con 9 550 usuarios la red Piscín, con 2 717 usuarios y finalmente la red Yaruquíes con 2 935 usuarios.

Para llevar a cabo un correcto estudio de consumo de agua potable en una población, se debe considerar algunos factores que caracterizan el consumo de este servicio en los sectores de estudio, según las Naciones Unidas para el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2018, los parámetros que influyen en el consumo de agua en una población son socioeconómicos, climáticos y culturales, mismos que se han visto relacionados en diferentes ciudades del Ecuador (Cáceres & Chambilla, 2019). Sin embargo, una precisión de estudio más cercana a nuestra realidad la encontramos en el artículo de Arellano & Peña (2020), ya que las variables determinadas son el resultado de datos recopilados en once ciudades del Ecuador, incluida Riobamba. Las quince variables de este estudio están agrupadas en los siguientes factores: climatológicos, sociodemográficos, socioeconómicos, y de gestión y calidad del agua.

Riobamba con el crecimiento urbanístico fue desarrollando su economía en tres fuentes o sectores laborales la construcción; transporte, información y comunicaciones; y el de manufactura. Siendo una ciudad que acoge una representativa población aledaña, el consumo del agua esta principalmente en el abastecimiento poblacional; ya que Riobamba dejo de ser agrícola y ganadera (Vives & Naranjo, 2021).

Del GAD del cantón Riobamba y su empresa EP EMAPAR es deber y responsabilidad cumplir con la constitución del Ecuador en su artículo 318. El agua es un derecho y bien público inalienable, elemento vital que no puede ser privatizada de ninguna forma. El estado garantizara la adecuada gestión de los recursos hídricos para el consumo humano.

En tal virtud, es obligación de los administradores proporcionar una adecuada dotación a los respectivos sistemas de agua potable, que cubran con las necesidades básicas de la población. Contar con un estudio de consumo horario de agua en el sector residencial, aportaría al desarrollo de sistemas de abastecimiento, cumpliendo con una gestión administrativa responsable.

Para realizar un estudio más realista y preciso del consumo residencial ha surgido la necesidad de obtener coeficientes de variación de consumo horario Kh . Además, de incluir curvas que faciliten un correcto diseño para los profesionales.

La normativa INEN CPE 5 (1992) está vigente desde los años noventa hasta la actualidad para los diseños de agua potable, la cual contiene coeficientes de variación de consumo horario (2 a 2.30) utilizados para el abastecimiento mismos que están reflejados en el capítulo de variación de consumo, esto se puede evidenciar en la siguiente ecuación (1).

$$K_{max.hor} = (2.00 \text{ a } 2.30) * Q_{med} \quad (1)$$

El presente proyecto de investigación tiene la finalidad de estudiar el comportamiento del consumo horario de agua potable en el sector residencial de la zona urbana en el cantón Riobamba, enfocados en datos estadísticos y los factores que intervienen en el consumo. Para ejecutar esta investigación se realizará encuestas, entrevistas y se tomará el registro horario de los medidores de agua a una determinada muestra de cada red analizada.

1.2 Planteamiento del problema

En la ciudad de Riobamba existe un déficit de cobertura de agua potable; de acuerdo con la empresa EP EMAPAR (2020), la mayor dificultad de la zona se presenta por el crecimiento de barrios irregulares ubicados fuera del perímetro urbano los cuales no cumplen con las normativas de construcción y permisos municipales, esto hace que la cantidad de agua sea obligada a una distribución racionada, con horarios restringidos lo que impulsa a la ciudadanía a construir cisternas y tanques elevados de almacenamiento para la mantención de reservas de agua

En el plan de Desarrollo y Ordenamiento territorial existen 9 redes de distribución de agua potable en el cantón Riobamba, las cuales cuentan con un caudal de 680.26 l/s y cubren un área de servicio de 4 855.95 ha, dando cobertura a 158 sectores de la ciudad de Riobamba con una longitud total de tuberías de 611.76 km para la distribución del agua (EP EMAPAR, 2020). A continuación, se describe las redes de distribución de agua en estudio:

- Red Saboya: Esta red es la que más servicio cubre con un promedio de 907.25 ha, sirve a 36 sectores con un caudal de 134.52 l/s, y tiene 140.93 km de tuberías instaladas. La distribución se lo realiza en tres horarios.
- Red Maldonado: Es la red más grande de la ciudad de Riobamba con un caudal de 254 l/s dotando de agua a 27 sectores de la ciudad con un área estimada de 621.34 ha y tubería instalada de 93.28 km. La distribución se lo realiza en tres horarios.
- Red San Martín de Veranillo: Esta red abastece a 23 sectores con 122.67 km de tubería. La distribución se lo realiza en tres horarios.
- Red Piscín: Cubre un área de 646.85 ha con un caudal de 7.36 l/s que abastece a 12 sectores, por medio de 42.22 km de tubería instaladas. Su distribución de agua es continua.

1.3 Objetivos

1.3.1 General

Analizar el consumo horario de agua potable en zonas residenciales basados en datos estadísticos obtenidos en la entidad competente de la gestión del abastecimiento de agua potable en las redes Saboya, Maldonado, San Martín de Veranillo, Piscín en la ciudad de Riobamba.

1.3.2 Específicos

- Recolectar datos históricos a través de las entidades de abastecimiento de agua potable.
- Registrar el horario por medio de las tomas de lecturas de medidores de agua potable.
- Conocer los hábitos de consumo de agua potable de las personas de las zonas residenciales.
- Crear curvas de consumo horario de agua al analizar los patrones de los usuarios.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.

2.1 Conceptos Generales

2.1.1 Agua

El agua es un compuesto que ha permitido la vida, la conformación de paisajes y el desarrollo de la civilización debido a sus propiedades fisicoquímicas. El agua fomenta el crecimiento económico y social de una región, tomando en cuenta que es un recurso renovable finito (Rispoli, 2011).

2.2 Consumo de agua potable

El agua potable es un recurso hídrico limitado y su calidad depende de diferentes parámetros. Uno de ellos, es el consumo de agua que generan las personas para satisfacer sus necesidades básicas. En los últimos años ha existido un crecimiento de la población, por lo que uno de los principales problemas de la actualidad es la escasez de agua potable, esto conlleva a la búsqueda y planificación de los requerimientos de consumo para su adecuada distribución (Blanco et al., 2014)

2.3 Dotación de agua potable

La empresa pública EP EMAPAR dio a conocer en su apartado de rendición de cuentas en marzo del 2020 que Riobamba tiene una población de 184 886 habitantes según la base de datos del INEC, esto a su vez con la implementación del plan maestro en la ciudad de Riobamba se ha beneficiado a 177 756 habitantes con el servicio de agua potable.

Según Arellano et al., (2018), la dotación de agua potable en la ciudad de Riobamba es de 214.11 (litros/hab*día).

2.4 Redes de distribución

De acuerdo con los datos del EP EMAPAR (2020), en la parte urbana del cantón Riobamba, existe un 89.30% de viviendas que se abastecen de agua a través de tubería de la red pública y además la ciudad cuenta con nueve redes de distribución, las cuales cubren el área del servicio a 158 sectores del cantón; mismas que se pueden visualizar en la **Tabla 1**.

En la siguiente tabla se evidencia tres parámetros en el estado de reserva (en servicio, sin servicio y no construidos), que pertenecen a tanques de almacenamiento de agua potable en funcionamiento, suspendidos y no construidos. El valor cero que se encuentran en los tanques de reserva corresponden a los que no están en servicio y no construidos.

Tabla 1*Redes de distribución*

No.	Red de Distribución	Área de la red (ha)	Sectores	Longitud de tuberías instaladas (km)	No. De Tanques	Volumen de Reserva	Estado de la Reserva	Distribución
1	RED PISCÍN	646.85	12	42.22	1	2000	EN SERVICIO	Continua (24 horas)
2	RED SAN JOSE DE TAPI	306.46	16	47.27	1	2000	EN SERVICIO	Tres horarios
3	RED YARUQUÍES	458.05	7	29.05	0	0	SIN SERVICIO	Continua (24 horas)
4	RED EL TRATAMIENTO	168.24	8	46.26	1	1000	EN SERVICIO	Continua (24 horas)
					0	0	SIN SERVICIO	
5	RED EL RECREO	191.51	11	29.73	1	500	EN SERVICIO	Tres horarios
					1	500	EN SERVICIO	
6	RED MALDONADO	621.34	27	93.28	1	2500	EN SERVICIO	

					1	2500	EN SERVICIO	Tres horarios
					1	1000	EN SERVICIO	
					1	1000	EN SERVICIO	
7	RED SABOYA	907.25	36	140.93	1	1000	EN SERVICIO	Tres horarios
					1	2000	EN SERVICIO	
					1	2000	EN SERVICIO	
					0	0	NO CONSTRUIDO S	
8	RED SAN MARTÍN DE VERANILLO	944.64	23	122.67	0	0	NO CONSTRUIDO S	Tres horarios
					0	0	SIN SERVICIO	
9	RED EL CARMEN	611.61	18	60.35	1	2000	EN SERVICIO	Continua (24 horas)

Fuente (EP EMAPAR, 2020)

2.5 Demanda de agua potable

Como se puede observar en la **Tabla 2**, cada red de distribución posee un caudal actual y un necesario, de manera que se puede visualizar que, en ciertas redes de distribución, no se ha podido satisfacer la demanda requerida de agua potable, lo que conlleva a problemas de abastecimiento de agua en algunos sectores de la ciudad.

El color verde en la tabla indica que el caudal necesario es mayor que el caudal actual suministrado a la red.

Tabla 2

Caudal actual en el cantón Riobamba

Red	Caudal Actual	Caudal Necesario
	EMAPAR 2021	EMAPAR 2020
	Obtenido de (Achache & Gómez, 2022)	Obtenido de (EP EMAPAR, 2020)
Tratamiento	9.60 l/s	8.12 l/s
Recreo	55.69 l/s	17.90 l/s
San José de Tapi	48.30 l/s	49.92 l/s
Saboya	227.92 l/s	319.36 l/s
Maldonado	109.90 l/s	198.12 l/s
El Carmen	91.67 l/s	98.50 l/s
San Martín de Veranillo	78.31 l/s	120.50 l/s
Yaruquies	14.03 l/s	14.50 l/s
Piscín	44.84 l/s	18.63 l/s
Total	680.26 l/s	845.55 l/s

Elaborado por: Alulema y Estrada (2023)

2.6 Factores que intervienen en el consumo de agua potable

Como en titulares recurrentes es también la asociación puntual que Cáceres & Chambilla (2019) hacen referencia a los parámetros de consumo de agua potable donde la incidencia del medio ambiente es directamente el efecto de alteración climática que suma a

la temperatura, precipitación y humedad. La realidad socioeconómica de las familias se enfoca también en la accesibilidad que las mismas tienen en el consumo externo, sumado a las necesidades vitales (jardines, lavadoras, hidromasajes, lavado de vehículos, etc.), lo que incrementa la demanda del recurso ante el crecimiento poblacional relacionado al nivel económico. Las costumbres por asentadas razones resumiremos en el factor cultural que despliega los estilos de vida en valores, educación, creencias, respeto, concienciación y otros factores que determinan la conducta ambiental.

En Ecuador considerando el comportamiento atmosférico de sus 3 regiones según Arellano & Peña (2020) los factores y variables que inciden en el consumo de agua potable son:

- La humedad y temperatura máximas como variables que repercuten en el consumo. Ejemplo cuando la humedad disminuye el consumo aumenta de manera mensual y semestral.
- El costo del agua per cápita en su incremento disminuye el consumo.
- La desconfianza en gestión y calidad en el tratamiento del agua incrementa el consumo de agua embotellada, es decir es directamente proporcional el aumento del consumo residencial con el mejoramiento de la calidad del agua.
- Demográficamente el incremento de miembros en una familia disminuye el consumo de agua per cápita, esto como el resultado de un puntual comportamiento en Ecuador.

De este y de otros estudios se establece que la calidad del agua y la demografía son los factores principales que inciden en el consumo de agua semestral, mientras que mensualmente las variables de temperatura y humedad son el factor climatológico predominante (Arellano & Peña, 2020).

El consumo de agua potable esta correlacionado con la gestión y la calidad que se le proporciona a cada residencia, por lo que el factor socio económico es directamente proporcional al consumo de agua del usuario. Además, la demografía familiar correspondiente al nivel socioeconómico es inversamente proporcional al número de habitantes por familia (Izurieta et al., 2022).

2.7 Estado del arte

A lo largo de la historia el abastecimiento de agua potable en el mundo y en Latinoamérica presenta singularidades de factores que provienen de la industrialización tardía, los conflictos sociales que nacen durante la implantación de políticas para el uso del agua, ya que el agua es un recurso hídrico y de gran importancia en el desarrollo de la población (Cáceres & Chambilla, 2019).

Las deficiencias administrativas al no desarrollar responsablemente sistemas óptimos y adecuados para el análisis, preservación y adecuada provisión del agua potable ponen en riesgo evidente la sostenibilidad del recurso. Una muestra latente de esta falencia preocupante es la falta de medición detallada que evalúe estadísticamente procesos y

administración; pues tan solo cuentan con mediciones mensuales. La revisión profesional y técnica de los sistemas y normativas en las empresas administradoras del agua en el Ecuador, se hace una necesidad urgente en la reestructuración para analizar, controlar, decidir sobre la preservación del agua; la apatía que raya en la ignorancia pone en riesgo la vida del agua y nuestra calidad de vida o existencia.

En otros países como en el caso de Perú los estudios realizados del consumo de agua potable dieron como resultados una diferencia entre los coeficientes de variación como es el caso de la zona urbana de Salcedo-Puno, donde los consumos máximos horarios se dan en la mañana en periodos de 07:00 – 08:00 am y 11:00 am -12:00 pm. Es por eso que los consumos máximos diarios se dan durante los fines de semana (sábado y domingo), esto no ocurre en zonas como Bogotá porque los valores máximos de consumo se dan los días Lunes (Cáceres & Chambilla, 2019).

Otro estudio realizado en México indica una metodología de variación estocástica para la demanda de agua potable que es aplicada para un grupo de N casas con base a parámetros estadísticos del consumo en casas individuales. El resultado de la curva horaria nos indica que el mayor consumo se da en las horas de 09:00 – 10:00 am (Tzatchkov & Alcocer, 2016).

En el Ecuador también existen estudios realizados en base a la variación de consumo horario de la población, generando curvas de consumo horario y determinando factores que inciden en el mismo. Estos resultados se obtienen con el análisis socioeconómico del sector residencial distribuido por barrios o redes de distribución.

En el cantón Guano se realizó la medición de medidores las 24 horas por 7 días, obteniendo así 152 muestras. Con estos datos se pudo determinar que el mayor consumo de agua potable corresponde a las 6h00 de la mañana, a las 11h00 del medio día y a las 19h00 de la noche, obteniendo el consumo máximo de 134.25 l/h, 135.75 l/h y 151.21 l/h respectivamente (Llamuca & Vallejo, 2023).

