



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**“Estudio del comportamiento de consumo horario residencial de agua potable en el cantón Riobamba”**

**Trabajo de Titulación para optar al título de Ingeniero Civil**

**Autor:**

**Avalos Ordóñez, José David**

**Oleas Morales, Gerardo Sebastián**

**Tutor:**

**MSc. Ing. María Gabriela Zúñiga Rodríguez**

**Riobamba, Ecuador.**

**2023**

## DERECHOS DE AUTORÍA

Yo, **José David Avalos Ordóñez** con CC: **0604063842** y **Gerardo Sebastián Oleas Morales** con CC: **0604420422**, autores del trabajo de investigación titulado: **“Estudio del comportamiento de consumo horario residencial de agua potable en el cantón 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 (a) de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, 16 de junio de 2023.



José David Avalos Ordóñez

C.I.: 060406384-2



Gerardo Sebastián Oleas Morales

C.I.: 060442042-2

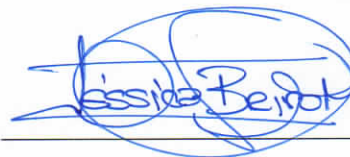
## DICTAMEN FAVORABLE DEL TUTOR Y MIEMBROS DE TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Tutor y Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación “**Estudio del comportamiento de consumo horario residencial de agua potable en el cantón Riobamba**”, presentado por **José David Avalos Ordóñez** con cédula de identidad número **0604063842** y **Gerardo Sebastián Oleas Morales** con cédula de identidad número **0604420422**, 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 16 de junio de 2023.

Ing. Jéssica Paulina Brito Noboa MSc.

**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO**



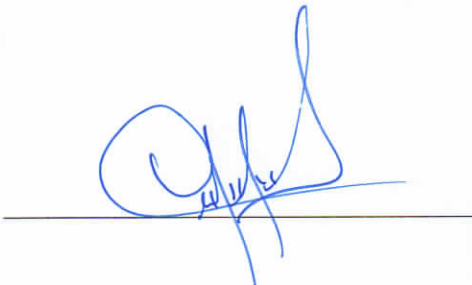
Ing. Alfonso Patricio Arellano Barriga Mgs.

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO**



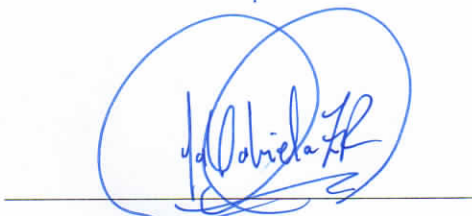
Ing. Nelson Estuardo Patiño Vaca Mgs.

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO**



Ing. María Gabriela Zúñiga Rodríguez MSc.

**TUTORA**



## CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación “**Estudio del comportamiento de consumo horario residencial de agua potable en el cantón Riobamba**”, presentado por **José David Avalos Ordóñez** con cédula de identidad número **0604063842** y **Gerardo Sebastián Oleas Morales** con cédula de identidad número **0604420422**, bajo la tutoría de la **Ing. María Gabriela Zúñiga Rodríguez MSc**; 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 16 de junio de 2023.

Ing. Jéssica Paulina Brito Noboa MSc.

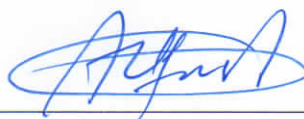
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO**



---

Ing. Alfonso Patricio Arellano Barriga Mgs.

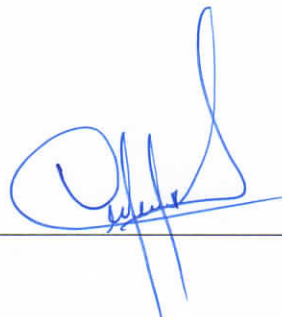
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO**



---

Ing. Nelson Estuardo Patiño Vaca Mgs.

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO**



---



# CERTIFICACIÓN

Que, **AVALOS ORDÓÑEZ JOSÉ DAVID** con CC: **060406384-2** y **OLEAS MORALES GERARDO SEBASTIÁN** con CC: **060442042-2**, estudiantes de la Carrera **INGENIERÍA CIVIL, NO VIGENTE**, Facultad de **INGENIERÍA**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado **"ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE CONSUMO HORARIO RESIDENCIAL DE AGUA POTABLE EN EL CANTÓN RIOBAMBA"**, cumple con el 4 %, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **OURIGINAL (URKUND)**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 06 de junio de 2023

Ing. María Gabriela Zúñiga Rodríguez MsC.  
TUTORA



## **DEDICATORIA**

Dedico primeramente a Dios, por darme salud y vida y permitirme seguir formándome profesionalmente. A mis padres José Avalos y Bertha Ordóñez por el apoyo durante mi vida y sobre todo por brindarme esa motivación para alcanzar mis sueños. También a mis abuelitas Carmelina y Rosa; a mis abuelitos Aurelio y Avelino; quienes ya no están en este mundo, pero sé que me apoyaron en todo momento.

*José David Avalos Ordóñez*

El logro de este trabajo se lo quiero dedicar a toda mi familia, en especial a mis padres Israel y Lupe por su apoyo, sacrificio y amor incondicional me han inculcado a ser una excelente persona, gracias por siempre estar al pendiente de mí a pesar de las adversidades.

Quiero dedicarle a mi compañera de vida Sharon y mi hija Eimy por su comprensión, su amor, su paciencia y su respaldo en todo momento, y quienes cada día son mi impulso e inspiración para alcanzar mis objetivos.

También a mis abuelitos Manuel, Marilú y Anita por con sus consejos y apoyo absoluto nunca han dejado de confiar en mí, de igual forma a la memoria de mi abuelito Gerardo.

Tatiana y Wendy, mis hermanas que siempre hemos estado juntos en los buenos y malos momentos; asimismo a mis tíos, tías, en especial a Sebastián C. quien me motivó desde un principio para llegar hasta aquí, finalmente a mis amigos que fueron y son parte fundamental en mi vida.

*Gerardo Sebastián Oleas Morales*

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos en primer lugar a Dios por permitirnos estar aquí, darnos la fortaleza y resiliencia para continuar con el aprendizaje de la experiencia vivida.

Agradecemos a nuestras familias que día a día nos brindaron su apoyo incondicional, así también a nuestros amigos que, junto a ellos, paso a paso logramos culminar los estudios para formarnos como profesionales de esta prestigiosa institución.

A nuestra tutora Ing. Gabriela Zúñiga por sus conocimientos, enseñanzas, paciencia y tiempo compartido.

*José David Avalos Ordóñez*

*Gerardo Sebastián Oleas Morales*

## ÍNDICE

1.	CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....	14
1.1	Antecedentes .....	14
1.2	Planteamiento del problema.....	18
1.3	Objetivos .....	18
1.3.1	Objetivo general .....	18
1.3.2	Objetivos específicos.....	18
2.	CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....	19
2.1	Gasto de agua.....	19
2.1.1	Gasto residencial .....	19
2.2	Factores que intervienen en el consumo de agua potable .....	19
2.3	Normativa .....	19
2.4	Estado del arte.....	20
3.	CAPÍTULO III. METODOLOGÍA .....	22
3.1	Tipo de Investigación.....	22
3.2	Técnicas de recolección de datos .....	23
3.3	Población de estudio y tamaño de muestra .....	23
3.3.1	Población.....	23
3.3.2	Muestra.....	24
3.4	Método de análisis y procesamiento de datos .....	25
3.4.1	Caracterización urbanística .....	25
3.4.2	Aplicación de encuestas .....	26
3.4.3	Recolección de datos en campo.....	26
3.4.3.1	Sondeo y selección de la muestra.....	26
3.4.3.2	Medición y registro horario del consumo de agua potable.....	32
3.4.4	Análisis estadístico.....	32
3.4.4.1	Registro de datos iniciales.....	32
3.4.4.2	Validación de datos .....	33
3.4.4.3	Modelación de la curva horaria .....	33
3.4.4.4	Coficiente de modulación horario .....	34
4.	CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	35
4.1	Principales factores que influyen en el consumo de agua potable en Riobamba .....	35
4.1.1	Estratificación socioeconómica.....	35
4.1.2	Número de usuarios.....	36
4.1.3	Unidades sanitarias.....	37
4.1.4	Unidades de almacenamiento .....	37



4.1.5	Nivel de servicio .....	38
4.2	Curvas de consumo horario residencial por estratificación.....	40
4.2.1	Curva de consumo de la Red Tratamiento .....	40
4.2.2	Curva de consumo de la Red Tapi.....	40
4.2.3	Curva de consumo de la Red Recreo.....	41
4.2.4	Curva de consumo de la Red Carmen .....	42
4.2.5	Curva de consumo de la Red Yaruquíes.....	43
4.3	Curvas de consumo horario residencial por redes de distribución .....	44
4.3.1	Curva horaria residencial de la Red Tratamiento .....	44
4.4	Coefficientes de modulación horario por cada red .....	47
4.5	Coefficiente de modulación horaria en las 5 redes de distribución .....	49
4.6	Discusión de resultados.....	51
5.	<b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	52
5.1	Conclusiones .....	52
5.2	Recomendaciones .....	52
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	54
	<b>ANEXOS</b> .....	56

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.....	16
Tabla 2.....	16
Tabla 3.....	17
Tabla 4.....	24
Tabla 5.....	35
Tabla 6.....	47

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 .....	14
Figura 2 .....	15
Figura 3 .....	22
Figura 4 .....	23
Figura 5 .....	25
Figura 6 .....	27
Figura 7 .....	28
Figura 8 .....	29
Figura 9 .....	30
Figura 10 .....	31
Figura 11 .....	32
Figura 12 .....	33
Figura 13 .....	35
Figura 14 .....	36
Figura 15 .....	36
Figura 16 .....	37
Figura 17 .....	38
Figura 18 .....	39
Figura 19 .....	39
Figura 20 .....	40
Figura 21 .....	41

Figura 22 .....	42
Figura 23 .....	43
Figura 24 .....	44
Figura 25 .....	45
Figura 26 .....	47
Figura 27 .....	49
Figura 28 .....	50

## RESUMEN

A nivel mundial la dotación de agua potable es indispensable para el desarrollo de un ser vivo porque es un derecho de todos, sin embargo, en países subdesarrollados aún se carece del agua y nuestro país no está exento, principalmente por problemas de gestión, economía, política y/o consideraciones empíricas de consumo y variación sin estimar el crecimiento poblacional. La finalidad del siguiente tema de investigación es estudiar el comportamiento del consumo horario de agua potable en el cantón Riobamba, limitando a las zonas residenciales de las redes Tratamiento, Tapi, Recreo, Carmen y Yaruquíes. Para la ejecución de este proyecto de investigación se recolectó información tanto de la empresa encargada del servicio de agua como de los usuarios, a través de encuestas, indagando en primera instancia la presencia de unidades de almacenamiento en los domicilios y la disponibilidad permanente del servicio de agua, como segundo punto se consideró la categorización socioeconómica (A, B, C, D), número de usuarios y unidades sanitarias en la vivienda, permitiendo facilitar su selección, finalmente a esta muestra de la población residencial se realizó la toma de lecturas horarias en los medidores de agua las 24 horas del día durante una semana. Por medio de las curvas horarias se obtuvieron los consumos máximos horarios para la red Tratamiento  $Q_{max}=77$  l/h, red Tapi un  $Q_{max}=117$  l/h, red Recreo  $Q_{max}=71$  l/h, red Carmen  $Q_{max}=117$  l/h y la red Yaruquíes con un  $Q_{max}=74$  l/h. Finalmente conocimos el comportamiento real del consumo de agua en las zonas residenciales de las 5 redes de distribución, de esta forma podemos contribuir al manejo, mejora, cuidado y gestión del agua, concienciado al beneficio ambiental, económico, sanitario, social y así aportar en futuros estudios de diseño y ampliación de los sistemas de abastecimiento de agua potable.