El estudio realizado en los cantones de Colta y Penipe de igual forma se desarrolló la medición las 24 horas por 7 días, obteniendo así el comportamiento del consumo horario residencial. Con las curvas de consumo determinaron que en Colta las horas de mayor consumo son a las 8h00 de la mañana con un consumo de 150 l/h, a las 13h00 de la tarde con un consumo de 130 l/h y a las 9h00 de la noche con un consumo de 110 l/h. En el caso de Penipe las horas de mayor consumo son en la mañana a las 8h00, en la tarde de 13h00 a 15h00 y en la noche a las 21h00, con consumos de 68 l/h, 85.25 l/h y 76 l/h respectivamente (Calderón & Tello, 2022).

En el sector La Matriz I del cantón Ambato se realizó un estudio de la variación del consumo horario de agua potable con la diferencia de que se lo realizó con un intervalo de tiempo cada 2 horas, obteniendo un mayor consumo de 420 litros de 12 a 14 horas correspondiente al lunes (Pulluquitín, 2019).

En el abastecimiento del agua influyen los valores de la dotación y las variaciones de consumo porque los volúmenes de almacenamiento pueden no estar acordes a la realidad,

es por eso que es importante usar adecuadamente los coeficientes de variación diaria y horaria en el diseño de abastecimiento. Estos coeficientes de la variación de la demanda representan la variación entre el gasto máximo y el gasto medio que conduciría la tubería. Para los sistemas de suministro hay que tener en cuenta una estimación adecuada de la demanda de agua potable que representa condiciones indispensables para la planificación y el diseño de suministros (Cáceres & Chambilla, 2019).

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo de investigación

Esta investigación es de tipo mixto, combina métodos cuantitativos como cualitativos; obteniendo paradigmas que mejoren oportunidades de acercarse a las problemáticas de la investigación. Este tipo de investigación tiene el propósito de generar mayor comprensión acerca del objeto de estudio (Pereira, 2011).

Al identificar la demanda horaria residencial de agua potable en el cantón Riobamba se podrá establecer el comportamiento en cuanto a su cantidad y los patrones que se generen, para así obtener una medición numérica que contribuya al desarrollo estadístico de la curva de consumo horario en las zonas residenciales del cantón.

Adicionalmente a esta investigación se aplica una tipología no experimental, ya que este tipo de investigación no se manipulan de forma deliberada una o más variables independientes, lo que se destaca en este análisis es la observación de fenómenos por las causas, efectos, características, entre otros (Ato et al., 2013).

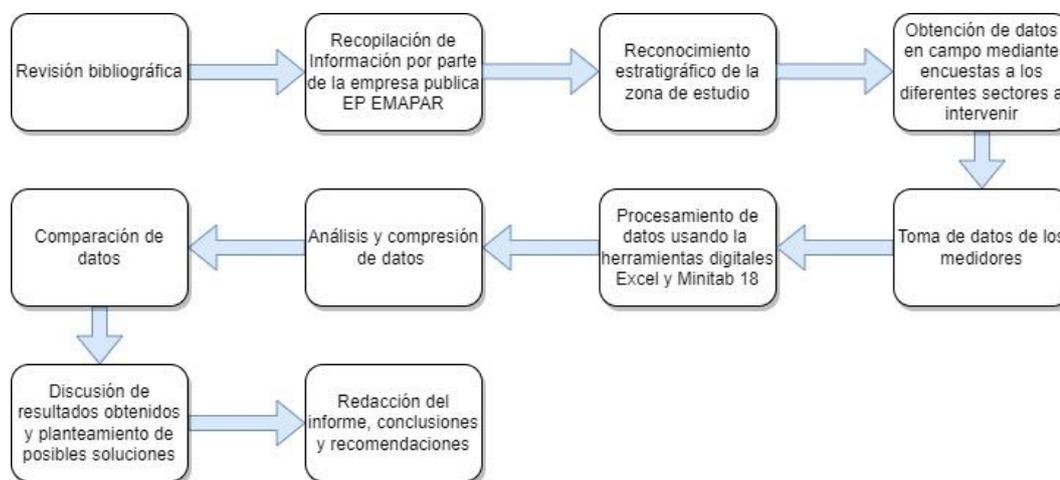
El diseño no experimental tiene como finalidad la descripción de las variables que analiza la incidencia y la relación entre ellas en un momento determinado; estas variables de la investigación correspondiente al estudio del consumo horario son:

- Variables independientes: consumo de agua, factores que influyen en el consumo
- Variables dependientes: curva de consumo horario.

En la **Figura 2** se presenta la metodología detallada para el cumplimiento de los objetivos en la investigación del estudio. El diagrama presentado a continuación representa el desarrollo de la investigación.

Figura 2

Desarrollo de la investigación



Fuente: Alulema & Estrada (2023)

3.2 Métodos y técnicas de recolección de datos

En base al método de caracterización urbanística y socio económica para poblaciones menores a 150 000 habitantes se pudo determinar los estratos socioeconómicos de la localidad (Arellano et al., 2012).

Mediante el empleo de muestreo probabilístico aleatorio se puede conocer la probabilidad que tiende a incluirse en la muestra por medio de una selección aleatoria (Otzen & Manterola, 2017).

3.3 Población de estudio y tamaño de muestra

3.3.1 Población

Para la determinación de la población en estudio se pudo obtener los registros de las acometidas domiciliarias de cada red misma que fue proporcionada por la empresa pública EP EMAPAR. Estos registros indican el número de usuarios con un total de 26 149 medidores correspondientes a las cuatro redes de distribución de agua potable; la red Saboya con 10 543 usuarios, la red San Martín de Veranillo con 4 799 usuarios, la red Maldonado con 8 444 usuarios y la red Piscín con 2 362 usuarios (Achache & Gómez, 2022).

3.3.2 Muestra

Se desarrolló un muestreo probabilístico, calculando el tamaño de la muestra utilizando la ecuación (2), con un margen de error considerado del 5% y un intervalo de confianza del 95%.

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

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 3*Muestra por cada red de distribución*

Red Saboya	$n = \frac{1.96^2 * 11696 * 0.5 * 0.5}{(0.05)^2 * (11696 - 1) + 1.96^2 * 0.5 * 0.5}$	n=153 muestras
Red Maldonado	$n = \frac{1.96^2 * 9550 * 0.5 * 0.5}{(0.05)^2 * (9550 - 1) + 1.96^2 * 0.5 * 0.5}$	n=122 muestras
Red San Martín de Veranillo	$n = \frac{1.96^2 * 5479 * 0.5 * 0.5}{(0.05)^2 * (5479 - 1) + 1.96^2 * 0.5 * 0.5}$	n=70 muestras
Red Piscín	$n = \frac{1.96^2 * 2717 * 0.5 * 0.5}{(0.05)^2 * (2717 - 1) + 1.96^2 * 0.5 * 0.5}$	n=34 muestras

Fuente: Alulema y Estrada (2023)

3.4 Procesamiento y análisis de datos

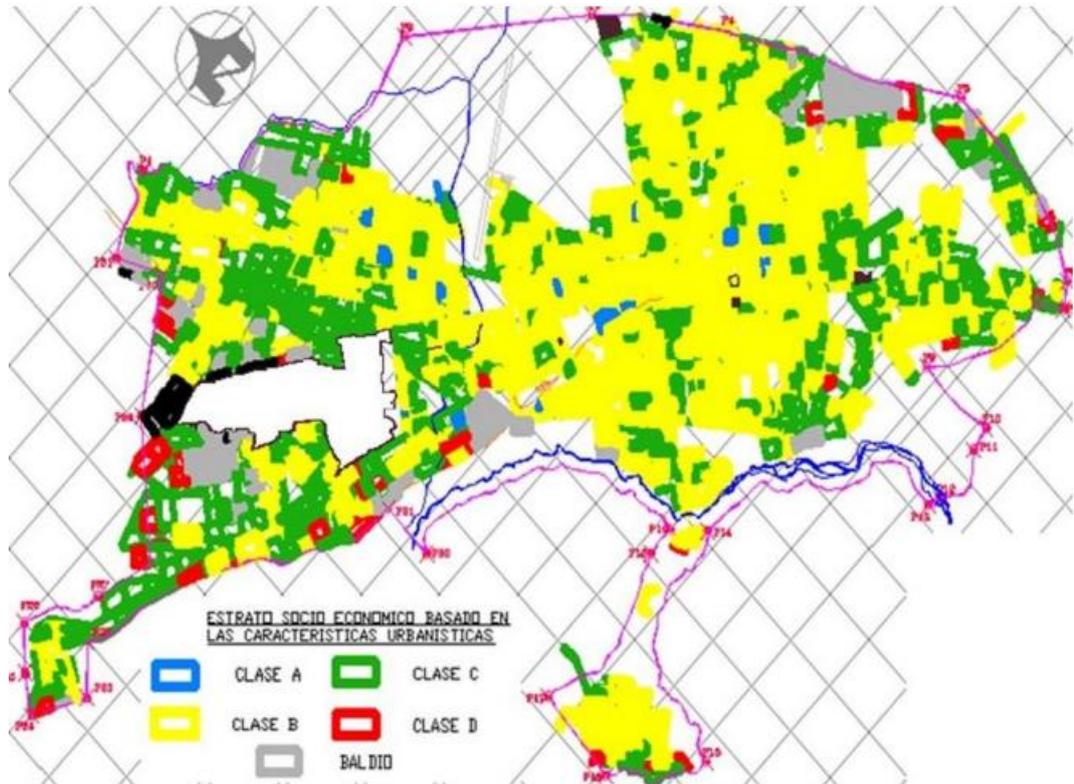
3.4.1 *Procesamiento y análisis de datos para la caracterización urbanística*

Se analizaron las cuatro redes de distribución de Riobamba, evaluando parámetros como el número de edificaciones, tipo de vía, número de pisos, condición de las fachadas y servicios básicos del predio. De acuerdo con el método de Arellano et al., (2012) se asigna el puntaje correspondiente a los parámetros mencionados anteriormente para así determinar el estrato socioeconómico de cada red de distribución por medio de la herramienta estadística Microsoft Excel.

Con la investigación de Carrillo & Quintero (2013) se muestra que el estrato socioeconómico de mayor relevancia de las cuatro redes analizadas son el estrato B y C. Estos datos reafirman la caracterización urbanística, como se indica en la **Figura 3**.

Figura 3

Estratificación socioeconómica de Riobamba basada en la caracterización urbanística.



Fuente: (Carrillo & Quintero, 2013)

Para la ejecución de la característica urbanística en las cuatro redes de distribución de agua en estudio se eligieron manzanas de manera aleatoria, posteriormente se evalúan los cuatro lados de la manzana y se suman los valores para así obtener un valor total de la misma, en la **Tabla 4** se muestra los puntajes para realizar esta caracterización.

Tabla 4

Puntuación para la categorización de las manzanas

RANGO	CATEGORÍA	ESTRATO SOCIO ECONÓMICO
≥ 300	A	De muy altos ingresos
299-200	B	De ingresos mayores que el promedio
199-100	C	De ingresos menores que el promedio
$99 \leq$	D	De muy bajos ingresos

Fuente: (Carrillo & Quintero, 2013)

Luego de haber evaluado las manzanas se procedió a realizar las encuestas socioeconómicas a casas de las manzanas seleccionadas aleatoriamente, en donde se investiga la economía de la familia residente en el predio para posteriormente comparar con puntajes de acuerdo con la **Tabla 5**.

Tabla 5

Puntuación para la categorización según encuestas

PUNTAJE	CATEGORÍA	ESTRATO SOCIOECONÓMICO
100-81	A	Alto
80-61	B	Medio Alto
60-31	C	Medio Bajo
30-0	D	Bajo

Fuente: (Carrillo & Quintero, 2013)

En cuanto a la información recolectada se procedió a dar seguimiento a las viviendas que van a ser escogidas para la presente investigación, misma que se distribuyeron de la siguiente forma y por redes de distribución.

3.4.2 Aplicación de encuestas con procesamiento y análisis de datos

Para el procesamiento y análisis de datos se ocupó la herramienta digital KoBotoolbox de forma que ayuden a la recolección y tabulación de datos levantados en campo. Los indicadores que se evaluaron son la clase social, la red a la que pertenece, tipo de residencia, si cuenta con el servicio de agua potable, tipo de almacenamiento, número de usuarios, unidades sanitarias, implementación de unidades de almacenamiento y la calidad de agua como se puede ver en el **Anexo 1**.

Además, mediante la tabulación de datos con la herramienta digital Microsoft Excel se evaluaron criterios que permitieron seleccionar viviendas específicamente de conexión directa, así también factores sobre la calidad de agua, dotación del servicio, número de unidades sanitarias y número de usuarios de cada vivienda.

3.4.3 Procesamiento y análisis de datos obtenidos en campo

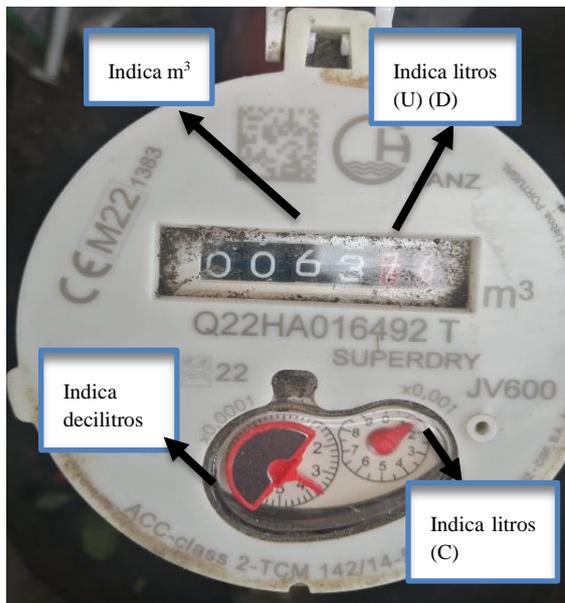
Para la determinación de los coeficientes de variación horaria se realiza una observación horaria del consumo de agua correspondiente a medidores que son seleccionados al azar con datos registrados en una ficha. Antes de encontrar los coeficientes se establece las curvas de variación en la localidad (Cáceres & Chambilla, 2019).

Luego de haber seleccionado las viviendas que entran en estudio, se etiquetaron los medidores con colores y letras de acuerdo con su estratificación como se ve en el **Anexo 3**.

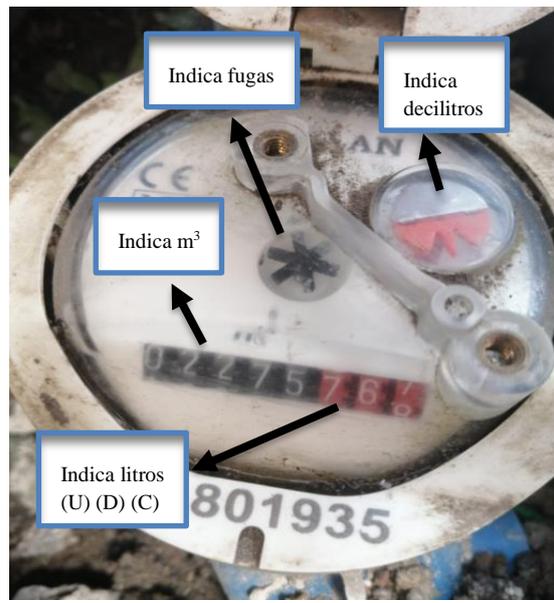
Se pudo apreciar que en las cuatro redes de distribución existen cuatro medidores comerciales, mismos que corresponden a medidores tipo chorro múltiple. La forma de tomar las lecturas varía de acuerdo con cada medidor como se indica en la **Tabla 6**.

Tabla 6

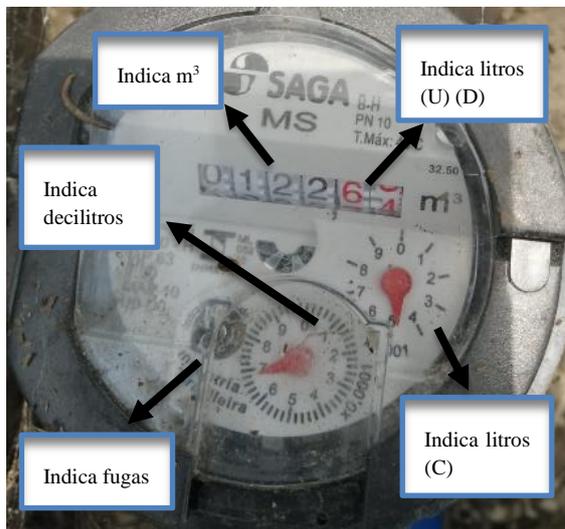
Tipología de medidores colocados en la ciudad de Riobamba



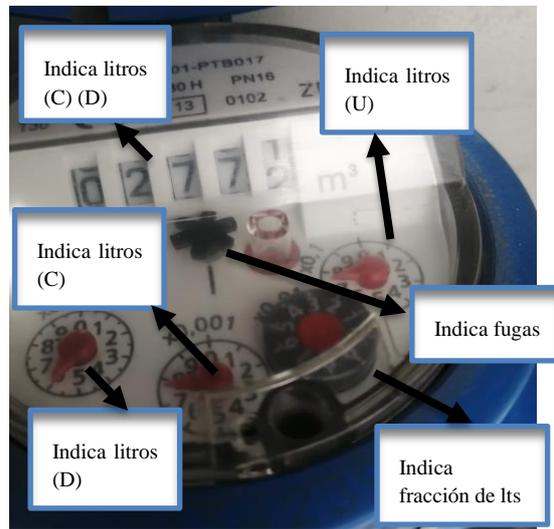
Medidor JANZ QR



Medidor BAYLAN



Medidor SAGA



Medidor ZENNER

Nota [Donde: (U): unidades, (D) y (C): centenas]

Fuente. Alulema & Estrada (2023)

Los medidores comerciales SAGA Y JANZ poseen las mismas características al momento de la toma de lecturas primero se observa los números en letras negras que indican el volumen en m³ del medidor, posterior a esto se toma lectura de los números en rojo que muestran los litros juntos con las ruedas mostradas en la Tabla 6, como ejemplo se hará la lectura del medidor marca SAGA en el cual se puede apreciar que tiene 122 m³ con 645.7 litros, estos medidores están ubicados por lo general en la fachada de cada vivienda cerca de las residencias, la diferencia entre estos dos medidores es la rueda que muestra si hay fugas en la vivienda, por otro lado la marca ZENNER posee 4 ruedas para la lectura de los litros consumidos en la vivienda así como la marca BAYLAN comparte las mismas características que los demás ya expuestos.

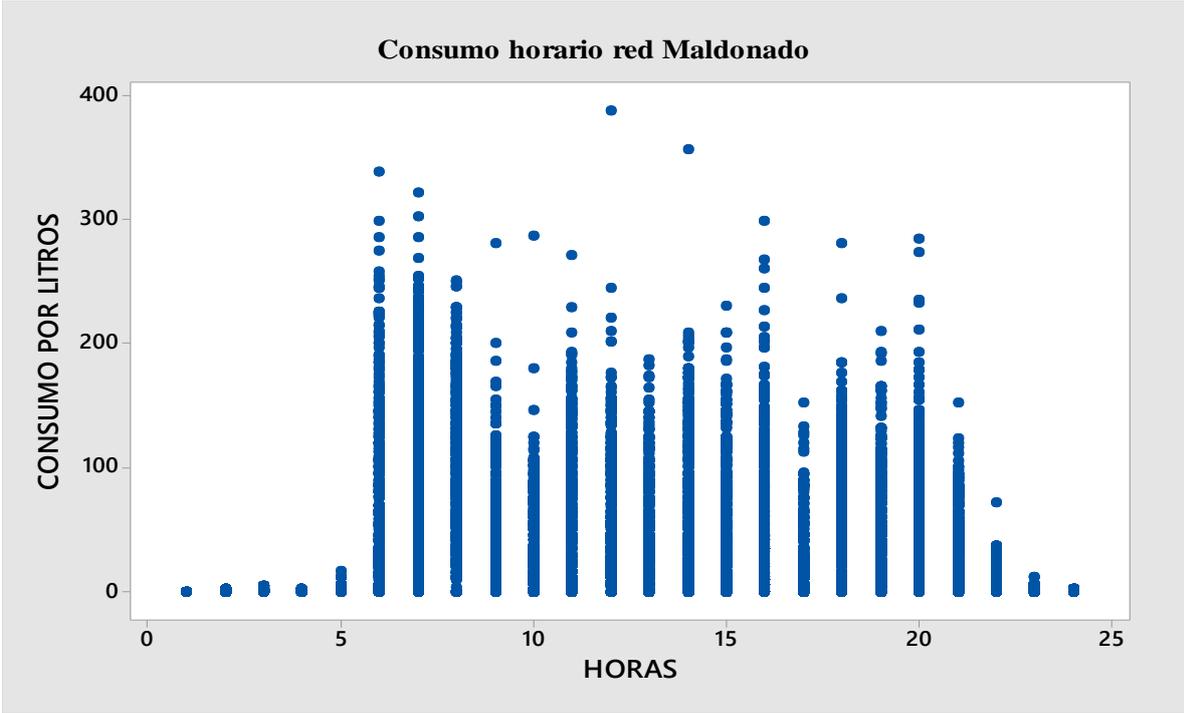
3.4.4 Proceso para la digitalización de resultados

Luego de haber recolectado la información, los datos fueron procesados mediante una hoja electrónica en el Software Excel por cada medidor, posterior a esto se hizo la correcta programación para determinar el consumo de agua en litros por cada vivienda y por hora. Los datos fueron organizados por estratos y por redes de distribución como se indica en la **Figura 4**.

Finalizada la etapa de registro de las lecturas por cada red y los consumos horarios de agua potable se hizo un análisis estadístico mediante el Software Minitab 18, con la finalidad de generar los diagramas de dispersión como se indica en la **Figura 5** y el **Anexo 2**.

Figura 5

Diagrama de dispersión

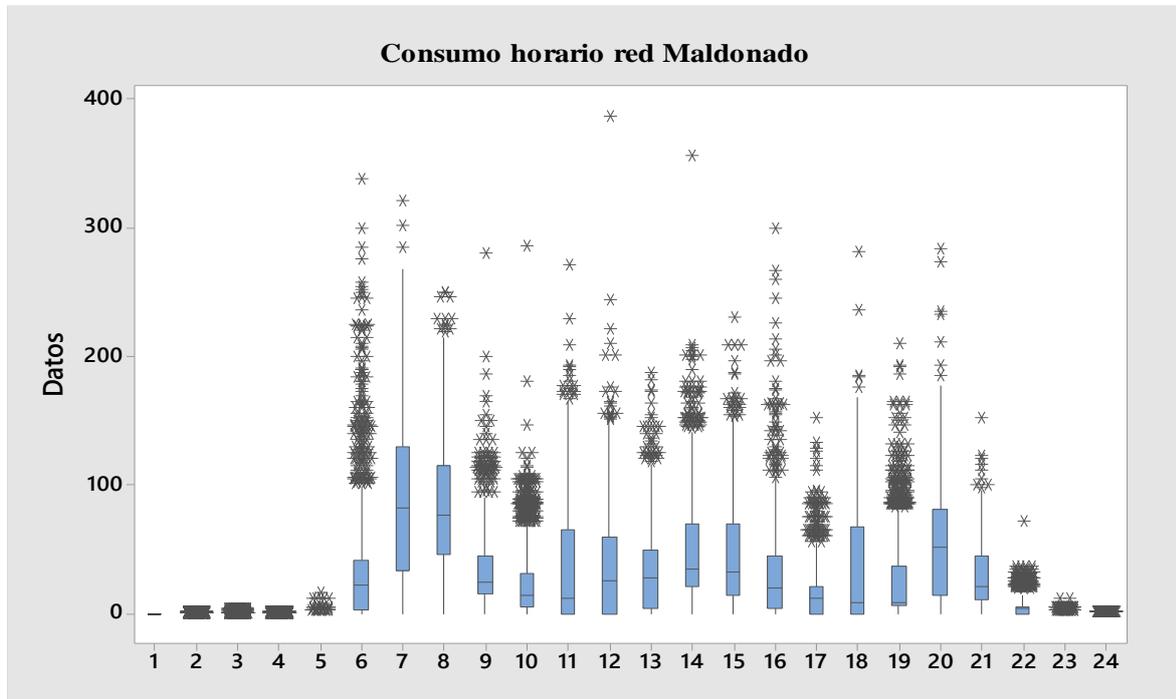


Fuente. Alulema y Estrada (2023)

Posteriormente se utilizó el método estándar de cajas y bigotes para la depuración de datos atípicos con ayuda del Software Minitab 18, mismo que generó la gráfica como se indica en la **Figura 6** y **Anexo 3**, se escogió el valor del cuartil 3 ya que es una condición intermedia.

Figura 6

Diagrama de cajas y bigotes



Fuente. Alulema y Estrada (2023)

Finalmente, con los valores del cuartil 3 arrojados por el programa se procede a dibujar las curvas de los diferentes consumos horarios de acuerdo con cada red y por cada estrato socioeconómico. Además, se consideraron otros parámetros que están relacionados con el estudio.

3.4.5 Caudal Medio

El caudal medio (**Q_{med}**) es un promedio aritmético entre los consumos horarios de agua. El mismo se expresa en la ecuación (3) (INEN CPE 5, 1992):

$$Q_{med} = \frac{\sum Q_h}{24} \quad (3)$$

Donde:

- $\sum Q_h$ = Sumatoria de los 24 consumos horarios.
- Q_{med} = Caudal medio.

3.4.6 Caudal de fondo de fugas

Según la investigación de Estrada (2019) basado en las recomendaciones de la IWA (Asociación Internacional del Agua): las redes de agua potable de la presente investigación se consideraría un sistema bueno al tener el 20% del caudal medio. Se comprende que el

fondo de fugas es un valor que podría ocurrir en horas de menor consumo; definido en la siguiente ecuación (4)

$$Q_{ff} = Q_{med} * 20\% \quad (4)$$

Donde:

- Q_{ff} = Caudal de fondo.
- Q_{med} = Caudal medio.

3.4.7 Coeficiente de variación de consumo horario (kh)

El coeficiente de variación de consumo horario (kh) es la relación entre el caudal de cada hora y el caudal medio. El valor de este coeficiente de acuerdo con la normativa ecuatoriana debe estar entre 2 y 2.3, como se aprecia en la ecuación (5) (INEN CPE 5, 1992):

$$kh = \frac{Q_h}{Q_{med}} \quad (5)$$

Donde:

- Kh = Coeficiente de variación de consumo horario.
- Q_{med} = Caudal medio.
- Q_h = Caudal de consumo de cada hora.

3.4.8 Construcción de las curvas horaria

En cuanto a la construcción de las curvas horarias se tomó en cuenta el caudal de fondo de fugas para las curvas primarias obteniendo así la clasificación de acuerdo con cada estrato y a cada red de distribución. Además, se comparó con los caudales medios y entre sí.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Factores que inciden en el consumo de agua potable

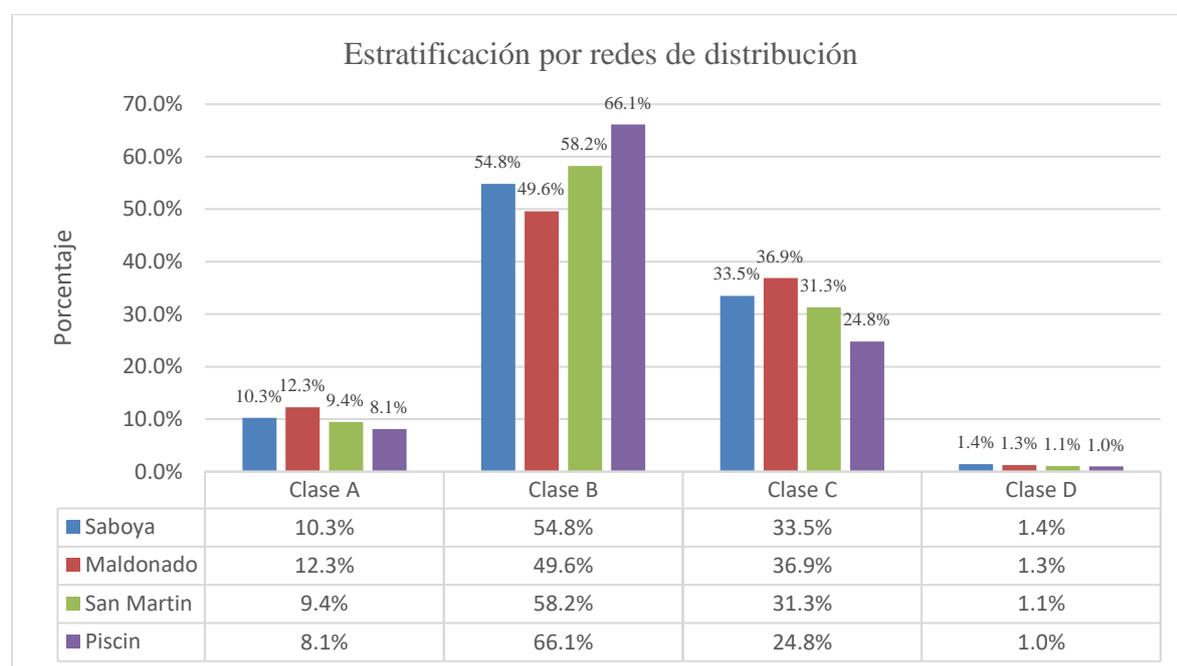
4.1.1 Estratificación socioeconómica

Las referencias de las 423 encuestas realizadas se establecen en la **Figura 7**, teniendo así los siguientes porcentajes de cada red de distribución:

- Red Saboya: 10.3% con estrato A, 54.8% con estrato B, 33.5% con estrato C y 1.4% con estrato D
- Red Maldonado: 12.3% con estrato A, 49.6% con estrato B, 36.9% con estrato C y 1.3% con estrato D
- Red San Martin: 9.4% con estrato A, 58.2% con estrato B, 31.3% con estrato C y 1.1% con estrato D
- Red Piscin: 8.1% con estrato A, 66.1% con estrato B, 24.8% con estrato C y 1% con estrato D

Figura 7

Tabulación de estratos socioeconómicos



Fuente. Alulema & Estrada (2023)

En la siguiente tabla se puede visualizar la distribución de los estratos mencionados anteriormente de las cuatro redes de distribución. El mínimo de muestras que se debe recolectar es de 379, sin embargo, se pudo recolectar 545 muestras para la investigación.