**Palabras claves:** agua potable, consumo horario, curva horaria, dotación, gestión del agua, Kh,  $Q_{max}$ .

## ABSTRACT

Worldwide the provision of drinking water is essential for the development of a living being because it is a right of all, however, in underdeveloped countries there is still a lack of water and our country is not exempt, mainly due to problems of management, economics, politics and/or empirical considerations of consumption and variation without estimating population growth. The purpose of the following research topic is to study the behavior of the hourly consumption of drinking water in the canton of Riobamba, limiting it to the residential areas of the Tratamiento, Tapi, Recreo, Carmen and Yaruquíes networks. For the execution of this research project, information was collected both from the company in charge of the water service and from the users, through surveys, inquiring in the first instance the presence of storage units in the homes and the permanent availability of water service, as a second point was considered the socioeconomic categorization (A, B, C, D), number of users and sanitary units in the house, allowing to facilitate its selection, finally to this sample of the residential population was carried out the taking of hourly readings in the water meters 24 hours a day for a week. By means of the hourly curves, the maximum hourly consumption was obtained for the Tratamiento network  $Q_{max}=77$  l/h, Tapi network  $Q_{max}=117$  l/h, Recreo network  $Q_{max}=71$  l/h, Carmen network  $Q_{max}=117$  l/h and the Yaruquíes network with  $Q_{max}=74$  l/h. Finally, we know the real behavior of water consumption in the residential areas of the 5 distribution networks, in this way we can contribute to the management, improvement, care and management of water, aware of the environmental, economic, sanitary and social benefits and thus contribute to future studies of design and expansion of drinking water supply systems.

**Key words:** drinking water, hourly consumption, hourly curve, endowment, water management, Kh,  $Q_{max}$ .

Reviewed by:



Firmado electrónicamente por:  
**ANDREA  
CRISTINA  
RIVERA PUGLLA**

Lic. Andrea Rivera  
**ENGLISH PROFESSOR**  
C.C 0604464008



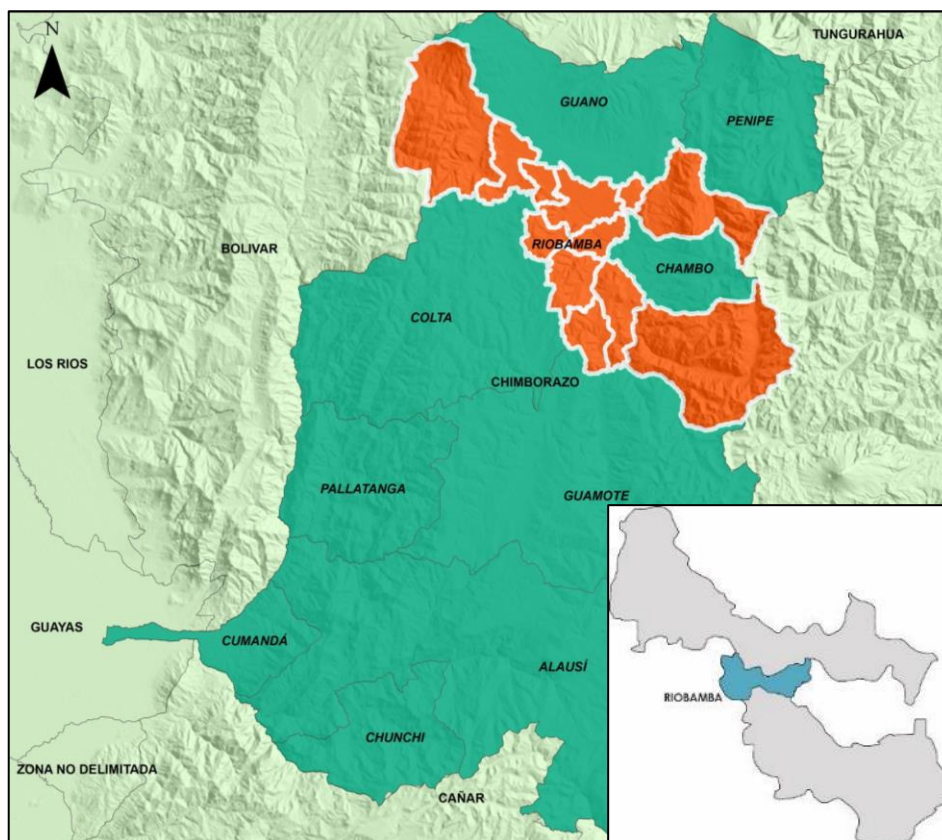
## 1. CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Antecedentes

El cantón Riobamba se localiza en la región Sierra provincia de Chimborazo situada en el centro del país, posee una superficie de 979.70 km<sup>2</sup>, a una altura de 2 754 msnm. Como se puede observar en la **Figura 1** el cantón Riobamba está limitado en la zona norte con el cantón Guano y el cantón Penipe, en el sur con el cantón de Colta y de Guamote, en el este se ubica el cantón Chambo y al oeste la provincia de Bolívar.

**Figura 1**

*Ubicación del cantón Riobamba*



**Fuente:** (Avalos J. & Oleas G., 2023)

Dentro de su división política el cantón Riobamba se encuentra organizado por once parroquias rurales y cinco parroquias urbanas: Lizarzaburu, Maldonado, Velasco, Veloz y Yaruquies, estas a su vez están constituidas por 222 barrios (GAD MUNICIPAL DEL CANTÓN RIOBAMBA, 2020).

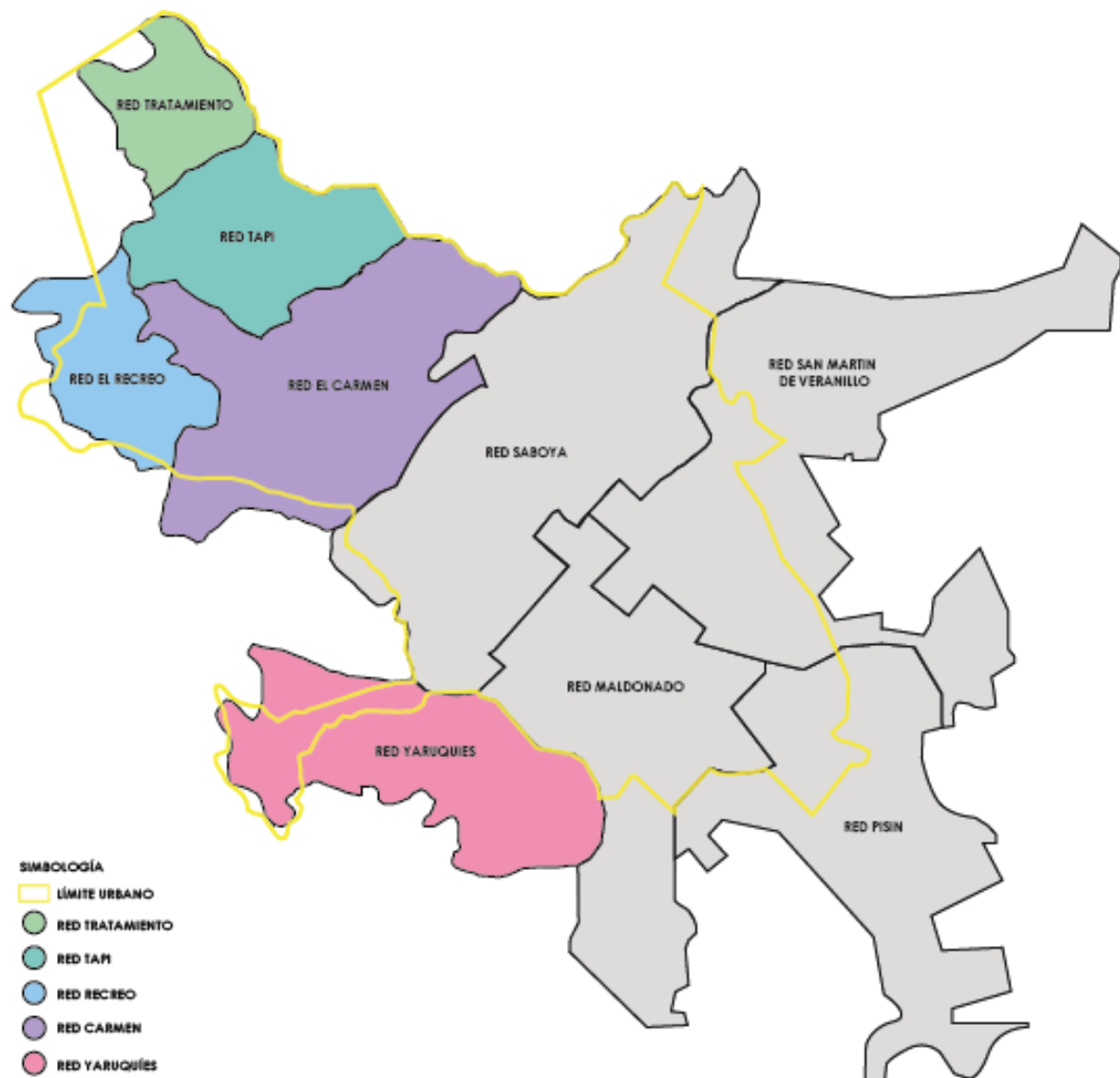
De acuerdo al GAD MUNICIPAL DEL CANTÓN RIOBAMBA (2020) establece que la dotación de agua potable en el cantón se efectúa a través de 9 redes de distribución: Tratamiento, San José de Tapi, El Recreo, El Carmen, Saboya, Maldonado, Piscín, San



Martín de Veranillo y Yaruquies, presentando un caudal total de 546.78 l/s que cubren a un área de 4 855.95 ha y teniendo como beneficiarios a 45 902 acometidas como se evidencia en la **Tabla 1**. Estas a su vez poseen varias subredes de suministro, las cuales abastecen al 92.95% de la urbe, de igual forma en la **Figura 2** se focaliza las redes de este estudio.

**Figura 2**

*Cobertura de agua potable en Riobamba*



**Fuente:** (GAD MUNICIPAL DEL CANTÓN RIOBAMBA, 2020)

Aunque el suministro de agua potable según el GAD MUNICIPAL DEL CANTÓN RIOBAMBA (2020) abastece casi en su totalidad a las zonas de estudio, es importante mencionar que, en cada red, el déficit de agua se hace presente, por ello obliga a la población a usar distintos métodos de almacenamiento de agua y de igual forma a las empresas encargadas del suministro, a distribuir de manera controlada y limitada, llegando a ciertos

sectores de la urbe de manera: permanente, en 3 horarios, 12 horas y en mínima parte por tanqueros, como se muestra en la **Tabla 1**.

**Tabla 1**

*Redes de distribución*

Red/Nombre	Área (ha)	Caudal inyectado (l/s)	Acometidas	Distribución			
				Tanqueros	3 horarios	12 horas	Continua
1.- Tratamiento	168.24	7.64	955	-	-	-	✓
2.- San José de Tapi	306.46	16.23	4 004	-	-	-	✓
3.- El Recreo	191.51	11.53	2 523	-	✓	✓	✓
4.- El Carmen	611.61	96.50	6 043	-	-	-	✓
5.- Saboya	907.25	134.52	11 696	✓	✓	✓	✓
6.- Maldonado	621.34	254.00	9 550	-	✓	✓	✓
7.- Piscín	646.85	7.36	2 717	-	-	-	✓
8.- San Martín de Veranillo	944.64	0	5 479	-	✓	✓	-
9.- Yaruquíes	458.05	19.00	2 935	-	-	-	✓
<b>TOTAL:</b>	4 855.95	546.78	45 902				

**Fuente:** (GAD MUNICIPAL DEL CANTÓN RIOBAMBA, 2020)

Por otra parte, la rendición de cuentas de la EP EMAPAR (2020) menciona que Riobamba tiene una población de 181 384 habitantes según la INEC, la cobertura del suministro de agua potable alcanza un 98%, que de acuerdo al plan maestro equivale a 177 756 habitantes que cuentan con el servicio. La dotación neta de agua potable es de 208 (litros/hab\*día) la misma que se proyecta hasta el año 2030. Esta información se detalla en la **Tabla 2**.

**Tabla 2**

*Parámetros utilizados para la proyección de la demanda*

Parámetro	2020	2025	2030
<b>Dotación neta (l/hab*d)</b>	208	208	208
<b>Dotación bruta (l/hab*d)</b>	346.67	325	320
<b>Pérdidas (%)</b>	40	36	35
<b>Cobertura servicio (%)</b>	98	98	98

**Fuente:** (EP EMAPAR, 2020)

Referente a la demanda de agua potable, en la **Tabla 3** se refleja la información proporcionada por la EP EMAPAR y el PDOT de Riobamba, donde se muestra los caudales actuales, necesarios y la diferencia real de cada red de distribución.

**Tabla 3***Caudales actuales en Riobamba*

Red	Caudal actual	Caudal necesario	Diferencia de caudal (l/s)
	(l/s) EMAPAR 2022	(l/s) PDOT 2020	
Tratamiento	9.60	8.12	1.48
Tapi	48.30	49.92	-1.62
Recreo	55.69	17.90	37.79
Carmen	91.67	98.50	-6.83
San Martín de Veranillo	78.31	120.50	-42.19
Maldonado	109.90	198.12	-88.22
Saboya	227.92	319.36	-91.44
Piscín	44.84	18.63	26.21
Yaruquies	14.03	14.50	-0.47

**Fuente:** (EP EMAPAR, 2020; GAD MUNICIPAL DEL CANTÓN RIOBAMBA, 2020)

**Nota:** los valores en la columna de “Diferencia de caudal” que tienen signo negativo quiere decir que no satisface la demanda generada por los usuarios en cada red de estudio.

Según Mancheno (2010) menciona que:

El sistema de agua potable de Riobamba cuenta con un abastecimiento de agua tratada para el consumo humano, este sistema está compuesto por captaciones de vertientes y pozos, por líneas de conducción, una planta de aireación, tanques de reserva y redes de distribución. (p. 8)

Para el consumo de agua potable en la población se debe tomar en consideración la existencia de varios factores predominantes que influyen en el comportamiento, por ello, en el artículo de Arellano & Peña (2020) los resultados recopilados en Riobamba y 10 ciudades más de Ecuador, se obtuvieron que las variables en ese estudio se agruparon en: climatológicos, sociodemográficos, socioeconómicos y gestión y calidad del agua. Por otra parte, Carrillo & Quintero (2013) considera que los factores como el clima, cultura y socioeconómicos afectan principalmente al consumo de agua potable en la ciudad de Riobamba, sin embargo su investigación se enfoca en el consumo mediante la estratificación socioeconómica de la misma.

En el cantón Riobamba dentro del perímetro urbano, el principal uso que se le da al agua en las zonas residenciales es para actividades cotidianas y comercio; por ello, es muy importante tomar en cuenta la calidad y abastecimiento del mismo para satisfacer las necesidades humanas fundamentales.

El presente estudio de investigación tiene la finalidad de analizar el comportamiento del consumo horario residencial de agua potable en cinco redes de distribución:

- **Red Tratamiento:** abastece a 8 sectores, cuenta con 46.26 km de tuberías instaladas, posee un tanque de reserva de 1000 m<sup>3</sup>.
- **Red San José de Tapi:** sirve a 16 sectores, tiene 47.27 km de tuberías instaladas, posee un tanque de reserva de 2000 m<sup>3</sup>.

- **Red Recreo:** cubre a 11 sectores, tiene instalada 29.73 km de tuberías, cuenta con 3 tanques de reserva de 500 m<sup>3</sup> cada uno.
- **Red Carmen:** brinda servicio a 18 sectores.
- **Red Yaruquies:** esta red cuenta con su propio pozo de captación que cubre los 7 sectores de esta parroquia, tiene instalado 29.05 km de tuberías, cuenta con un tanque de reserva de 1000 m<sup>3</sup> en servicio y uno de 200 m<sup>3</sup> que no está en servicio.

Para ello, esta investigación se fundamentará en la recopilación de información y datos de la Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado del Cantón Riobamba (EP EMAPAR) que es la encargada del servicio, por otra parte, a una muestra de la población determinada, desarrollaremos encuestas y por el periodo de 24 horas y durante una semana se registrará los consumos horarios en los medidores de agua potable.

De esta investigación, la información generada aportará al manejo, mejora de la gestión y cuidado del agua, beneficiando directamente en el aspecto ambiental, económico, sanitario, social y futuras consideraciones en el cálculo de consumos para ingenieros proyectistas.

## **1.2 Planteamiento del problema**

Es evidente el déficit de la disponibilidad del servicio de agua potable en la zona urbana del cantón Riobamba, debido al acelerado crecimiento de barrios irregulares en el perímetro urbano como lo ratifica el GAD MUNICIPAL DEL CANTÓN RIOBAMBA (2020). Afectando directamente a la cantidad de agua potable suministrado en las diferentes redes de distribución y en varios sectores la falta e inexistencia de agua potable generando malestar en los usuarios.

Respecto al cálculo para el consumo de agua potable en el cantón Riobamba, históricamente ha sido insuficiente por falta de investigación y toma de datos de consumo horario de agua potable en las residencias de la población. Por ello se recolectará datos, evidencias y registros actualizados con el objetivo de extraer curvas de consumo horario en las zonas residenciales y que sirva como guía para mejorar un sistema existente y/o futuros diseños de planes maestros de agua potable.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo general**

- Establecer el comportamiento de la demanda horaria residencial de agua potable en el cantón Riobamba.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Determinar el comportamiento del consumo horario residencial de agua potable en las redes Tratamiento, Tapi, Recreo, Carmen y Yaruquies.
- Generar la curva de consumo horario residencial de agua potable en las cinco redes de estudio del cantón.
- Obtener los coeficientes de modulación horaria (Kh) de las diferentes redes de distribución en la zona de estudio.

## 2. CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Gasto de agua

En la Asamblea General de las Naciones Unidas (2005) se reconoció:

El derecho de todos los seres humanos a tener acceso al agua para el uso doméstico y personal (entre 50 y 100 litros de agua por persona y día), segura, aceptable y asequible (el coste del agua no debería superar el 3% de los ingresos del hogar), y accesible físicamente (la recogida no debe superar los 30 minutos y la fuente debe estar a menos de 1 000 metros del hogar). (s/p)

#### 2.1.1 Gasto residencial

Cantidad de agua potable destinado a actividades domésticas donde el mayor porcentaje de consumo es en el cuarto de baño, seguido de la cocina y finalmente jardinería.

### 2.2 Factores que intervienen en el consumo de agua potable

Es importante definir los factores que inciden en el consumo de agua potable por parte de los consumidores, ya que muestra el comportamiento real y las variaciones que se presentan dentro del sistema de distribución y abastecimiento de agua potable.

Huaquisto & Chambilla (2019) nombra algunos elementos que intervienen en el consumo de agua potable como es la temperatura, humedad y precipitación, de igual manera el estado socioeconómico de las personas y las actividades diarias, conllevando a un aumento proporcional del agua junto al crecimiento demográfico, así mismo los aspectos culturales de cada población son las representaciones de las costumbres en su estilo de vida. Otro factor importante según Huaquisto & Chambilla (2019) es el nivel económico debido a que el consumo alto de agua potable se relaciona directamente al ingreso económico de la familia.

Otro punto es que Carrillo & Quintero (2013) y Arellano & Peña (2020) mencionan que va a existir una gran diferencia de unidades sanitarias en el hogar dependiendo al tipo de estrato al que pertenece y si un hogar tiene mayor cantidad de US su consumo de agua potable será mayor, a la vez se puede establecer una relación que mientras su estatus económico es mejor, las unidades sanitarias serán mayor y por ende su consumo.

### 2.3 Normativa

La guía que sustenta el estudio se basa en la normativa vigente en nuestro país desde el año 1990 titulada “Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas”, en la cual nos respaldamos para la generación de las curvas de consumo (*CPE INEN 5*, 1992).

Siendo de gran importancia para el cálculo del caudal medio diario y horario, así como también los coeficientes de variación diario y horario y máximo diario y horario estipulados en la norma ecuatoriana y reflejados en los resultados.

El *CPE INEN 5* (1992) recomienda que, aquellos valores de los coeficientes de variación del consumo máximo diario usados para la captación y conducción de aguas superficiales y subterráneas, y el máximo horario empleados en la red de distribución deben

establecerse y estar sustentados en base a estudios y a sistemas existentes. En caso de no existir se recomienda usar los siguientes valores de la ecuación (1) y ecuación (2) respectivamente:

$$k_{max. \text{ día}} = 1,3 - 1,5 \quad (1)$$

$$k_{max. \text{ hora}} = (2 \text{ a } 2,3) * Q_{med} \quad (2)$$

## 2.4 Estado del arte

En el mundo, Bernabé-Crespo et al. (2022) mencionan que la procedencia del recurso hídrico es ineludible, ya que los caudales propios no son capaces de sostener una población que va en aumento, aun así, se observan esquemas de aprovisionamiento que difieren de un lugar a otro debido a las características climáticas y disponibilidad de recursos.

Dentro de los objetivos de desarrollo sostenible donde garantiza para todos el acceso al agua, gestión sostenible y saneamiento afirma que: “aun 3 de cada 10 personas carecen de acceso a servicios de agua potable seguros y 6 de cada 10 carecen de acceso a instalaciones de saneamiento gestionadas de forma segura” (ONU, 2016, Sección de Datos Destacables, párrafo 1); pues al estar nuestro país en vía de desarrollo es parte del inconveniente ya que se refleja en cada uno de los territorios los problemas de déficit y gestión de los sistemas de agua potable.

Con el pasar del tiempo, los sistemas de distribución de agua potable se han venido diseñando a partir de datos imprecisos y estimados, es el caso de nuestro país donde la precaria información sobre la dotación es obsoleta. Es por ello que proyectistas buscan precisar información sobre el gasto máximo de agua residencial que sea confiable, recurrente y llevadera para aplicar en futuros diseños del consumo residencial y sobre todo concreto en la dotación horaria hasta en las condiciones más críticas. (Toapanta & Castro, 2022)

Tal como manifiesta Arellano et al. (2018) el consumo de agua potable se ve afectado por la magnitud de las ciudades, los hábitos de la población y los factores climáticos, sin embargo, por otra parte, acotan Izurieta et al. (2022) que el consumo per cápita de agua potable disminuye cuando se incrementa el número de personas de una familia, en ciudades grandes la tendencia es similar a las medianas, pero en ciudades pequeñas la tendencia es opuesta.

Es importante mencionar que cada red de estudio al dotar de agua a cierta área de la población, tiene la necesidad de componerse por varias subredes, las cuales presentan distintos horarios de distribución. Según el GAD MUNICIPAL DEL CANTÓN RIOBAMBA (2020) la distribución de agua potable en la ciudad de Riobamba se lo realiza de manera continua en un porcentaje de 58,92%; la distribución del servicio en 3 horarios al día es de 26,75%; la dotación en 12 horas es de 14,21% y finalmente el suministro a través de tanqueros se lo realiza en un 0,12%.

Estimar adecuadamente la importancia de los coeficientes horarios a través de curvas de variación o modelos matemáticos es crucial para el diseño y pronóstico de las redes de abastecimiento de agua, ya que estos valores representan los gastos máximos y promedio

que serán transportados en la tubería garantizando así una adecuada función. (Toapanta & Castro, 2022)

Es muy importante basarse en investigaciones locales y comparar los coeficientes hallados, pues Hinojoza & Saltos (2020) calcularon el coeficiente de variación del consumo mensual  $K_d$  para varias ciudades, entre ellas Riobamba, Guaranda, Echeandía, Chimbo y Chillanes; confirmando que  $K_d$  es mayor en las ciudades pequeñas que en las grandes, a través de esto se puede tener una base de estudio para determinar nuestros coeficientes de variación del consumo máximo horario y establecer una relación entre ellas sobre todo cuando se tengan las mismas características.

En estudios previos de cantones aledaños como son Penipe-Colta y Baños-Pelileo desarrollados por Calderón & Tello (2022) y Macas & Rodas (2023) respectivamente, se evidencia que la estratificación socioeconómica es un factor importante en el consumo de agua potable dentro de la urbe, ya que, por hábitos de consumo, la demanda en una ciudad productiva conlleva a una utilización diferente de agua potable, esto a su vez se ve reflejado en las curvas de consumo y en los coeficientes de modulación horaria.