Tabla 7*Distribución de estratos por redes de distribución*

REDES	ESTRATOS				VIVIENDAS
	A	B	C	D	
SABOYA	16	84	51	2	153
MALDONADO	15	61	45	1	122
VERANILLO	7	40	22	1	70
PISCÍN	3	22	8	1	34
				TOTAL	379

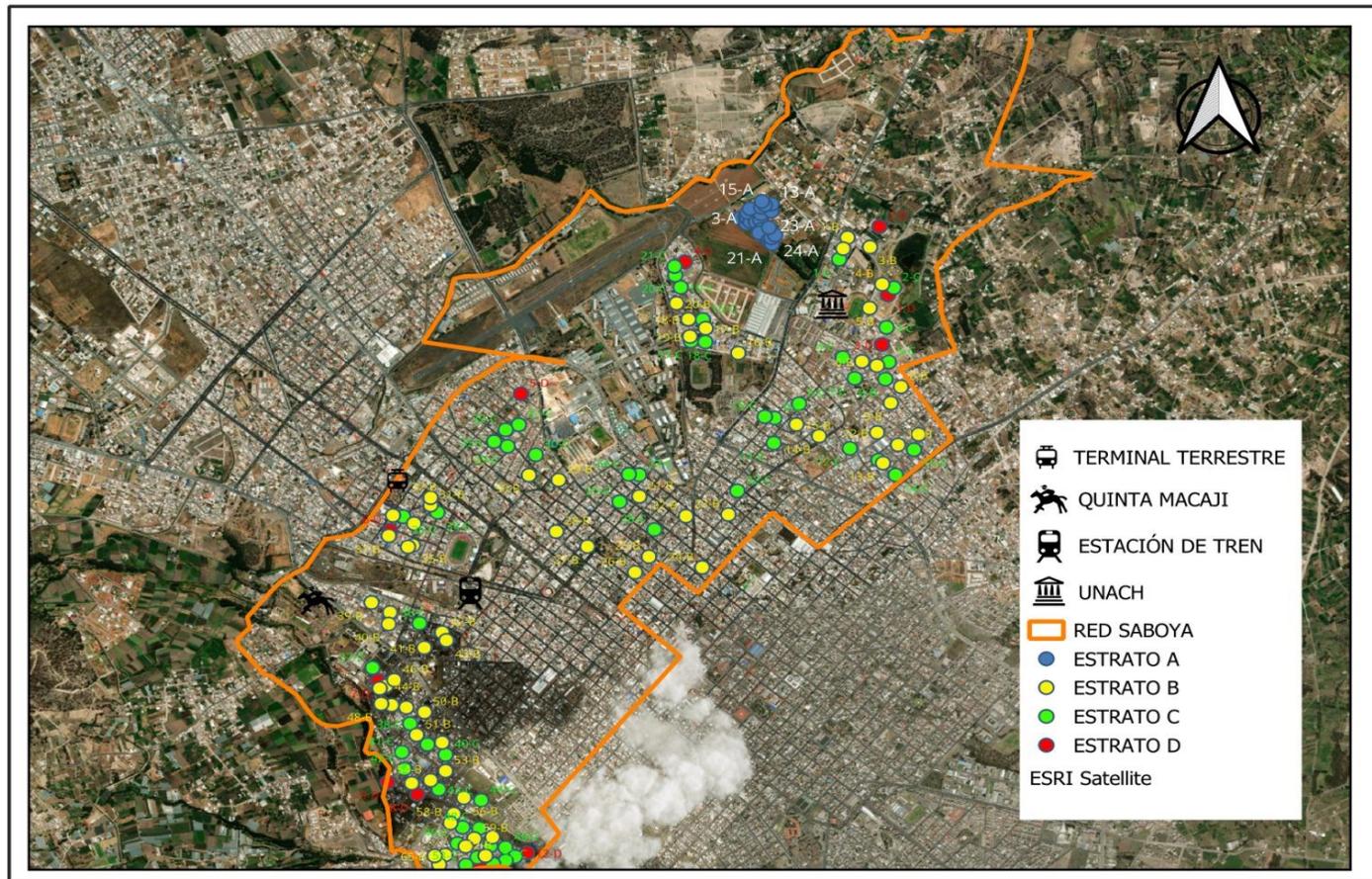
Fuente. Alulema & Estrada (2023)

Las fracciones socioeconómicas permitieron generar un indicador gráfico que permite sectorizar, visualizar y analizar el comportamiento de los diferentes estratos y su consumo.

A continuación, se presenta la distribución geográfica de cada red de distribución:

Figura 8

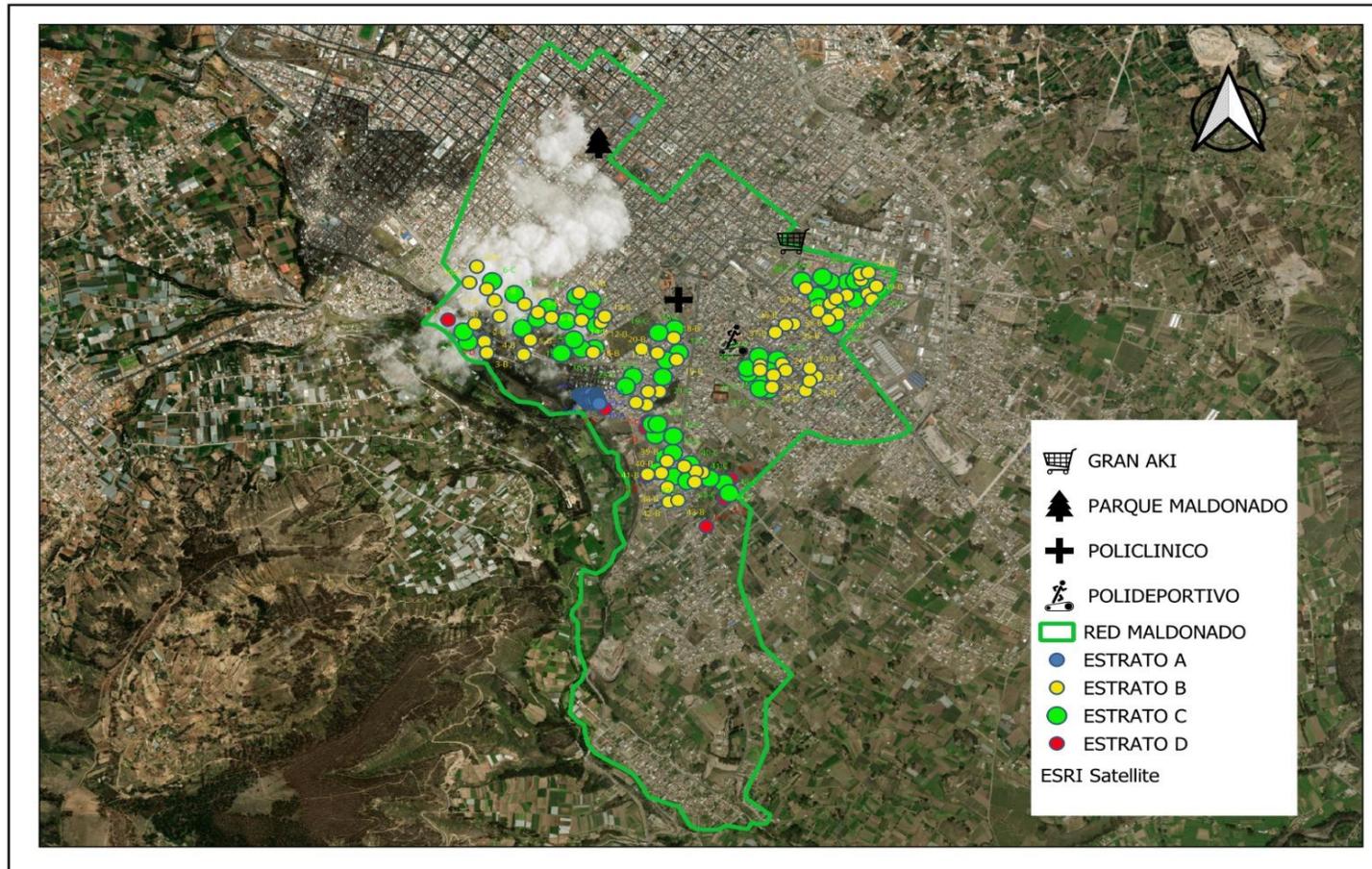
Mapa de la red Saboya estratificada



Fuente. Alulema & Estrada (2023)

Figura 9

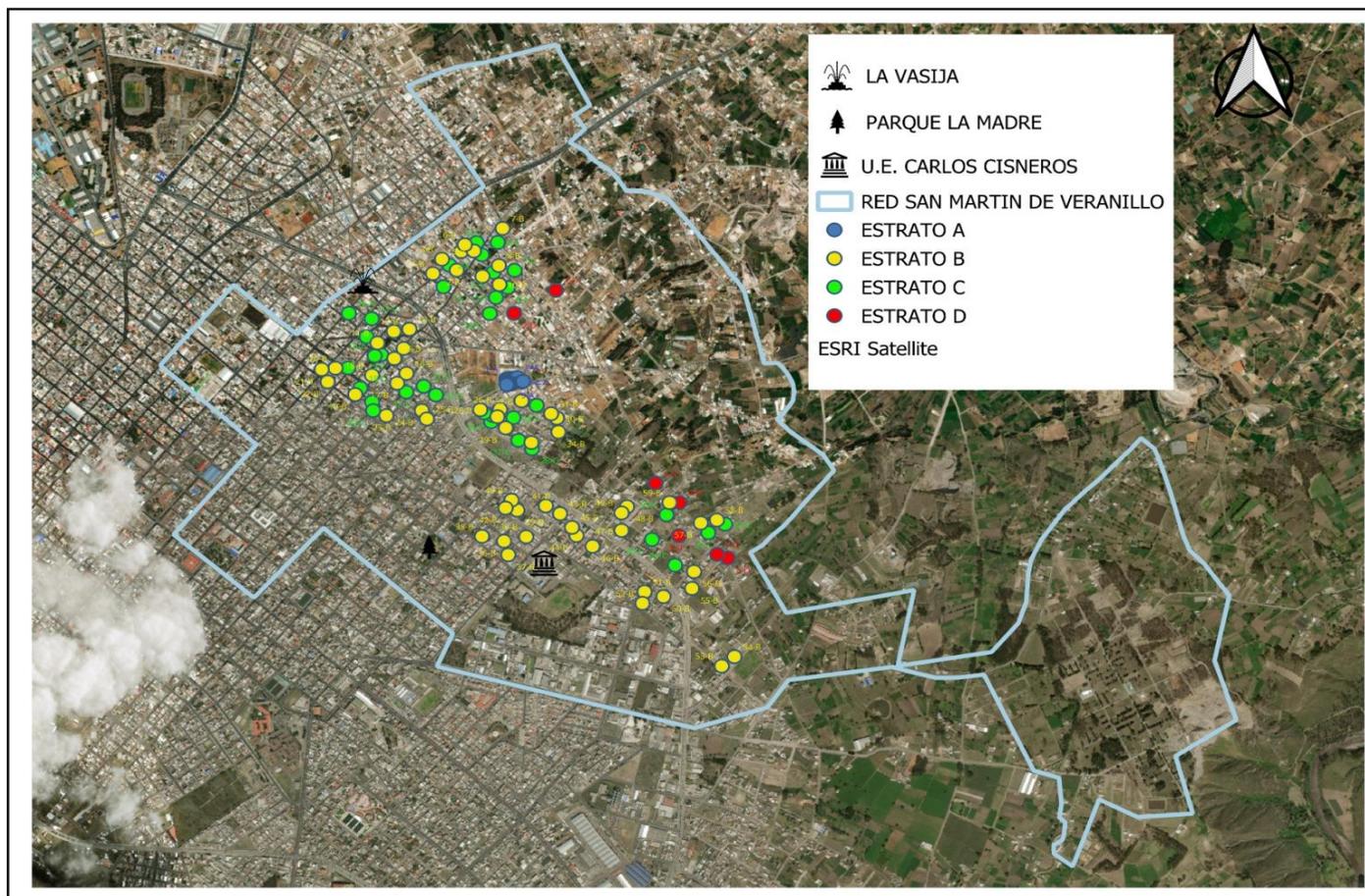
Mapa de la red Maldonado estratificada



Fuente. Alulema & Estrada (2023)

Figura 10

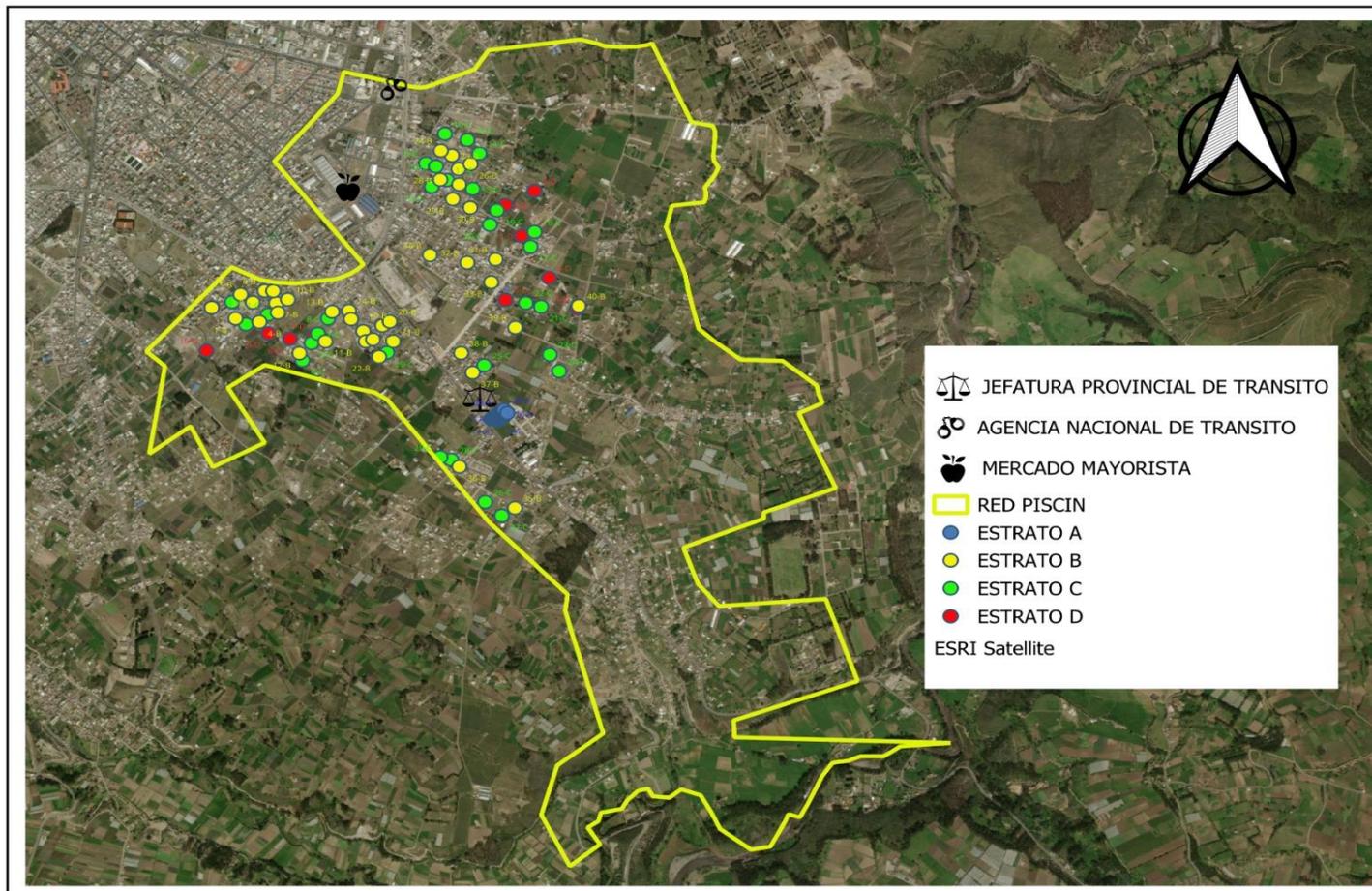
Mapa de la red San Martín de Veranillo estratificada