Dentro de los sistemas de abastecimiento es imprescindible hacer referencia a las fugas de agua potable y a la cantidad de agua no contabilizada que se presenta en las distintas redes de distribución, dejando grandes pérdidas económicas, por ello esto afecta directamente al consumo de agua potable ya que incide en la demanda y esto generará alteraciones en las curvas de consumo horario. A su vez, cabe destacar el inconveniente de interconexiones entre redes de los sistemas actuales con los antiguos, ya que no se sabe con precisión a que red pertenecen las conexiones. (Achache & Gómez, 2022)



### 3. CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

#### 3.1 Tipo de Investigación

El siguiente proyecto de titulación tiene la intención de conocer el comportamiento de la demanda horaria residencial de agua potable de cinco redes de distribución del cantón Riobamba, a través de tres tipos de investigación: exploratoria, analítica y descriptiva.

Dentro de la investigación exploratoria comprende la toma de mediciones de caudales demandados (lecturas en medidores) por la población urbana en las zonas residenciales de las redes de distribución Tratamiento, Tapi, Recreo, Carmen y Yaruquies del cantón Riobamba.

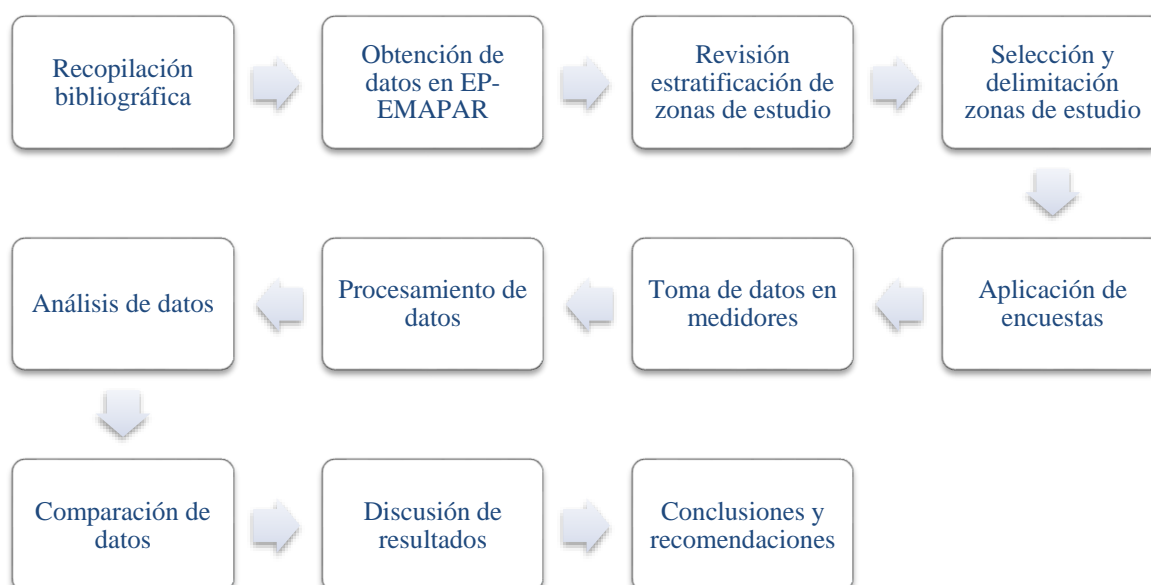
Por otra parte, analítica debido a que se tabulan los datos recolectados con el fin de representar y graficar la curva de consumo horario de las zonas residenciales dentro del cantón.

Finalmente, descriptiva en virtud de que se cuenta con información independiente para la elaboración de las curvas de consumo horario de cada red de abastecimiento.

El método se basa en un enfoque mixto puesto que la parte cualitativa se representará a través de encuestas que permiten delimitar de las zonas de estudio, y la parte cuantitativa mediante las mediciones de consumo en horarios fijos. En la **Figura 3** que se muestra a continuación, se indica un esquema del desarrollo del proyecto.

**Figura 3**

*Proceso metodológico*



**Fuente:** (Avalos J. & Oleas G., 2023)

### 3.2 Técnicas de recolección de datos

Para determinar los niveles de estratificación socioeconómica del cantón Riobamba, se realiza en base al método de Arellano et al. (2012) donde aplica el método de caracterización urbanística y socioeconómica en poblaciones menores a 150 000 habitantes.

También, se apoya del análisis previo de Carrillo & Quintero (2013) donde se caracteriza y estratifica a los diferentes sectores por su nivel económico, siendo el nivel A (muy altos ingresos), B (ingresos mayores que el promedio), C (ingresos menores que el promedio), y D (muy bajos ingresos)

Para la determinación del muestreo se seleccionará con la ayuda del tipo “Muestreo probabilístico aleatorio simple”, recalando que para escoger los objetos de estudio se lo hará de manera aleatoria (random).

### 3.3 Población de estudio y tamaño de muestra

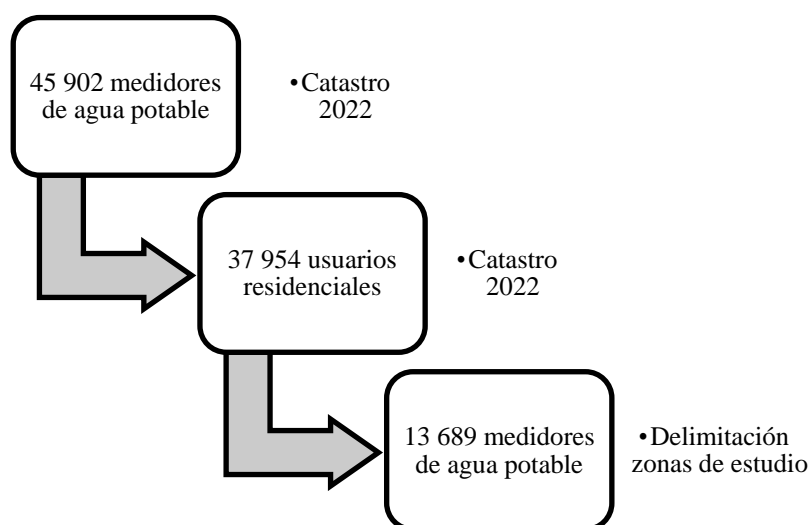
#### 3.3.1 Población

La población seleccionada para la obtención de datos se delimitará de acuerdo al siguiente orden:

- Catastro de acometidas de agua potable proporcionado por la Empresa de Agua Potable y Alcantarillado de Riobamba (EP EMAPAR) actualizado hasta 2022.
- Selección de usuarios con medidores de agua potable con tarifa residencial.
- Delimitación de las 5 redes de abastecimiento Tratamiento, San José de Tapi, El Recreo, El Carmen y Yaruquies.

**Figura 4**

*Esquema población de estudio y tamaño de muestra*



**Fuente:** (EP EMAPAR, 2020)

### 3.3.2 Muestra

El tamaño de la muestra se hace referencia a partir de la Figura 4 donde la población va disminuyendo hasta obtener el número de usuarios residenciales de las cinco redes de distribución teniendo un valor de 13 689 medidores de agua potable, ahora para la muestra se utiliza la ecuación (3) tomando en cuenta un intervalo de confianza mínimo del 95% y margen de error máximo del 5%.

$$n = \frac{z^2 * N * p * q}{e^2 * (N - 1) + z^2 * p * q} \quad (3)$$

Dónde:  $n$  = tamaño de la muestra

$z$  = parámetro estadístico que depende del nivel de confianza seleccionado, este caso es de 1.96.

$N$  = número de usuarios

$p$  = porcentaje de ocurrencia es de 0.50.

$q$  = porcentaje de no ocurrencia es de 0.50.

$e$  = Límite aceptable de error es de 5%.

La muestra calculada con la ecuación (3) para las cinco redes de distribución o universo, arrojó un valor de 374 acometidas a ser analizadas. Sin embargo, para evitar errores y que se garantice la efectividad del estudio, en la selección de muestras en campo se optó por escoger el número detallado en la **Tabla 4**.

**Tabla 4**

*Muestras en cada red de estudio*

			Fórmula	En campo
<b>Población o Universo</b>	<b>13 689</b>	$n = \frac{(1.96)^2 * 13689 * 0.50 * 0.50}{(0.05)^2 * (13689 - 1) + (1.96)^2 * 0.50 * 0.50}$	<b><math>n = 374</math></b>	<b><math>n = 472</math></b>
Red Tratamiento	794	$n = \frac{(1.96)^2 * 794 * 0.50 * 0.50}{(0.05)^2 * (794 - 1) + (1.96)^2 * 0.50 * 0.50}$	$n = 22$	$n = 82$
Red Tapi	3 330	$n = \frac{(1.96)^2 * 3330 * 0.50 * 0.50}{(0.05)^2 * (3330 - 1) + (1.96)^2 * 0.50 * 0.50}$	$n = 91$	$n = 91$
Red Recreo	2 098	$n = \frac{(1.96)^2 * 2098 * 0.50 * 0.50}{(0.05)^2 * (2098 - 1) + (1.96)^2 * 0.50 * 0.50}$	$n = 57$	$n = 75$
Red Carmen	5 026	$n = \frac{(1.96)^2 * 5026 * 0.50 * 0.50}{(0.05)^2 * (5026 - 1) + (1.96)^2 * 0.50 * 0.50}$	$n = 137$	$n = 141$
Red Yaruquies	2 441	$n = \frac{(1.96)^2 * 2441 * 0.50 * 0.50}{(0.05)^2 * (2441 - 1) + (1.96)^2 * 0.50 * 0.50}$	$n = 67$	$n = 83$

**Fuente:** (Avalos J. & Oleas G., 2023)

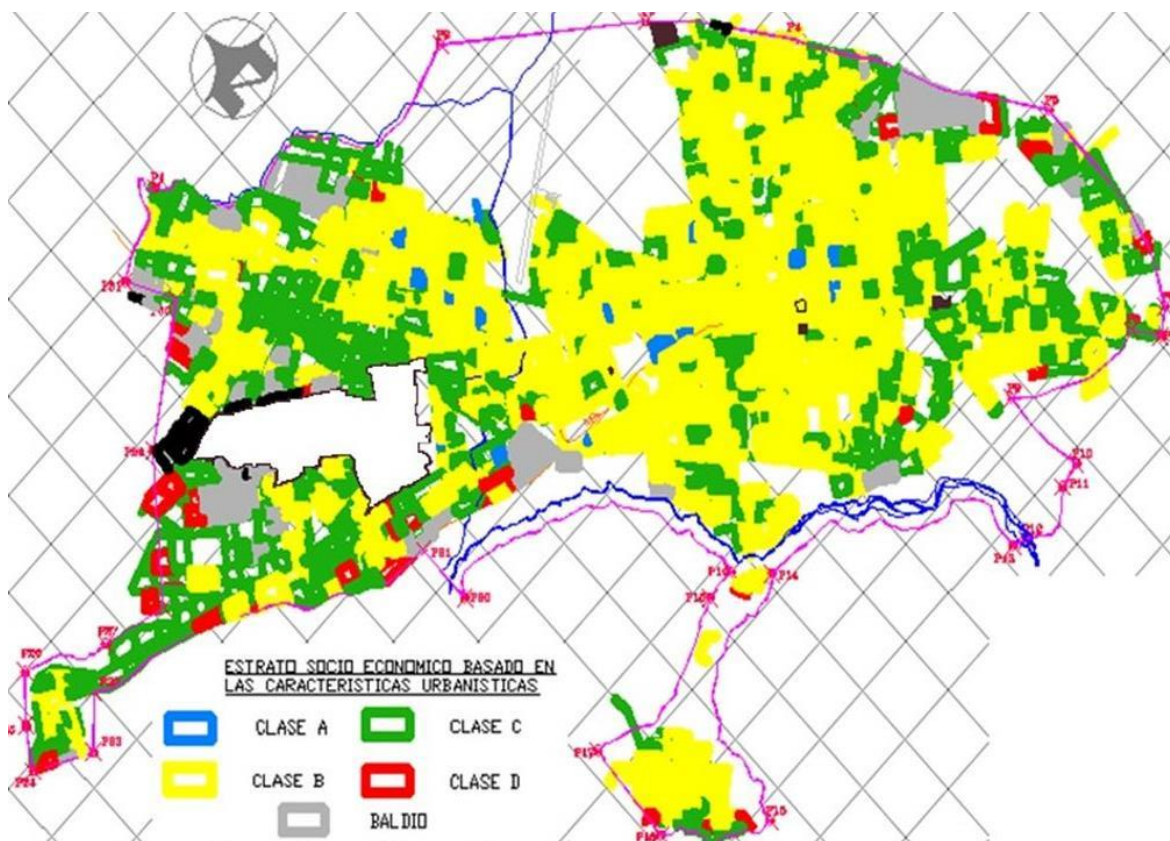
### 3.4 Método de análisis y procesamiento de datos

#### 3.4.1 Caracterización urbanística

Para las cinco redes de distribución aplicamos el método de caracterización urbanística y socioeconómica de Arellano et al. (2012), donde de acuerdo a los parámetros se asigna el puntaje correspondiente a cada uno de ellos (número de edificaciones y de pisos, tipo de vía, servicios básicos y condición de las fachadas), llegando a determinar los estratos socioeconómicos existentes en cada red de distribución. Y a su vez, tomando en consideración la determinación e identificación previa de los estratos socioeconómicos de la ciudad de Riobamba como manifiesta Carrillo & Quintero (2013), donde obtiene que los estratos B y C son predominantes en las redes de estudio, confirmando esto de acuerdo a la **Figura 5**.

**Figura 5**

*Caracterización urbanística*



**Fuente:** (Carrillo & Quintero, 2013)

Es importante recalcar que, en cada manzana al estar caracterizado por un nivel, no quiere decir que todas las viviendas correspondan específicamente a ese estrato socioeconómico, sino más bien comparten los diferentes niveles, por ello se optó por escoger en cada manzana alrededor de una 1, 2 y hasta 3 viviendas existentes por cada estrato, considerando las características de los domicilios y de la continuidad de las acometidas.

### **3.4.2 Aplicación de encuestas**

A través del software KoBotoolbox y con el uso de dispositivos móviles (celular, laptop) se realiza la recolección de información en las posibles viviendas a ser seleccionadas para el registro de las lecturas horarias, tomando en consideración principalmente si disponen o no de unidades de almacenamiento de agua potable y si su abastecimiento de agua es continua, así mismo se encuesta parámetros que influyen en el consumo del agua siendo importante los números de usuarios que habitan y número de unidades sanitarias.

Con ello y respecto a las unidades de almacenamiento de agua se logra disminuir y seleccionar el número total de muestras, ya que en las viviendas que posean sistemas de almacenamiento el consumo se verá notablemente afectado y por ende estas fueron eliminadas, existen casos especiales donde hay casas cuyas unidades están presentes, pero al tener un sistema de distribución continuo de agua potable, no se hace uso de estos. Por otra parte, las demás consideraciones mencionadas anteriormente se relacionan directamente en el consumo de agua.

### **3.4.3 Recolección de datos en campo**

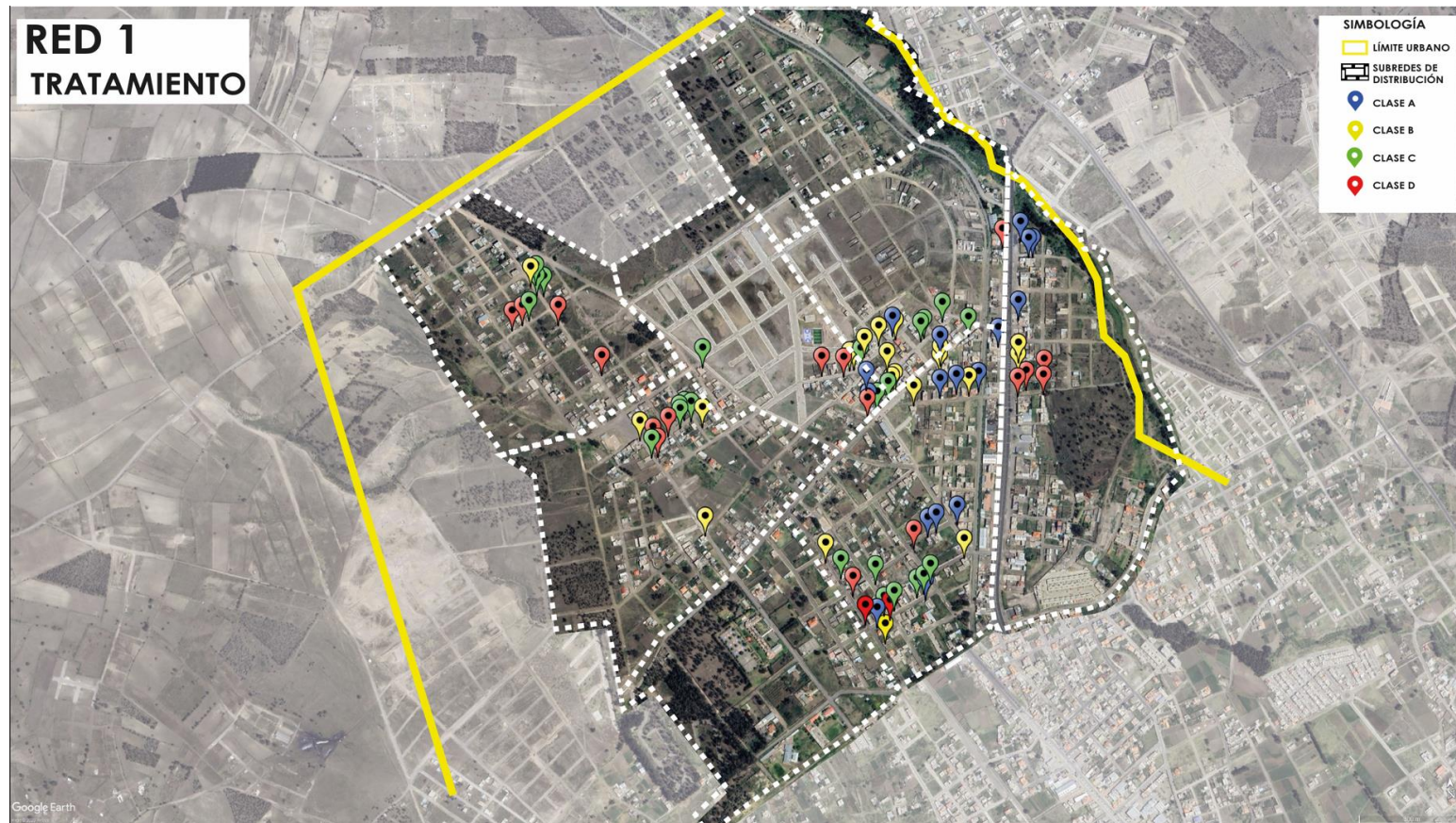
#### **3.4.3.1 Sondeo y selección de la muestra**

Para la toma de lecturas horarias en los medidores de agua potable, a la muestra se procedió a sondear y a seleccionar las viviendas cuyos hogares evidenciamos la no presencia y/o no uso de unidades de almacenamiento, al igual que exista la disponibilidad del servicio durante las 24 horas, esto con el objetivo de lograr una lectura y comportamiento real del consumo, como se puede visualizar en la *Figura 6, Figura 7, Figura 8, Figura 9 y Figura 10*, se presenta las diferentes muestras en las redes de distribución por su estratificación.



**Figura 6**

*Muestra en la red Tratamiento*



**Fuente:** (Avalos J. & Oleas G., 2023)



**Figura 7**

*Muestra en la red Tapi*



**Fuente:** (Avalos J. & Oleas G., 2023)



**Figura 8**

*Muestra en la red Recreo*

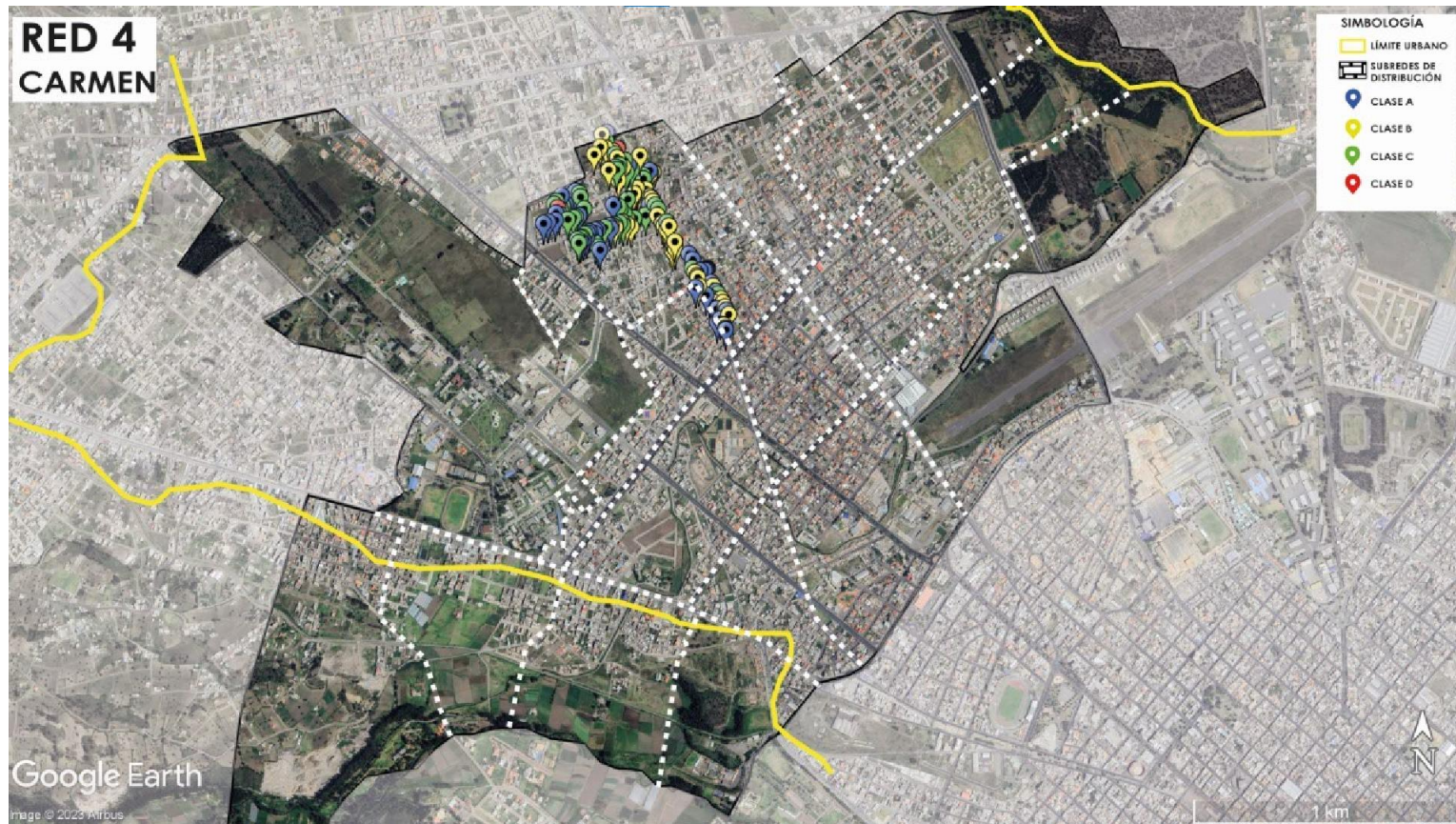


**Fuente:** (Avalos J. & Oleas G., 2023)



**Figura 9**

*Muestra en la red Carmen*



**Fuente:** (Avalos J. & Oleas G., 2023)



**Figura 10**

*Muestra en la red Yaruquíes*



**Fuente:** (Avalos J. & Oleas G., 2023)

En el *Anexo 1* se puede observar la señalización y marcación de viviendas de acuerdo a su estrato y con las condicionantes de las unidades de almacenamiento y horario continuo de distribución de agua potable.

### 3.4.3.2 Medición y registro horario del consumo de agua potable

Durante la medición horaria del consumo de agua potable *Anexo 3*, se lleva un registro de la toma de lecturas de los medidores de agua las 24 horas los 7 días de la semana, adjuntando el primer día información como el nombre de la red, estratificación socioeconómica, dirección, referencia, número de medidor, hora, día, consumo en metros cúbicos y litros como se muestra en el *Anexo 2*, mientras que en el *Anexo 4* se evidencia la recolección y procesamiento de datos que se hizo a lo largo del día durante una semana en el software Excel.