Fuente. Alulema & Estrada (2023)

Figura 11

Mapa de la red Piscin estratificada



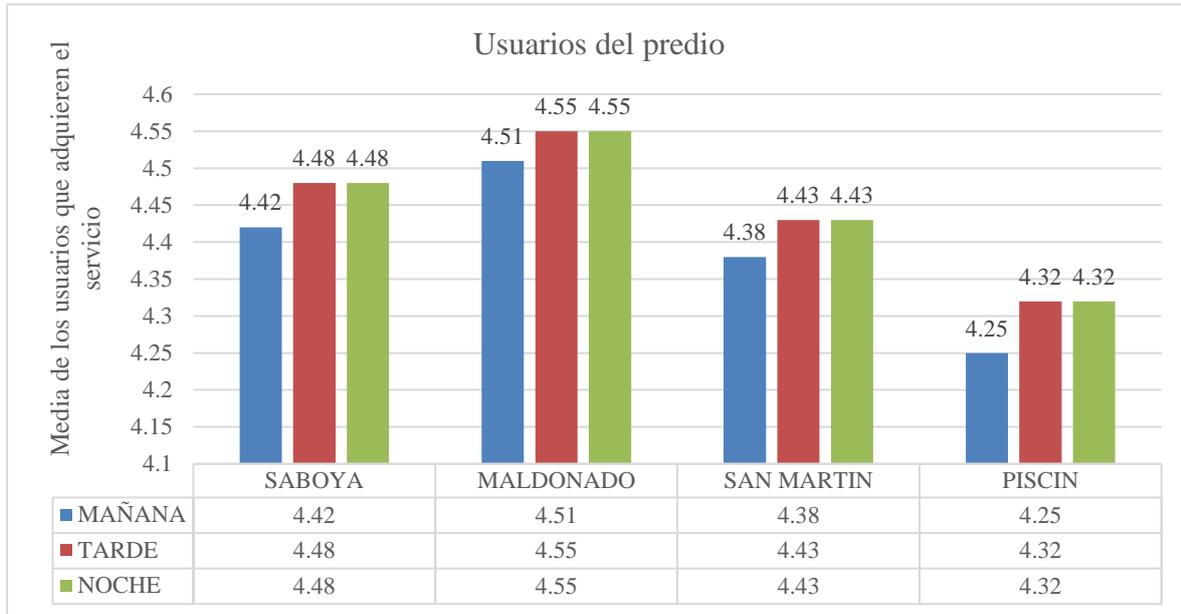
Fuente. Alulema & Estrada (2023)

4.1.2 Usuarios por vivienda

En la Figura 8 se evidencia los resultados obtenidos del número de habitantes por cada casa correspondientes a las 4 redes de distribución. Además, se realizó un promedio general en la mañana, tarde y noche de las 4 redes, obteniendo así 4.39 hab/casa, 4.45 hab/casa, 4.45 hab/casa respectivamente.

Figura 12

Promedio de habitantes por casa



Fuente. Alulema & Estrada (2023)

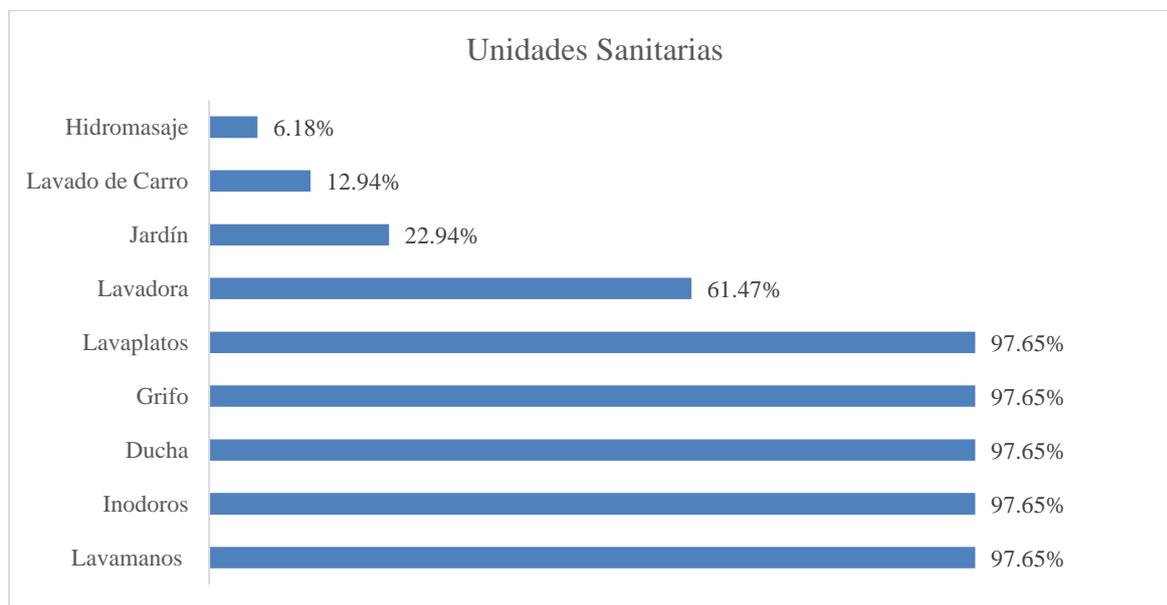
4.1.3 Equipamiento sanitario

Al realizar las encuestas correspondientes a las unidades sanitarias se obtuvo el porcentaje que más utilizan los usuarios en cada vivienda.

Los resultados tabulados de las 4 redes de distribución arrojan un 12.94% para lavado de carro, 22.94% para jardín, 61.47% para lavadora, 97.65% para (lavaplatos, grifos, duchas, inodoros, lavamanos). Cabe recalcar que el porcentaje de 6.18% corresponde solo al estrato A.

Figura 13

Porcentaje de unidades sanitaria utilizadas



Fuente. Alulema & Estrada (2023)

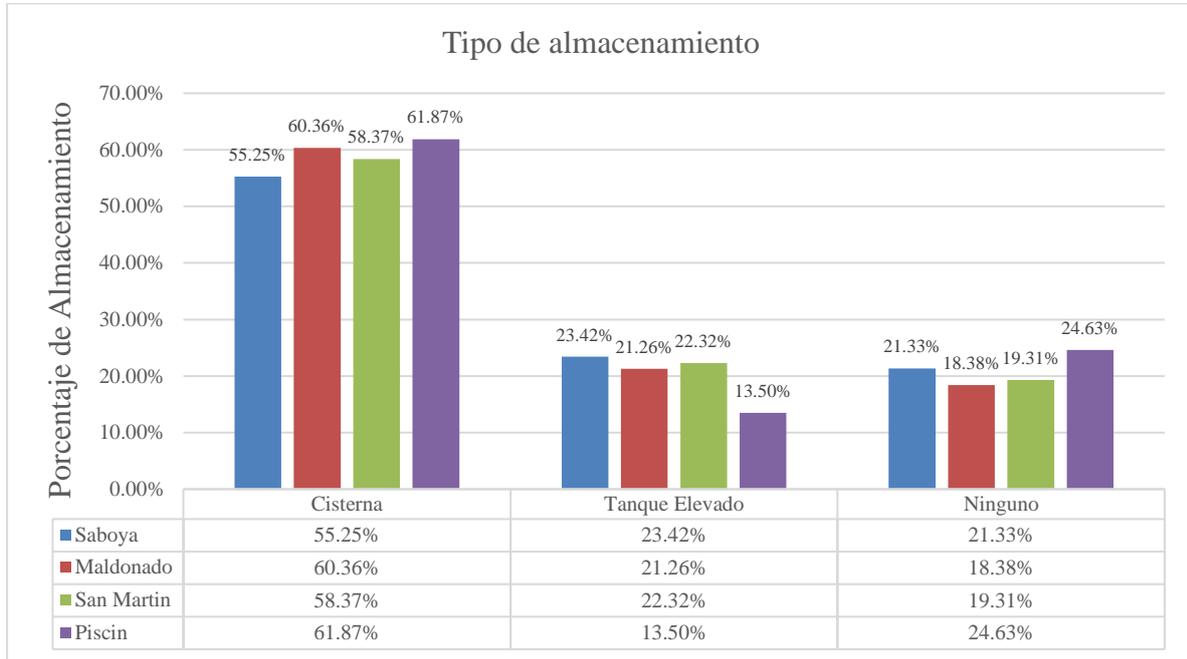
El número de aparatos sanitarios incide directamente en el consumo de agua potable en ciudades medianas y grandes, esto hace que la gente haga un mal uso del agua al poseer demasiados aparatos sanitarios (Arellano et al., 2019).

4.1.4 Estructuras de almacenamiento

En la información recolectada en base a las encuestas, se obtuvo datos sobre los sistemas de almacenamiento utilizados en las redes de distribución de la ciudad de Riobamba, estos resultados tabulados los podemos observar en la **Figura 14**. Además, en la siguiente figura se puede observar que el sistema más utilizado en las residencias es el sistema de cisterna relacionado a la falta de suministro constante.

Figura 14

Porcentajes del tipo de almacenamiento de cada red



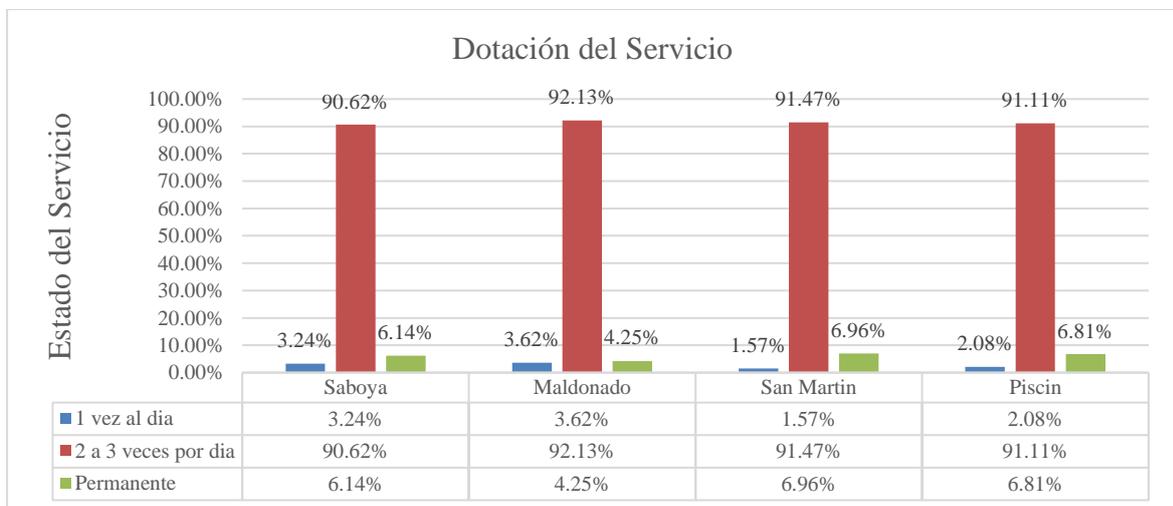
Fuente. Alulema & Estrada (2023)

4.1.5 Dotación de agua potable

En base a las encuestas realizadas se obtuvo que en las 4 redes de distribución el porcentaje que predomina con más del 90% es la de 2 a 3 veces por día eso quiere decir que la gente no dispone del servicio permanentemente. A continuación, en la siguiente figura se evidencia la tabulación de las encuestas realizadas.

Figura 15

Porcentajes del nivel de servicio



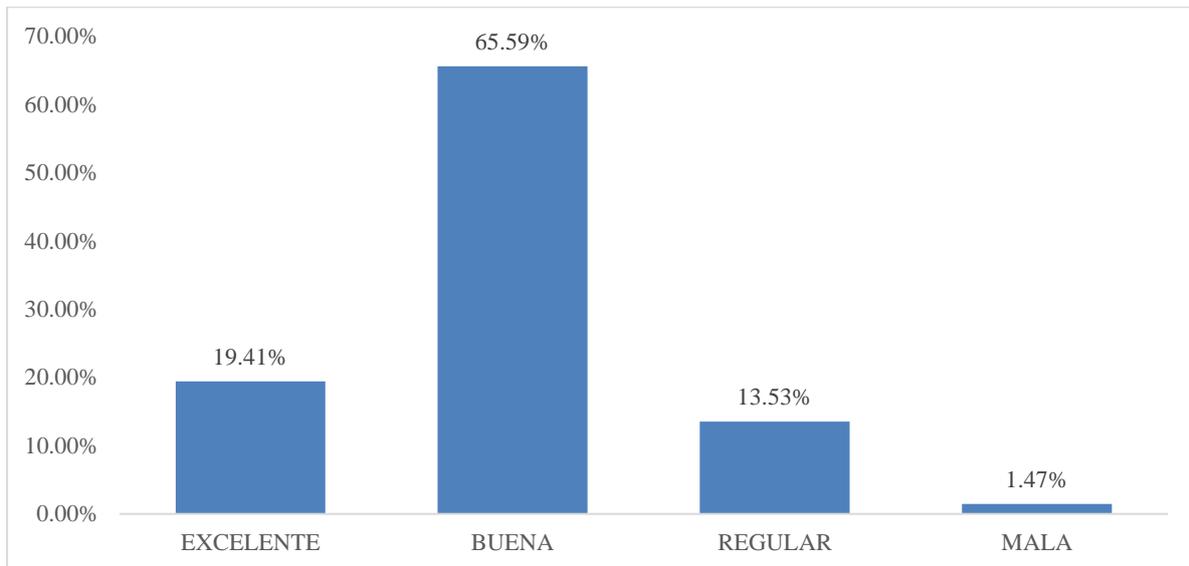
Fuente. Alulema & Estrada (2023)

4.1.6 Calidad de agua

Según la apreciación de los usuarios el mayor porcentaje respondieron que la calidad del agua es buena con un 65.59%, esto lo podemos observar en la **Figura 16**.

Figura 16

Porcentaje de consideración de los usuarios respecto a la calidad del agua



Fuente. Alulema & Estrada (2023)

4.2 Curvas de consumo horario residencial

4.2.1 Consumos horarios por redes de distribución

A continuación, en la **Figura 17** se puede evidenciar una comparación de consumo de las cuatro redes de distribución. Se obtuvo como resultados que la red Saboya tiene el mayor consumo que las demás redes.

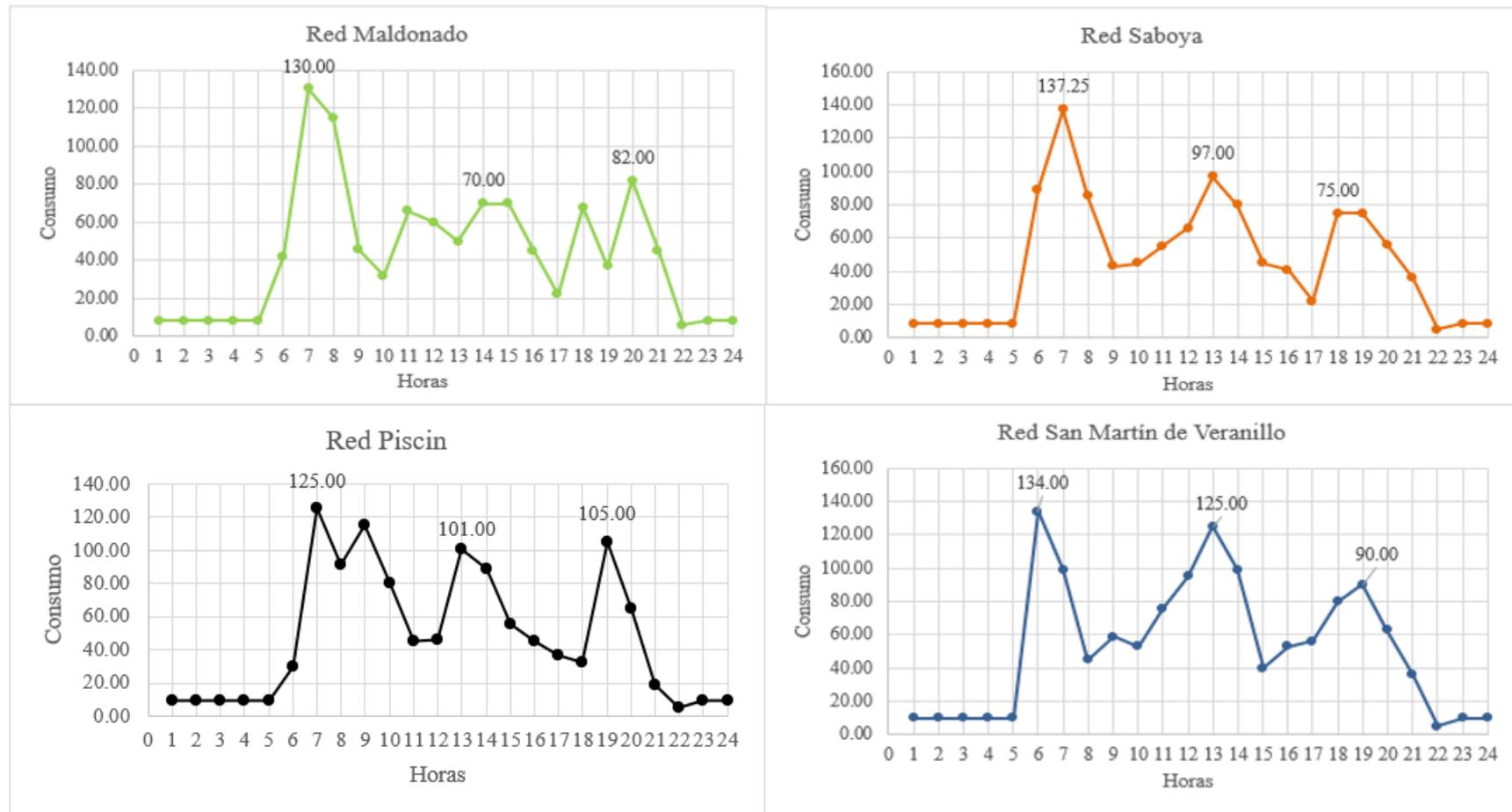
Así tenemos los siguientes consumos máximos de cada red: Saboya con 137.25 l/h, Maldonado con 130.00 l/h, Piscín con 125.00 l/h y San Martín de Veranillo con 134.00 l/h.

Además, en los resultados obtenidos se presenta en todas las redes que el mayor consumo pertenece a horas de la mañana, específicamente de 6h00 a 7h00. Estos patrones de consumo obtenidos de las curvas son debido a que en la mañana los usuarios consumen el agua para actividades de aseo y alimentación antes de salir a las escuelas, colegios, universidades y trabajos.

En la **Figura 17** el patrón de consumo en la red Maldonado es diferente a las demás redes, en donde presenta cinco picos de consumo que varía en las horas de la mañana, tarde y noche. Mientras que en las redes: Saboya, San Martín de Veranillo y Piscín; presentan patrones de consumo similares en el transcurso del día, esto puede estar relacionado a que es un sector menos comercial.

Figura 17

Consumo horario residencial por redes



Fuente. Alulema & Estrada (2023)

4.2.2 Consumos horarios por estratos socioeconómicos

En la **Figura 18** se obtuvieron las curvas de consumo por estratos socioeconómicos de las cuatro redes de distribución. Al observar en las gráficas podemos darnos cuenta de que los estratos que tienen un consumo elevado en la mayoría de las redes son el A y B. En cuanto al estrato C se puede notar que tiene un mayor consumo no tan significativo respecto al estrato D.

En la estratificación de cada red se puede evidenciar que existe algunos picos de consumo, con la diferencia que los picos en algunas redes pertenecen a estratos diferentes, a continuación, lo detallaremos:

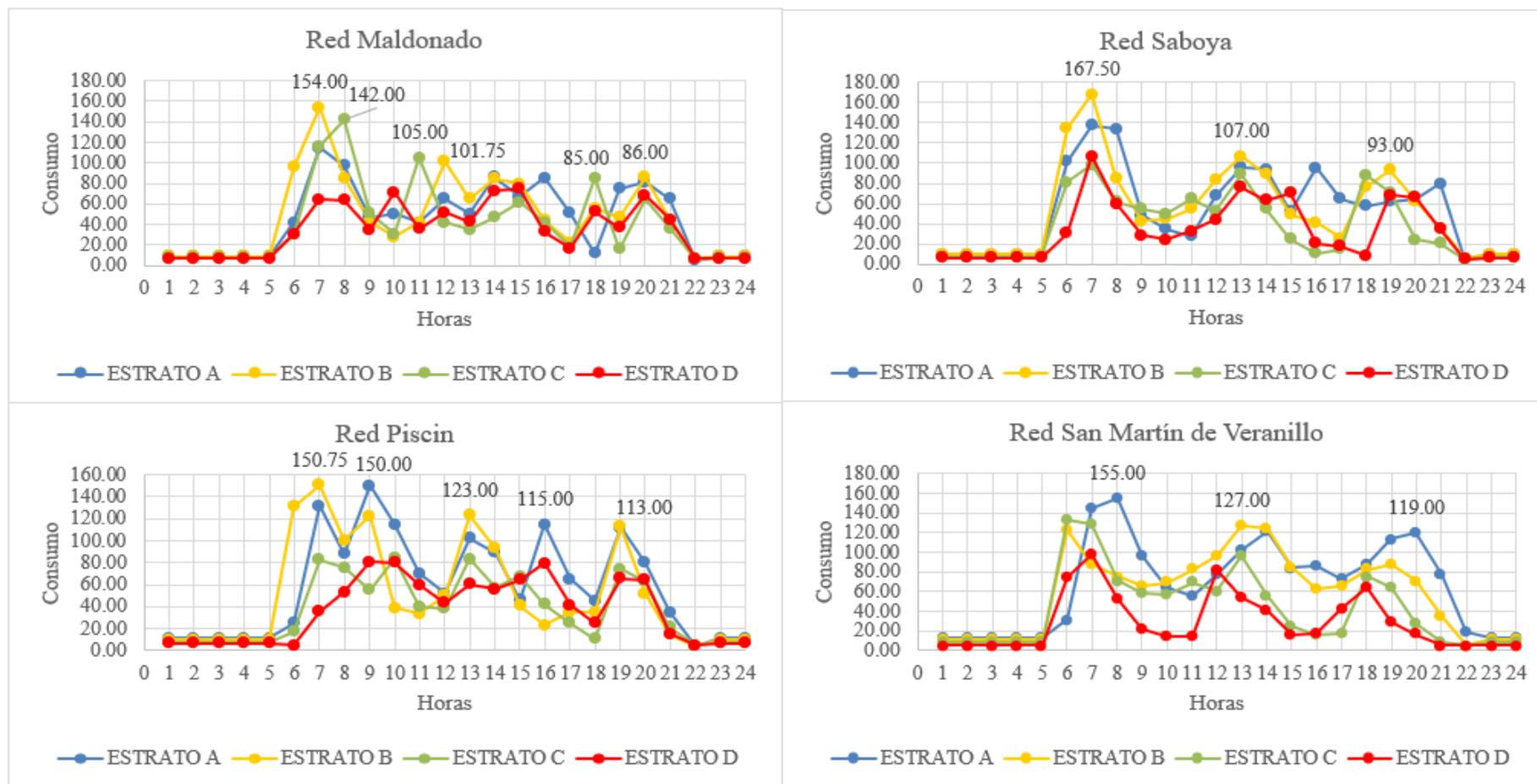
- Red Maldonado: los resultados nos muestran que el estrato B es el que predomina en la mañana con un consumo máximo de 154.00 l/h a las 7h00.
- Red Piscín: el estrato B es el que mayor consumo tiene con 150.75 l/h a las 7h00.
- Red San Martín de Veranillo: se puede observar un máximo consumo perteneciente al estrato A con 155 l/h registrado a las 8h00.
- Red Saboya: de la misma forma se tiene un consumo máximo que corresponden al estrato B con 167.00 l/h a las 7h00.

Cabe mencionar que el consumo está evidenciado en las actividades habituales de los usuarios como: el uso del agua para el desayuno, almuerzo y merienda, uso de duchas, lavamanos, lavaplatos, etc. Además, en el estrato A incluye el uso de hidromasajes que en algunos casos se diferencia con los demás estratos en cuanto a su consumo.

Al estratificar se puede sectorizar y analizar el comportamiento de consumo, que ayudan a establecer tarifas y regulaciones de dotación de agua.

Figura 18

Consumo horario por estratificación



Fuente. Alulema & Estrada (2023)

4.2.3 Coeficientes de modulación horaria

De acuerdo con la **Figura 19** se observa la modulación horaria de la red de distribución Maldonado, presentando coeficientes de consumo horario kh. Estos resultados obtenidos nos dan a conocer que los máximos coeficientes se presentan a las 7h00 y 8h00 con valores de 2.99 y 2.65 respectivamente. De acuerdo con la normativa INEN CPE 5 (1992) el valor 2.30 recomendado no es suficiente con las horas del día mencionadas anteriormente.

En la red Piscín se puede apreciar que se tiene dos coeficientes que se alejan del rango de la normativa y resulta insuficiente. Estos valores tenemos que pertenecen a las horas de la mañana, específicamente a las 7h00 y 9h00.

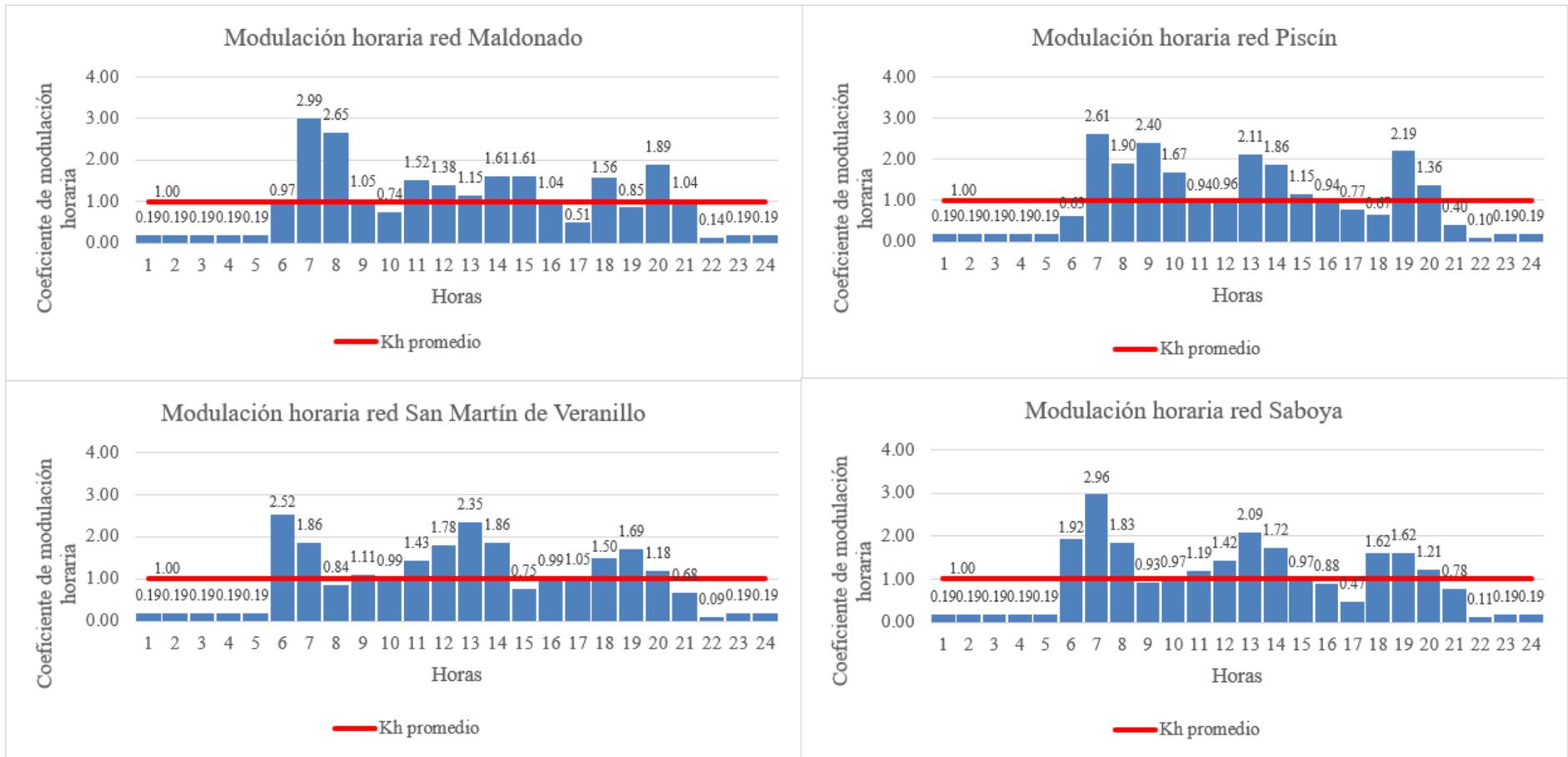
En la red San Martín de Veranillo tenemos una notable diferencia que las demás redes, aquí se evidencia que en la mañana y tarde existe un mayor coeficiente que no cumple con el valor de 2.30 de la normativa. El valor del coeficiente es de 2.52 y 2.35 registrado a las 6h00 y 13h00 respectivamente.