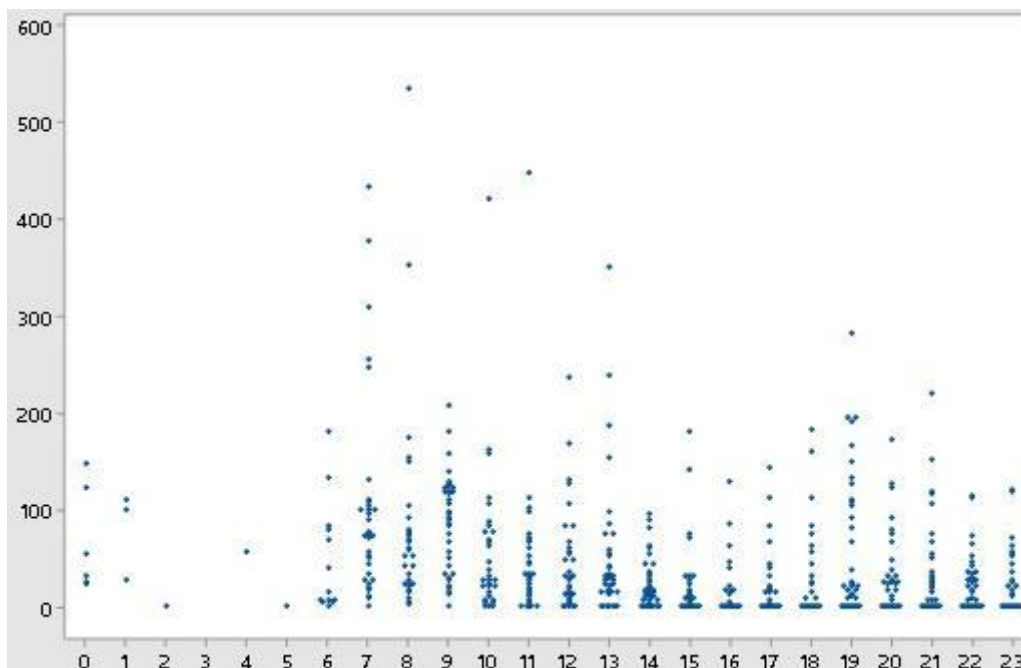
## 3.4.4 Análisis estadístico

### 3.4.4.1 Registro de datos iniciales

La tabulación de los registros tomados en los diferentes medidores se efectúa en cada muestra de las redes de distribución seleccionada, con el principal objetivo de determinar la variación de los consumos de agua potable en las diferentes horas del día y en los distintos días de la semana, a continuación, en la *Figura 11* se detalla con mayor precisión los consumos que tienen las viviendas durante el día.

**Figura 11**

*Tabulación de datos iniciales de las redes de distribución*



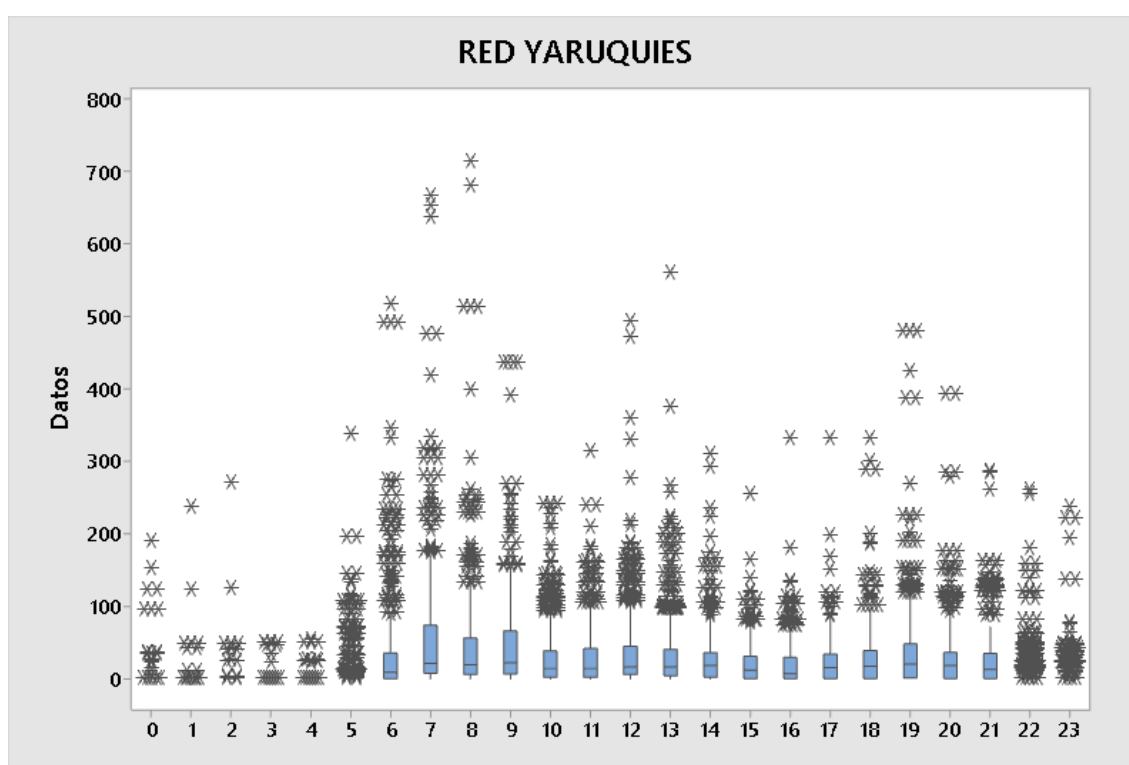
**Fuente:** (Avalos J. & Oleas G., 2023)

### 3.4.4.2 Validación de datos

Con el fin de eliminar los distintos datos atípicos hallados y para la tabulación de los datos iniciales, se parte del empleo de diagramas de cajas y bigotes, que permite hallar la dispersión estadística del rango intercuartil Q1 y Q3, además de la mediana como se muestra en la **Figura 12**, mientras que en el **Anexo 5** se muestran los gráficos de las demás redes de estudio.

**Figura 12**

*Validación de datos en las redes de estudio*



**Fuente:** (Avalos J. & Oleas G., 2023)

### 3.4.4.3 Modelación de la curva horaria

Con el fin de representar las curvas horarias de cada red de distribución se selecciona el cuartil Q3 como dato característico en cada hora.

Adicionalmente, usando la ecuación (4) se determina el caudal medio (Q medio), valor que representa el promedio de los consumos de agua potable en cada hora del día.

$$\text{Caudal medio} = Q_{\text{medio}} = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_{24}}{24} \quad (4)$$

Dónde: Q<sub>1,2,3, ...,24</sub>= consumo de agua en las horas del día

De acuerdo a Estrada (2019), donde manifiesta que es oportuno considerar para fugas de agua potable el 20% del caudal medio como valor para calcular el caudal de fondo, implementamos la ecuación (5).

$$\text{Caudal fondo} = Q_{\text{fondo}} = 20\% * Q_{\text{medio}} \quad (5)$$

#### **3.4.4.4 Coeficiente de modulación horario**

Según el *CPE INEN 5* (1992) el coeficiente de modulación horario permite analizar el funcionamiento del sistema de agua potable y se obtiene a partir del caudal horario y caudal medio como se expresa en la ecuación (6).

$$kh = \frac{Q_h}{Q_{med}} \quad (6)$$

## 4. CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Principales factores que influyen en el consumo de agua potable en Riobamba

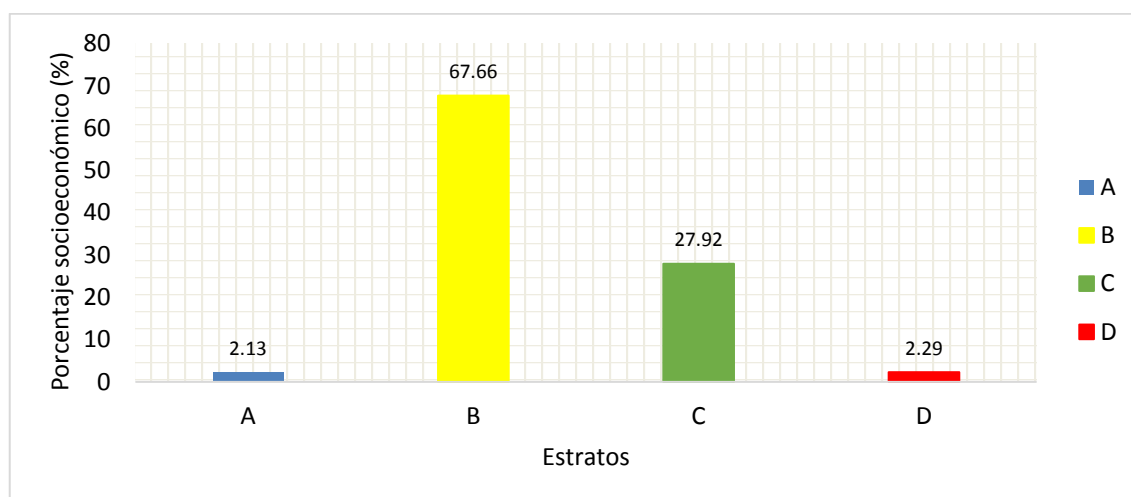
Dentro de este contexto es importante tomar en cuenta los diferentes factores que influyen en el consumo de agua potable que son:

#### 4.1.1 Estratificación socioeconómica

Según la metodología de Arellano et al. (2012) se muestra en la **Figura 13** los resultados obtenidos en la estratificación socioeconómica de las manzanas dentro de la urbe en las 5 redes de distribución.

**Figura 13**

*Estratificación socioeconómica de Riobamba*



**Fuente:** (Avalos J. & Oleas G., 2023)

En la **Tabla 5** se detalla que, dentro de la distribución de estratos en cada una de las redes, se obtiene el número total de muestras a ser recolectado.

**Tabla 5**

*Estratificación por redes de distribución*

Red	Estratificación				Medidores
	A	B	C	D	
Tratamiento	17	22	25	18	82
Tapi	30	36	25	0	91
Recreo	20	18	19	18	75
Carmen	47	45	48	1	141
Yaruquies	17	22	22	22	83
	<b>Total</b>				472

**Fuente:** (Avalos J. & Oleas G., 2023)



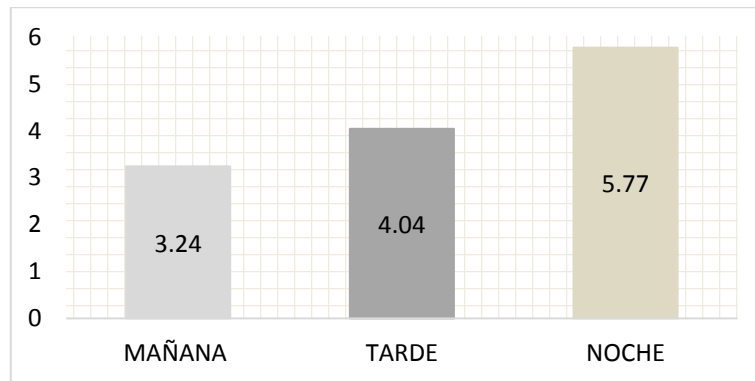
### 4.1.2 Número de usuarios

Es importante conocer el número de usuarios por vivienda que se encuentra en el transcurso del día (mañana, tarde, noche) ya que es un factor que afecta directamente al gasto de agua potable y su consumo por habitante es un valor muy representativo dentro del análisis y estudio.

El número de usuarios por vivienda se evidencia en la **Figura 14**, donde se detalla el promedio de usuarios por vivienda en las cinco redes de estudio durante el día, obteniendo así un valor promedio de 3.24 usuarios/vivienda en la mañana, 4.04 en la tarde y de 5.77 en la noche. Además, en la **Figura 15** se muestra detalladamente el promedio de usuarios en las redes Tratamiento, Tapi, Recreo, Carmen y Yaruquies en el transcurso del día.