Por último, tenemos que en la red Saboya existe un valor que resulta insuficiente en la mañana, este valor corresponde a la 7h00 con un coeficiente de 2.96, por ende, el valor recomendado por la normativa no podría satisfacer la demanda de agua potable.

En cada red de distribución la línea roja representa el promedio de los coeficientes kh (consumo horario).

Figura 19

Coefficientes de modulación horaria por cada red

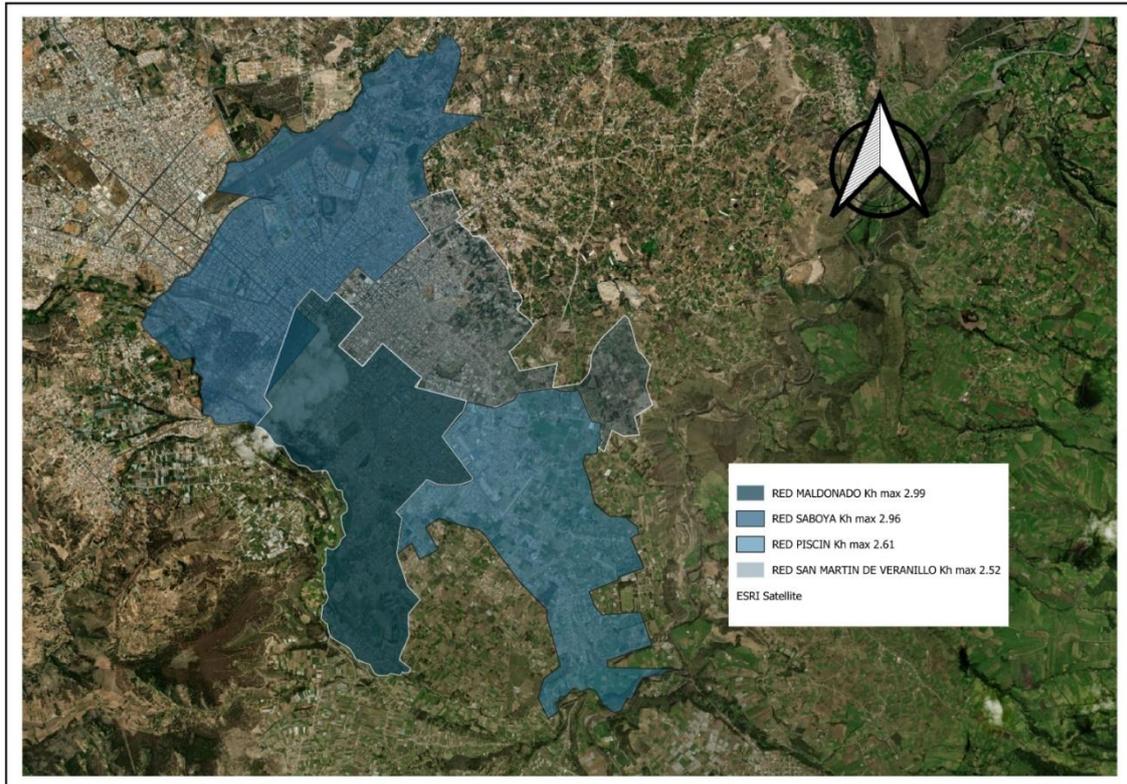


Fuente. Alulema & Estrada (2023)

Para finalizar en la **Figura 23** se detalla los kh máximos de cada red de distribución, misma que está detallada con una gama de colores para mejor comprensión.

Figura 20

Mapa de las redes con sus coeficientes máximos



Fuente. Alulema & Estrada (2023)

4.3 Discusión

Tomando en cuenta la dotación per cápita según Arellano et al., (2018) y los datos proporcionados por el EP-EMAPAR en cuanto al número de habitantes abastecidos con el servicio de agua potable, se pudo realizar el cálculo correspondiente al caudal medio. A continuación, evidenciamos el respectivo cálculo:

Datos:

Dotación: 214.11 litros/hab*día

Habitantes abastecidos: 177 756

$$Q_{med} = \frac{214.11 \frac{\text{litros}}{\text{hab} * \text{día}} * 177\,756 \text{ habitantes}}{86\,400} = 440.50 \text{ litros/seg}$$

$$Q_{max. \text{ día}} = 1.4 * 440.50 \frac{\text{litros}}{\text{seg}} = 616.70 \text{ litros/seg}$$

Para captaciones superficiales según la norma se necesita un 20% más del $Q_{max.día}$.

$$Q_{max.día} = 616.70 \frac{\text{litros}}{\text{seg}} + 123.34 \frac{\text{litros}}{\text{seg}} = 740.04 \text{ litros/seg}$$

Esto indica que la empresa pública EP-EMAPAR está requiriendo más de lo solicitado como se evidencia en la **Tabla 2**, mostrando un caudal necesario de 845.55 l/s. Esto quiere decir que se necesita una regulación y control en cuanto a los diseños de abastecimiento de agua.

Para redes de distribución según la norma se necesita $Q_{max.horario} + \text{incendios}$

$$Q_{max.día} = 2.2 * 440.50 \frac{\text{litros}}{\text{seg}} = 969.10 \text{ litros/seg}$$

$$Q_{max.día} = 969.10 \frac{\text{litros}}{\text{seg}} + 25 \frac{\text{litros}}{\text{seg}} = 994.10 \text{ litros/seg}$$

En cuanto para redes de distribución el caudal obtenido es de 994.10 l/s mismo que sobrepasa a lo necesario por la empresa pública EP-EMAPAR, lo cual indica que necesitan incorporar más caudal para abastecer a los usuarios de la ciudad de Riobamba.

En los resultados obtenidos en la **Figura 17** se compara las cuatro redes de distribución que tiene concordancia con la estratificación socioeconómica, en donde la red Maldonado al comportarse diferente que las otras redes y presentando más picos en su consumo, muestra un patrón distinto debido a que es un sector comercial. En tanto que en la red San Martín de Veranillo el gran porcentaje de usuarios pertenecen a la clase obrera, artesanal y pequeños productores, en este sector el consumo máximo empieza a las 6h00 de la mañana, quizás relacionado a la distancia considerable a sectores laborales, comerciales y educativos.

En la **Figura 18** perteneciente al consumo de agua por estratificación socioeconómica se puede comparar que en la red Piscín, el estrato A presenta cinco picos de consumo, siendo el mayor a las 9h00; indicador que puede relacionarse a la presencia de personal de servicio que incrementa actividades de consumo en jardinería, limpieza y otros usos.

Otro factor que diferencia los patrones de consumo entre el estrato A a los de B y C, es el de comer fuera de casa; sea por circunstancias laborales o preferenciales. En la red Saboya y Maldonado el pico de consumo se registra en el estrato A a las 16h00 antes que los demás estratos, debido a que su economía les permite tener vehículos con que movilizarse a las casas más temprano.

Al comparar las cuatro redes por estratificación, el estrato A, B y C empiezan su consumo a las 6h00, debido a que las actividades de docentes, médicos, policías, estudiantes etc; empiezan sus labores de aseo personal y alimentación en la mañana. El estrato D es el que menor consumo presenta, debido a que existe usuarios con desempleo o presentan mayor número de habitantes por familia; lo que hace que el consumo se racione de mejor manera por miembro familiar.

De acuerdo con investigación la de Macas & Rodas (2023) se puede constatar que en la red Tambo perteneciente a Pelileo el mayor consumo de agua potable produce de 12h00 a 13h00 a diferencia de las redes de Riobamba (Maldonado, Piscín, San Martín de Veranillo y Saboya) que en lo general el mayor consumo se presenta en la hora de la mañana de 6h00 a 7h00. Este comportamiento de la red de Pelileo se da por motivos de que los usuarios prefieren desayunar en su trabajo y en lo general acuden a sus casas en la hora de la tarde para el almuerzo.

Por consiguiente, en la red de Tambo perteneciente a Pelileo y las redes Nahuazo y Punzán, los coeficientes máximos de modulación horaria 2.83, 2.59 y 2.72 respectivamente superan el coeficiente recomendado por la normativa y a su vez en las cuatro redes analizadas tampoco se encuentran dentro del rango.

El consumo de agua potable en el cantón Baños y Pelileo dependen de las horas pico ya que los usuarios tienen hábitos y costumbres cotidianos como son ir a los respectivos trabajos, escuelas y colegios, almorzar en sus domicilios, esto genera que las unidades sanitarias estén en funcionamiento y por ende se generen consumos de agua potable. Sin embargo, en el Barrio San José perteneciente a la ciudad de Baños el consumo de agua potable se eleva ya que algunas viviendas tienen hidromasajes y jardines, lo mismo ocurre en la red Saboya de la ciudad de Riobamba el consumo de agua es elevado en algunas viviendas del estrato A, mismos que poseen hidromasajes, grifos para lavar carros y jardines.

Según Llamuca & Vallejo (2023) presentan una comparación de las curvas de consumo por red de distribución perteneciente a la cabecera cantonal de Guano, en donde evidencian que los picos de consumo de agua potable son a las 6h00, de 11h00 a 12h00 y de 19h00 a 20h00. En estos picos de consumo se puede analizar que la mayoría de los usuarios tienen un consumo mayor en la tarde, en donde la red Lluishi consume 151.21 l/h a las 19h00, Inmaculada con 110.81 l/h a las 12h00 y la única red que posee mayor consumo en la mañana es la de Barrios Altos con 61.35 l/h a las 6h00. En Riobamba ocurre todo de diferente manera porque los picos que presentan las redes por lo general son de 6h00 a 7h00, 13h00 a 14h00 y de 6h00 a 8h00, adicionalmente su mayor consumo es en la mañana. La red Maldonado consume 130.00 l/h a las 7h00, Piscín 125.00 l/h a las 7h00, San Martín de Veranillo 134 l/h a las 6h00 y la Saboya 137.25 a las 7h00.

En el análisis socioeconómico, Llamuca & Vallejo (2023) determinaron que existen tres estratos en Guano pertenecientes al estrato B, C y D por medio de fichas de caracterización urbanística y fichas de caracterización socioeconómicas en base a puntajes de características de cada manzana. Por otro lado, en Riobamba se realizó el estudio con la misma metodología y se pudo determinar que existen cuatro estratos en las redes de estudio, en donde se pudo determinar que el estrato D es el único con menor porcentaje de usuarios.

En la investigación de Calderón & Tello (2022) indican que el barrio Miraflores perteneciente al cantón Colta y Miduvi que pertenecen al cantón Penipe, los coeficientes máximos de modulación horaria 2.72, 2.89 respectivamente superan el coeficiente recomendado por la normativa, razón por la que los usuarios de ambos sectores se dedican al comercio y la ganadería, las redes de Riobamba al ser una ciudad dedicada al comercio y

en su gran parte es residencial los coeficiente kh tampoco se encuentra dentro del rango establecido por la normativa vigente.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

El problema del abastecimiento del agua potable tiene que ver con la falta de datos e información histórica que permita analizar y rectificar los procesos. La información histórica permite analizar y hacer perfectible los sistemas que administran el recurso.

Los resultados obtenidos en campo en las distintas redes han determinado que la estratificación predominante son la B y C, es decir que corresponden a un estrato medio bajo. Los resultados también muestran que existe una mínima cantidad de usuarios de estrato A y D. El estrato D en las redes de distribución es el de menor existencia. Esto relaciona lógicamente al comportamiento familiar de cada estrato, de acuerdo con las gráficas deducimos horarios pico de consumo que evalúan inclusive como es utilizado el recurso, ejemplo: en la red Piscín, la hora de 6h00 a 7h00 es el pico más alto de consumo en los estratos B entendiéndose por un sector laboral y estudiantil, mientras que el pico del estrato A supera todos los consumos a las 9h00; esta no es una generalización para todas las redes, pero este indicador ayudaría a enfocar el comportamiento sectorial.

A su vez se identificaron los principales factores que influyen en el consumo de agua potable como son: la cantidad de usuarios, el número de unidades sanitarias, el tipo de almacenamiento y su dotación con respecto a su nivel de servicio. A partir de las curvas de consumo se concluye que los usuarios en el estrato A en algunas horas tienen un consumo mayor que el estrato B y C, esto debido a que en el estrato A poseen hidromasajes y grifos específicamente para el lavado de autos que generan que el consumo se eleve.

Se estableció la cantidad promedio de usuarios en las cuatro redes de distribución, obteniendo así el 4.39 hab/casa en la mañana, 4.45 hab/casa en la tarde y 4.45 hab/casa en la noche. Por medio de esta identificación se puede determinar el consumo que está estrechamente relacionado con el número de unidades sanitarias, teniendo en cuenta que a mayor cantidad de usuarios más regulado será el consumo y a mayor cantidad de unidades sanitarias existen un desperdicio de agua potable.

Al realizar las mediciones pertenecientes al sector residencial se obtuvieron los horarios donde se genera el mayor consumo de las redes de distribución, por medio de mediciones por estratificación con un total de datos de 91 560. Con los datos obtenidos de los coeficientes de modulación horaria, el mayor coeficiente se determina a las 7h00 en las redes Maldonado, Piscín y Saboya con valores de 2.99, 2.61 y 2.96 respectivamente, mientras que a las 6h00 de la mañana para la red San Martín de Veranillo con un valor de 2.52. Con estos resultados se pudo determinar que las cuatro redes de distribución no se ubican dentro del rango establecido por la norma (2-2.30) de la normativa vigente (INEN CPE 5, 1992). Los datos resultantes kh generan los valores de referencia para determinar un diseño óptimo de abastecimiento.

5.2 Recomendaciones.

Se recomienda un equipo técnico óptimo y un recurso humano comprometido, ya que la presente investigación requiere de tiempo y agilidad al momento de realizar las lecturas de los medidores.

Al momento de realizar la recopilación de información se aconseja tener un software como el KoBotoolbox ya que ayudó al almacenamiento de la información obtenida en campo para luego transformarlo en datos estadísticos.

En las actividades de campo para las mediciones horarias correspondientes a las viviendas, se recomienda coordinar con la institución desarrollar un sistema informativo documental y visual que pueda conocer la ciudadanía, permitiendo generar seguridad y confianza a los usuarios para que de esta forma se establezca mayor apertura y confianza. Además, se sugiere tener cuidado y precaución por la inseguridad sobre todo en zonas de alto riesgo.

Dialogar con los presidentes de barrio facilita la apertura en los moradores al realizar encuestas y toma de datos de manera efectiva y eficiente.

La falta de concienciación en el uso responsable del recurso es necesario, más allá de un análisis técnico se debería considerar el comportamiento de desperdicio del agua y sus incidencias a futuro ya que no por tener la posibilidad o condición de pagar una factura se desperdicie el agua que al final traerá consecuencias ambientales y equitativas de actitud responsable social. Hace falta más campañas de concienciación donde se muestre los comportamientos irresponsables en el desperdicio del agua.

BIBLIOGRAFÍA

- Achache, N., & Gómez, S. (2022). *Incidencia de fugas en la red de abastecimiento de agua potable del cantón Riobamba*. 1–87.
- 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. *Novasineria Revista Digital De Ciencia, Ingeniería Y Tecnología*, 1(1), 23–32. <https://doi.org/10.37135/unach.ns.001.01.03>
- Arellano, A., Gonzáles, J., & Gavilanes, A. (2012). *MÉTODO DE CARACTERIZACIÓN URBANÍSTICA Y SOCIOECONÓMICA PARA POBLACIONES MENORES QUE 150.000 HABITANTES* Ing. M. Sc. Alfonso Arellano Barriga Judith Catherine González Bautista DIRECTOR DEL PROYECTO: July 2020. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.17722.21446>
- Arellano, A., Izurieta, C., Bravo, C., Merino, A., & Yépez, D. (2019). Drinking water wastage through sanitary equipment. *Novasineria Revista Digital De Ciencia, Ingeniería Y Tecnología*, 2(2), 68–74. <https://doi.org/10.37135/unach.ns.001.04.07>
- Arellano, A., & Peña, D. (2020). Modelos de regresión lineal para predecir el consumo de agua potable. *Novasineria Revista Digital De Ciencia, Ingeniería Y Tecnología*, 3(1), 27–36. <https://doi.org/10.37135/ns.01.05.03>
- Ato, M., López, J. J., & Benavente, A. (2013). Un sistema de clasificación de los diseños de investigación en Psicología [A classification system of research designs in Psychology]. *Anales de Psicología*, 29(3), 1038–1059.
- Blanco, H., Williams, M., Velezmoro, A., & Aguilar, V. (2014). Consumo de agua en actividades domésticas. Caso de estudio: Estudiantes de la asignatura saneamiento ambiental de la UCV. *Revista de La Facultad de Ingeniería*, 29(1), 1–56.
- Cáceres, S., & Chambilla, I. (2019). Análisis Del Consumo De Agua Potable En El Centro Poblado De Salcedo, Puno. *Investigacion & Desarrollo*, 19, 1–144. <https://doi.org/10.23881/idupbo.019.1-9i>
- Calderón, E., & Tello, M. (2022). *Estudio del comportamiento de consumo horario residencial de agua potable en los cantones Colta y Penipe*. 83.
- Carrillo, A., & Quintero, H. (2013). *Indicadores de cantidad y calidad del agua consumida en la ciudad de Riobamba*. 1–266.
- EP EMAPAR. (2020). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial*. 1–622.
- Estrada, H. (2019). *Diseño del sistema de agua potable de la parroquia el Rosario, del cantón Guano, provincia de Chimborazo*. 1–82.
- INEN CPE 5. (1992). Norma para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes. *Inen*, 25–26.

- Izurieta, C., Arellano, A., & Muñoz, G. (2022). La Demografía y el Consumo de Agua Potable en los Estratos Socio Economicos Urbanos. *FIPCAEC*, 7(1), 809–829. <https://doi.org/10.23857/fipcaec.v7i1.552>
- Llamuca, P., & Vallejo, J. (2023). *Análisis del consumo horario residencial de agua potable del cantón Guano. 1*, 64.
- Macas, J., & Rodas, C. (2023). *Estudio del comportamiento de consumo horario residencial de agua potable en los cantones Baños y Pelileo*. (p. 82).
- Oleas, Ing. N. C. (2017). “*LA RENOVACIÓN DE RIOBAMBA.*”
- Otzen, T., & Manterola, C. (2017). Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *International Journal of Morphology*, 35(1), 227–232. <https://doi.org/10.4067/S0717-95022017000100037>
- Pereira, Z. (2011). Mixed Method Designs in Education Research: a Particular Experience. *Revista Electrónica Educare*, XV, 1409–1451.
- Pulluquitín, J. (2019). *Caracterización de la curva de consumo diario de la red de distribución de agua potable del sector la Matriz I del cantón Ambato*. 1–106.
- Rispoli, J. F. T. (2011). Looking over and under water. *Idesia*, 29(2), 169–174. <https://doi.org/10.4067/s0718-34292011000200022>
- Tzatchkov, V., & Alcocer, V. (2016). *Stochastic Method Water Demand Variation Modelling. Water Technology and Sciences*. 7(3), 115–133.
- Vives, J., & Naranjo, C. (2021). Análisis Económico Del Cantón Riobamba En Ecuador Durante El “Correato.” *Revista de Ciencias Sociales*, 1–22. <https://doi.org/10.15517/rcs.v0i169.45484>

ANEXOS

Anexo 1

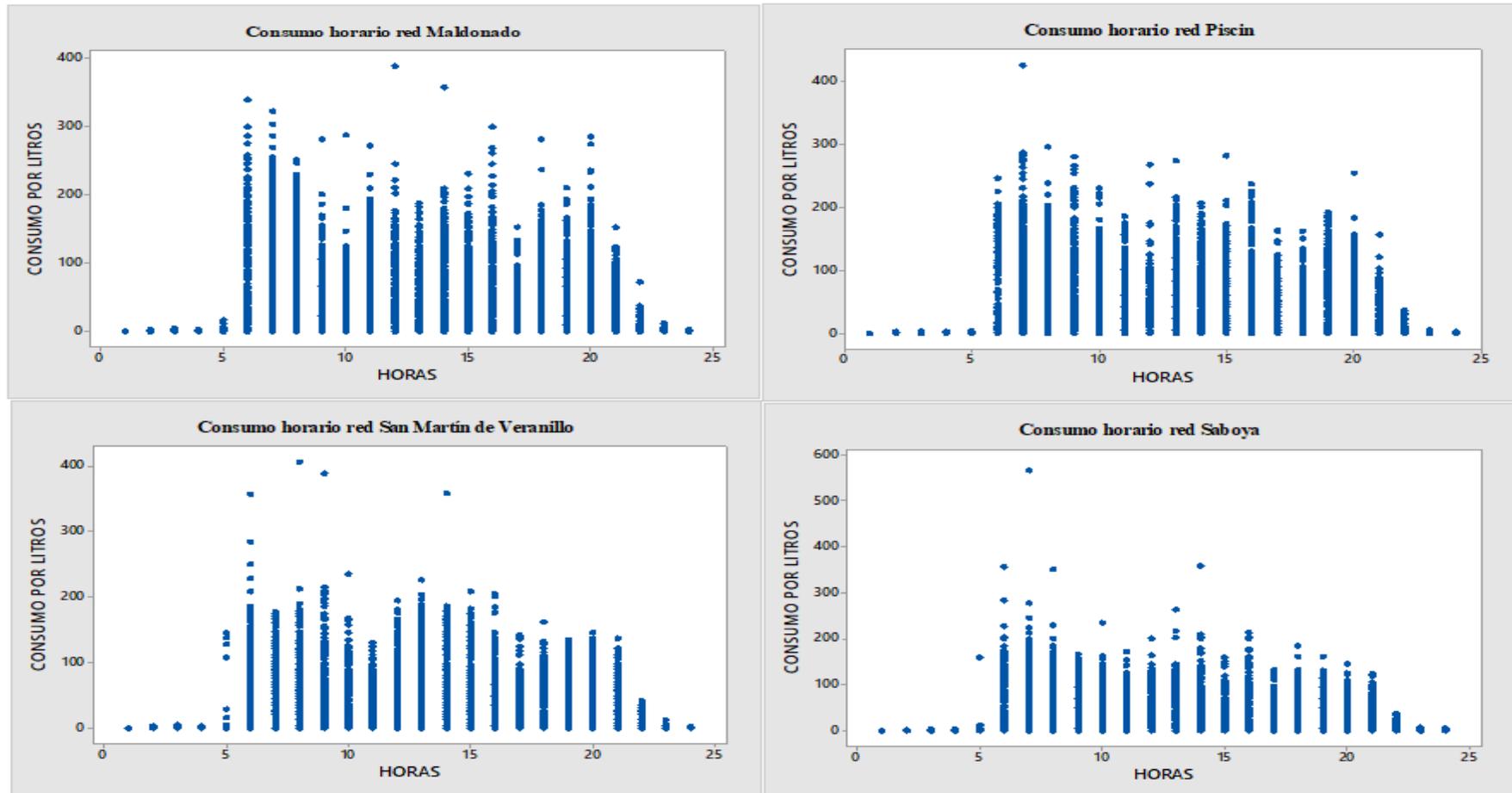
Encuesta aplicada

Variación del consumo Horario en las Redes de Agua Potable Saboya, Veranillo, Maldonado y Pscin	
1. CLASE SOCIAL <i>Estratificación</i>	4.2 NÚMERO DE USUARIOS EN LA TARDE _____
<input type="checkbox"/> CLASE A	4.3 NÚMERO DE USUARIOS EN LA NOCHE _____
<input type="checkbox"/> CLASE B	
<input type="checkbox"/> CLASE C	
<input type="checkbox"/> CLASE D	
2. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL PREDIO	4.4 UNIDADES SANITARIAS
2.1 RED A LA QUE PERTENECE	<input type="checkbox"/> INODOROS
<input type="checkbox"/> SABOYA	<input type="checkbox"/> LAVAMANOS
<input type="checkbox"/> MALDONADO	<input type="checkbox"/> BIDET
<input type="checkbox"/> SAN MARTIN DE VERANILLO	<input type="checkbox"/> DUCHA
<input type="checkbox"/> PISCIN	<input type="checkbox"/> GRIFO
	<input type="checkbox"/> LAVAPLATOS
	<input type="checkbox"/> LAVADORA
	<input type="checkbox"/> HIDROMASAJE
	<input type="checkbox"/> JARDIN
	<input type="checkbox"/> LAVADORA DE CARRO
3.DIMENSIONES DEL PREDIO	4.5 ESTADO DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE
2.1 TIPO DE RESIDENCIA	<input type="checkbox"/> PERMANENTE
<input type="checkbox"/> RESIDENCIA UNIFAMILIAR	<input type="checkbox"/> 2 A 3 VECES POR DIA
<input type="checkbox"/> RESIDENCIA BIFAMILIAR	<input type="checkbox"/> 1 VEZ AL DIA
<input type="checkbox"/> EDIFICIO RESIDENCIAL	
4.SERVICIO DE AGUA POTABLE	4.6 CANTIDAD DE AGUA
<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> SUFICIENTE
<input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> INSUFICIENTE
TIPO DE ALMACENAMIENTO	4.7 CALIDAD DE AGUA
<input type="checkbox"/> CISTERNA	<input type="checkbox"/> EXCELENTE
<input type="checkbox"/> TANQUE ELEVADO	<input type="checkbox"/> BUENA
<input type="checkbox"/> NINGUNO	<input type="checkbox"/> REGULAR
4.1 NÚMERO DE USUARIOS EN LA MAÑANA	<input type="checkbox"/> MALA

Fuente: Alulema & Estrada (2022)

Anexo 2

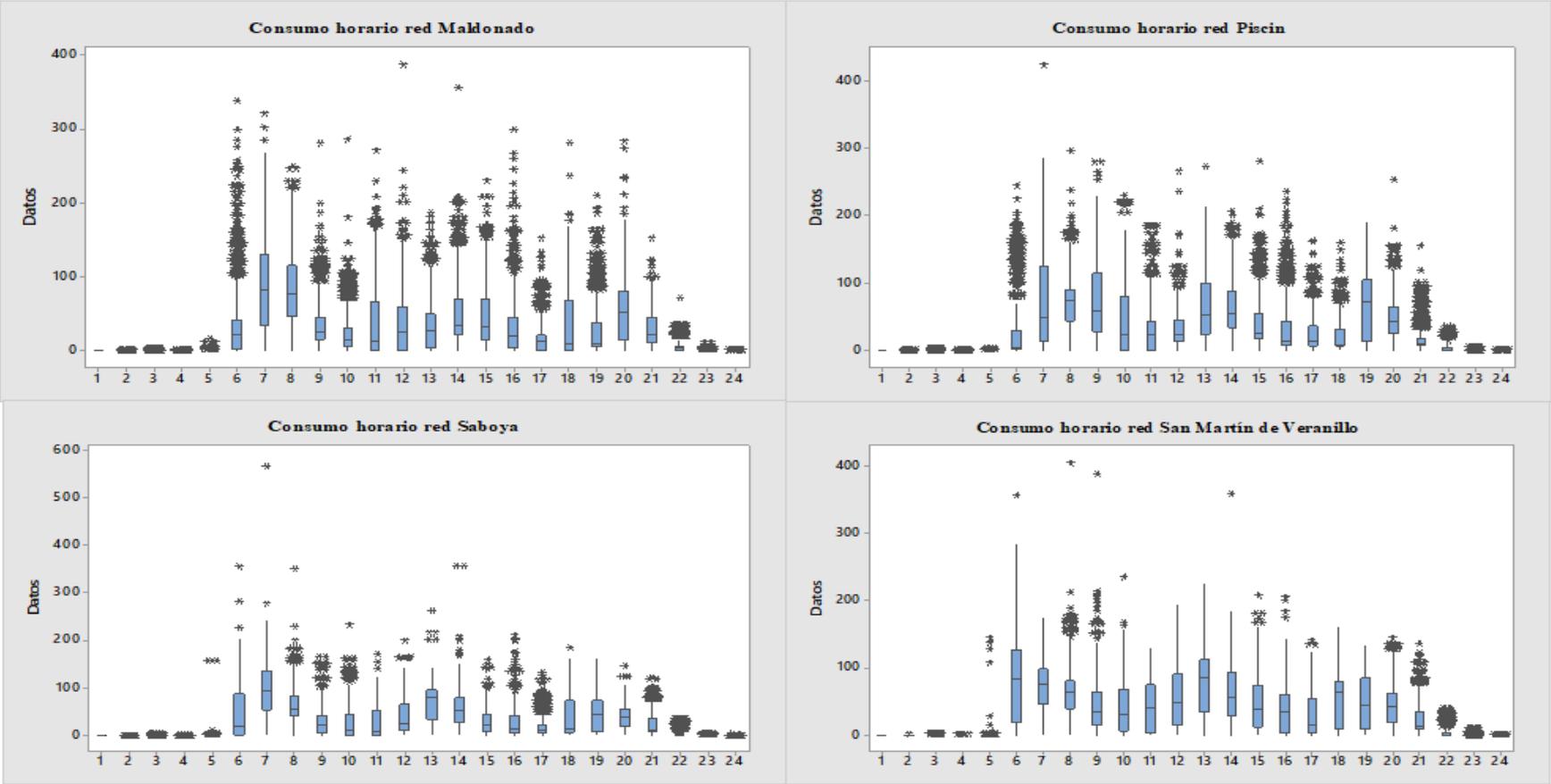
Diagrama de dispersión por redes



Fuente: Alulema & Estrada (2023)

Anexo 3

Diagrama de cajas y bigotes por cada red



Fuente: Alulema & Estrada (2023)