**Figura 14**

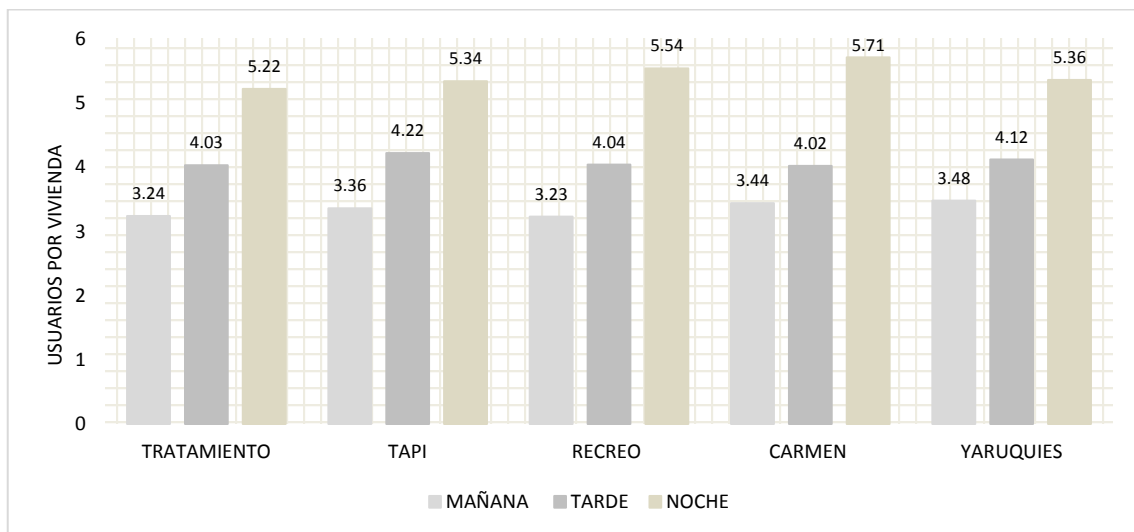
*Promedio población por vivienda*



**Fuente:** (Avalos J. & Oleas G., 2023)

**Figura 15**

*Promedio de usuarios por vivienda en cada red*



**Fuente:** (Avalos J. & Oleas G., 2023)

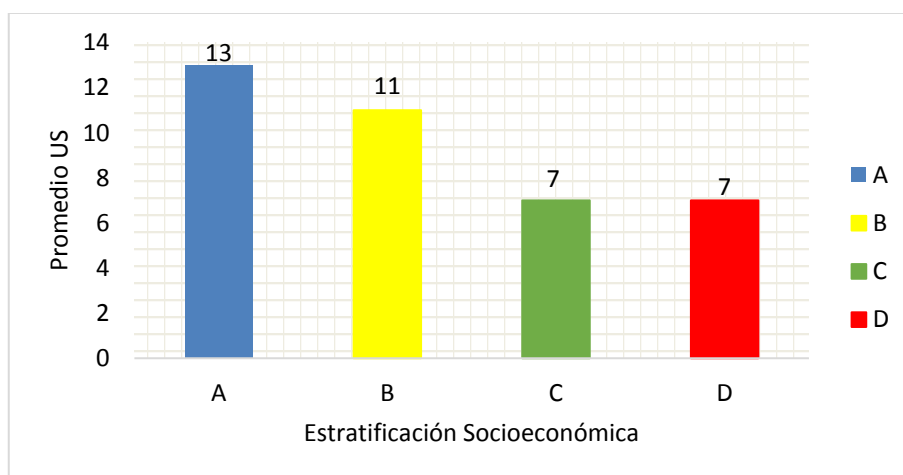
### 4.1.3 Unidades sanitarias

Otro de los factores imprescindibles para determinar el consumo de agua potable dentro de la urbe es la cantidad de unidades sanitarias (US) existentes en la vivienda.

Dentro de las encuestas realizadas a los usuarios se obtiene un número promedio de US existentes por cada estratificación socioeconómica, como se observa en la **Figura 16**. Es importante identificar que dentro de las US se puede encontrar inodoros, lavamanos, duchas, lavandinas, lavadoras y en pocos casos hidromasajes.

**Figura 16**

*Promedio de unidades sanitarias en cada estrato*



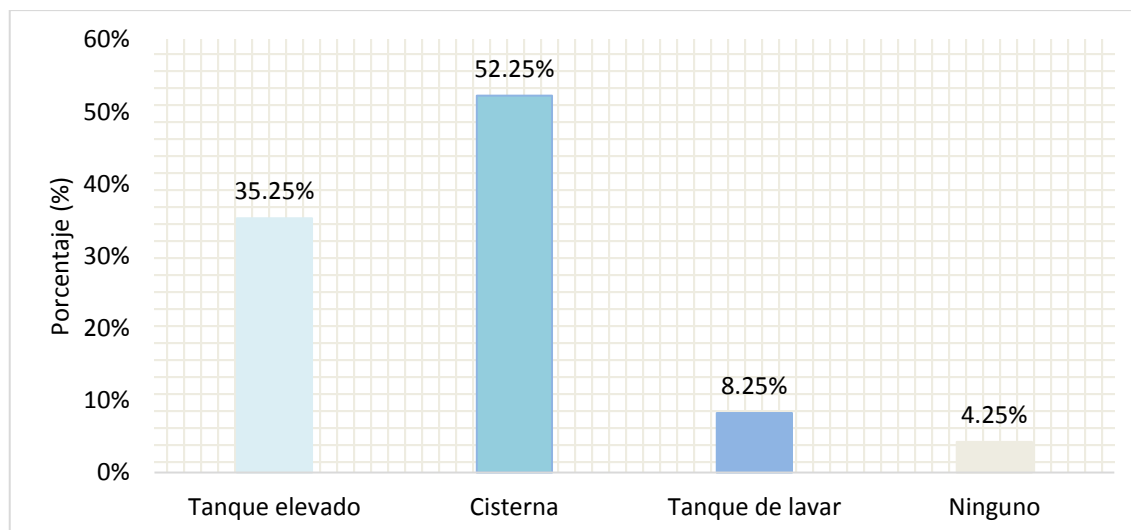
**Fuente:** (Avalos J. & Oleas G., 2023)

### 4.1.4 Unidades de almacenamiento

Debido a que el sistema de distribución de agua potable no es continuo en ciertas zonas urbanas de la ciudad, los usuarios optan por utilizar diversos tipos de unidades de almacenamiento, siendo los más comunes tanques elevados, cisternas o la combinación de los dos; existen casos donde se evidencia que hay estas unidades de almacenamiento, pero no se hace uso por la continua distribución de agua. Por otra parte, los resultados evidencian que muy pocos carecen de estos sistemas de almacenamiento para agua potable. El porcentaje de utilización de estas unidades se evidencia en la **Figura 17**.

**Figura 17**

*Unidades de almacenamiento de agua potable dentro de las 5 redes de distribución*



**Fuente:** (Avalos J. & Oleas G., 2023)

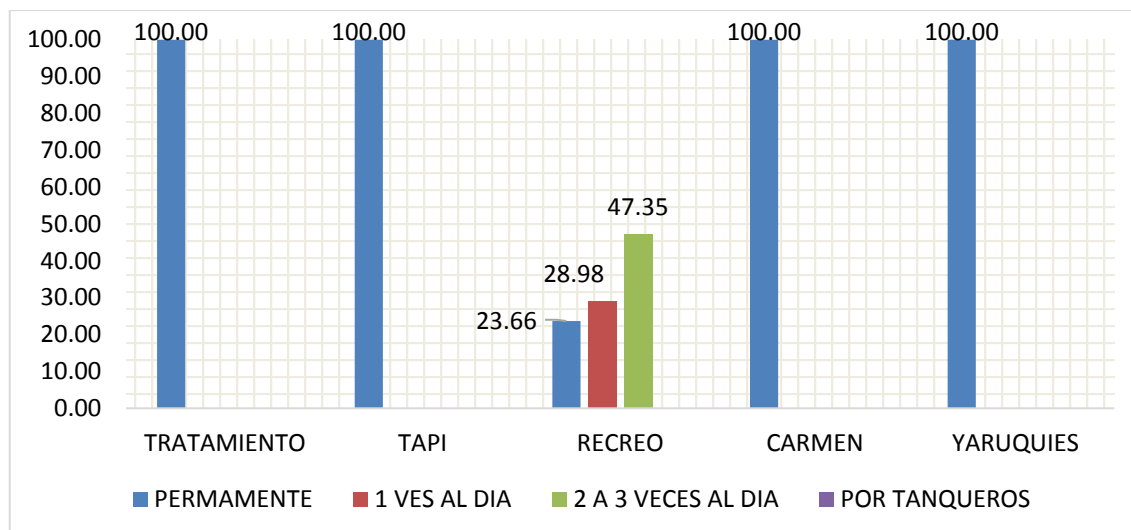
Es importante y muy evidente mencionar que en viviendas que poseen los distintos tipos de unidades de almacenamiento tendrán picos muy elevados en diferentes registros horarios del día, dependiendo del estrato, distribución, promedio de habitantes en el día y red de abastecimiento. No obstante, en viviendas sin unidades de almacenamiento el consumo será progresivo.

#### **4.1.5 Nivel de servicio**

En la **Figura 18** se observa que dentro de las redes de estudio en el cantón Riobamba, la dotación de agua potable se lo realiza de cuatro maneras: permanente, una vez al día, 2 a 3 veces al día y por tanqueros.

**Figura 18**

*Dotación del servicio de agua potable dentro de las redes de estudio*

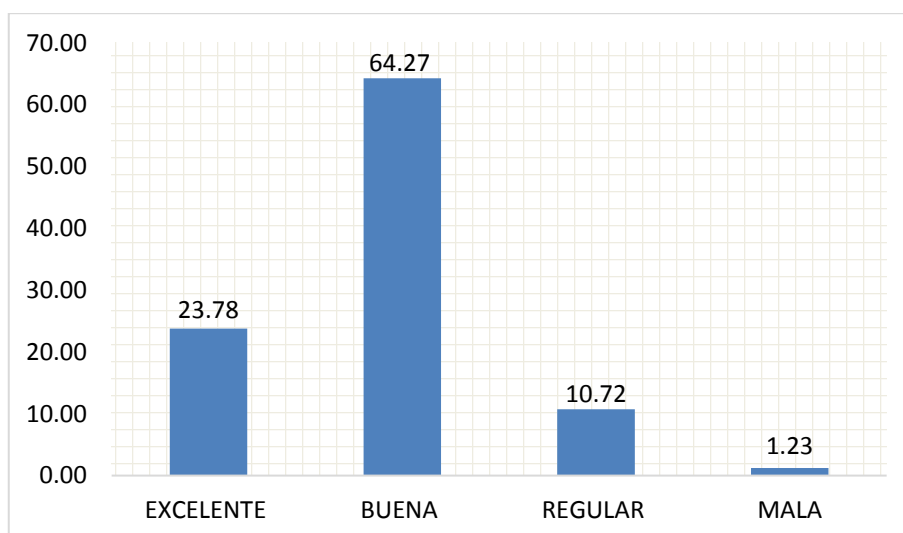


**Fuente:** (Avalos J. & Oleas G., 2023)

Por otra parte, la calidad de agua es también un factor relevante en el consumo de agua potable, por ello como se visualiza en la **Figura 19** se representa los porcentajes obtenidos en las encuestas realizadas.

**Figura 19**

*Calidad del agua potable en las redes de estudio*



**Fuente:** (Avalos J. & Oleas G., 2023)

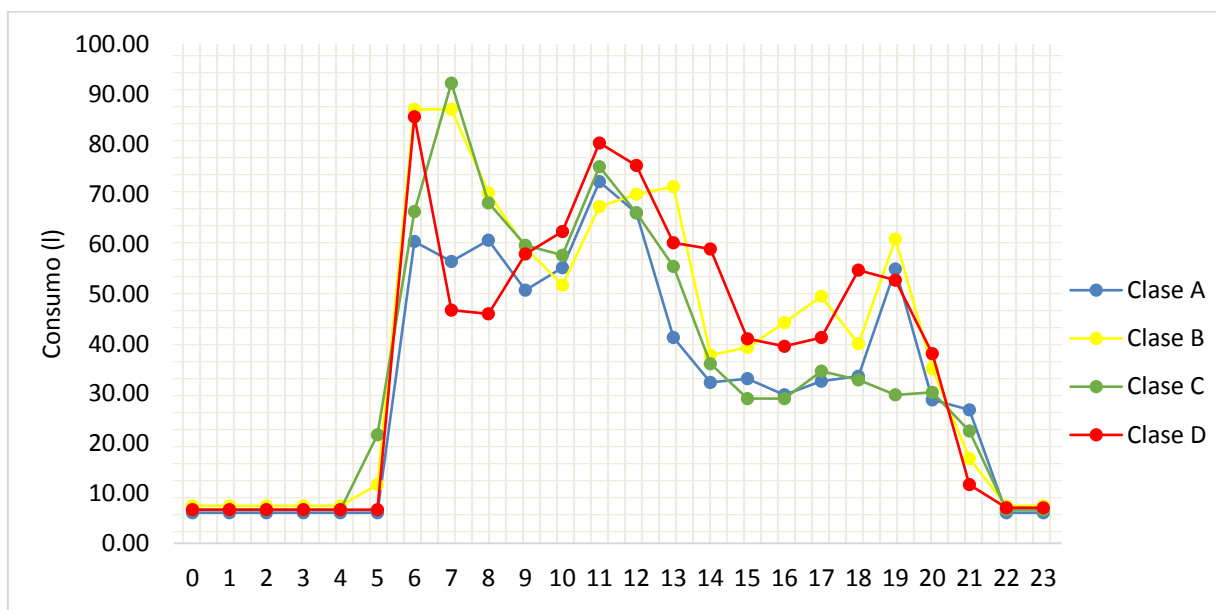
## 4.2 Curvas de consumo horario residencial por estratificación

### 4.2.1 Curva de consumo de la Red Tratamiento

Durante la medición de los 7 días en la red, se obtuvo que en la clase A el consumo más alto generado es de 72.50 l/h, en la clase B es de 87.00 l/h, en la clase C es de 92.25 l/h y en la clase D es de 85.50 l/h como se evidencia en la **Figura 20**; también se evidencia que en la mayor parte de usuarios el consumo se da en horas de la mañana y noche, ya que al medio día por lo general su consumo solo es por alimentación, caso contrario en los otros horarios se enfocan más en aseo personal de cada miembro del hogar. Otro rasgo notable es que el consumo de agua en la red Tratamiento de lunes a viernes se da desde las 5:00H y termina alrededor de las 21:00H a 22:00H mientras que el consumo de sábado y domingo es variado.

**Figura 20**

*Consumo horario residencial por estratos - Red Tratamiento*



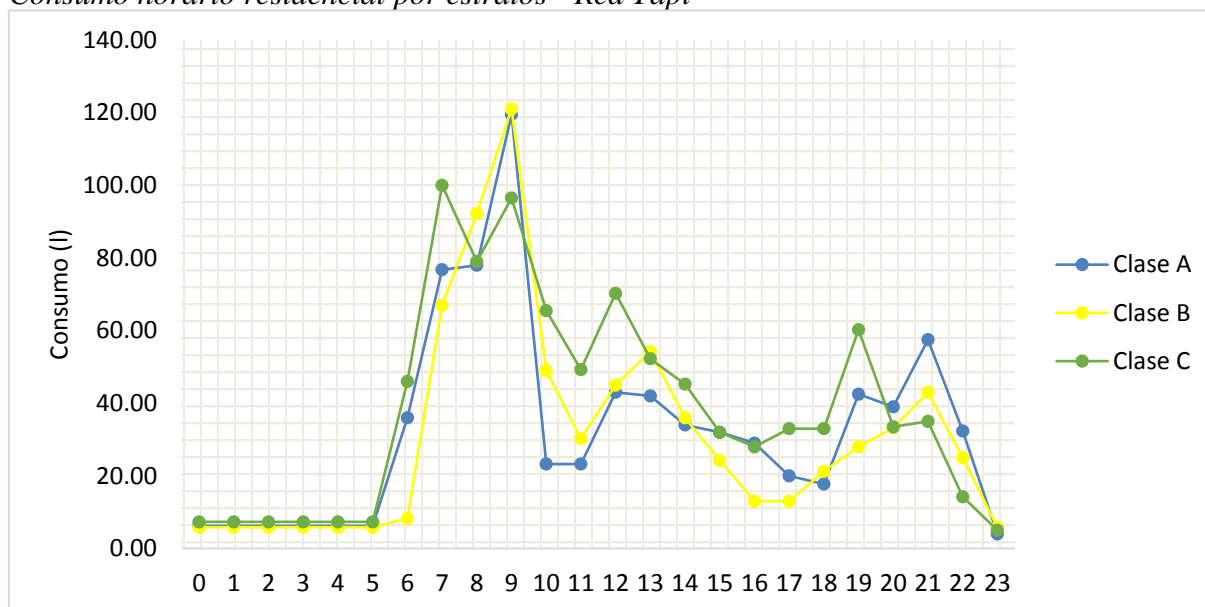
**Fuente:** (Avalos J. & Oleas G., 2023)

### 4.2.2 Curva de consumo de la Red Tapi

De acuerdo a los datos recolectados en los 7 días en la clase A se evidencia que su consumo más alto es de 119.50 l/h, seguido de la clase B con un caudal de 121.00 l/h y finalmente la clase C con una demanda de 100.00 l/h así como se muestra en la **Figura 21**. Es importante recalcar que su mayor demanda de consumo es durante la mañana mientras que el resto del día se mantiene un consumo moderado con picos no tan representativos debido al estilo de vida del sector. Como se puede observar a continuación es que la demanda de agua en la red Tapi inicia desde las 5:00H y concluye aproximadamente a las 21:00H o 23:00H.

**Figura 21**

*Consumo horario residencial por estratos - Red Tapi*



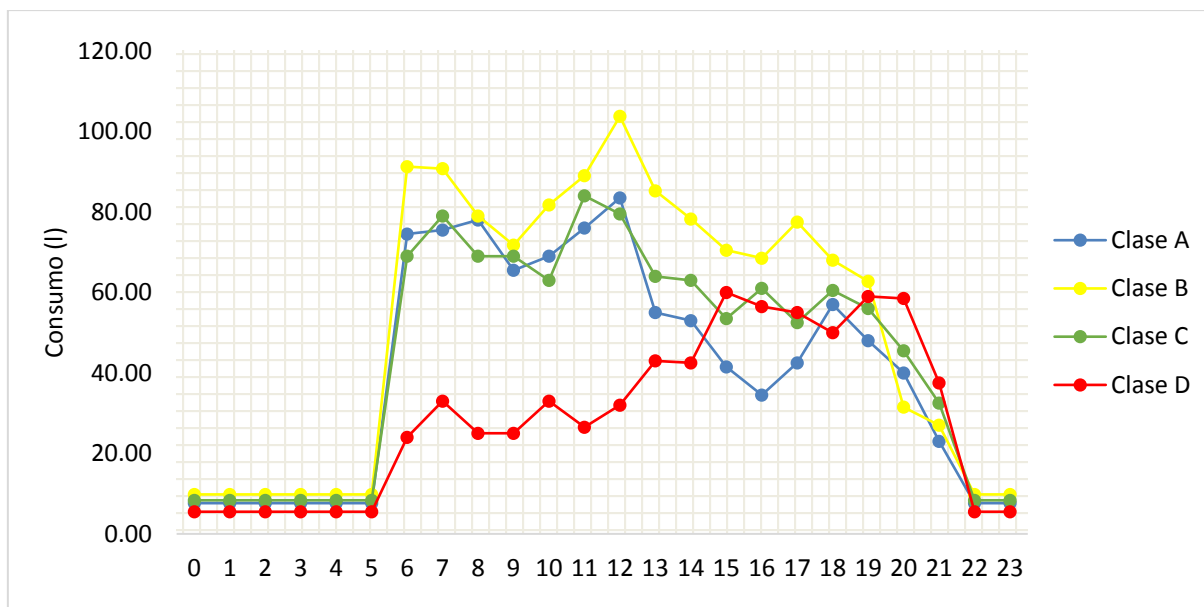
**Fuente:** (Avalos J. & Oleas G., 2023)

#### 4.2.3 Curva de consumo de la Red Recreo

Durante el tiempo de medición se representa los consumos generados obteniendo los caudales más representativos por cada clase como se evidencia en la **Figura 22** siendo en el A un caudal de 78.00 l/h, B una demanda de 103.75 l/h, C de 84.00 l/h y en la clase D un gasto de 60.00 l/h. También se puede visualizar que el consumo de agua tiene un punto de partida que inicia a las 5:00H con un caudal alto, su demanda de agua potable es prolongado y sin variaciones notorias durante el día en las clases A, B y C respecto a la D, finalmente su consumo va decayendo a partir de las 23:00H a 00:00H, sin embargo, lo mencionado anteriormente se presenta con mayor precisión de lunes a viernes mientras que el consumo de sábado y domingo es variado.

**Figura 22**

*Consumo horario residencial por estratos - Red Recreo*



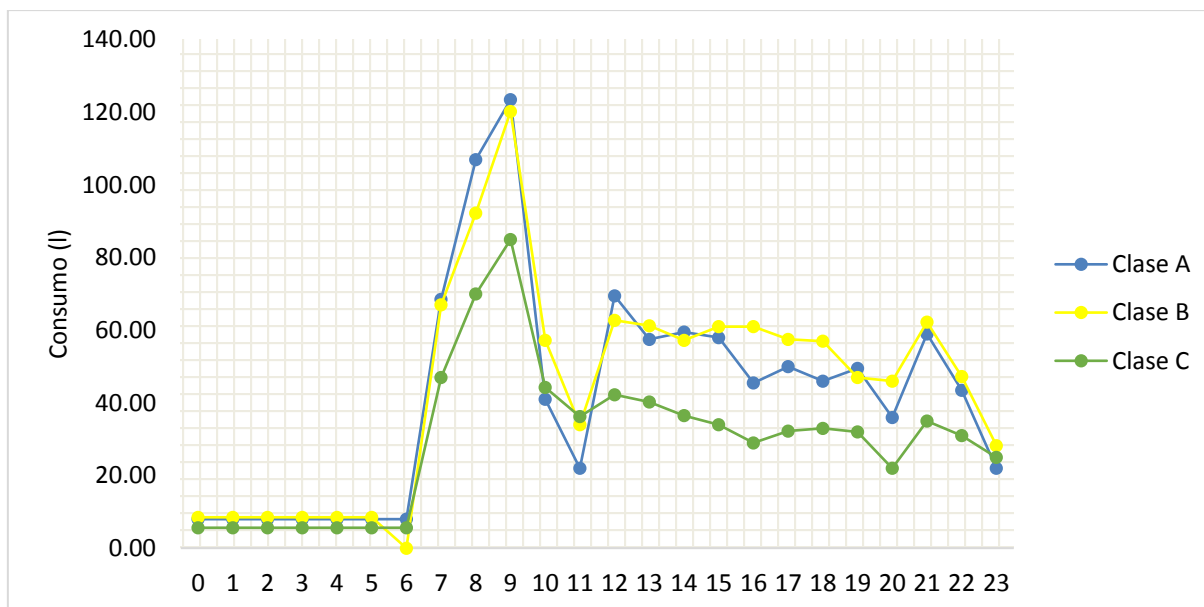
**Fuente:** (Avalos J. & Oleas G., 2023)

#### 4.2.4 Curva de consumo de la Red Carmen

En la **Figura 23** la recolección de datos muestra los niveles de consumos más altos durante el día, en la clase A un gasto de 123.50 l/h, clase B de 120.25 l/h y la clase C de 85.00 l/h; es de vital importancia mencionar que los sectores, barrios, ciudadelas y cooperativas pertenecientes a esta red de distribución se encuentran aledaños a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH) lo que genera otro estilo de vida a la zona registrando un mayor consumo en horas de la mañana y durante el resto del día es moderado y constante a excepción de la clase C donde se evidencia varios picos de consumo durante el día. También se refleja que a las 6:00H empieza el consumo de agua dentro de la red y concluye alrededor de las 21:00H a 23:00H.

**Figura 23**

*Consumo horario residencial por estratos - Red Carmen*



**Fuente:** (Avalos J. & Oleas G., 2023)

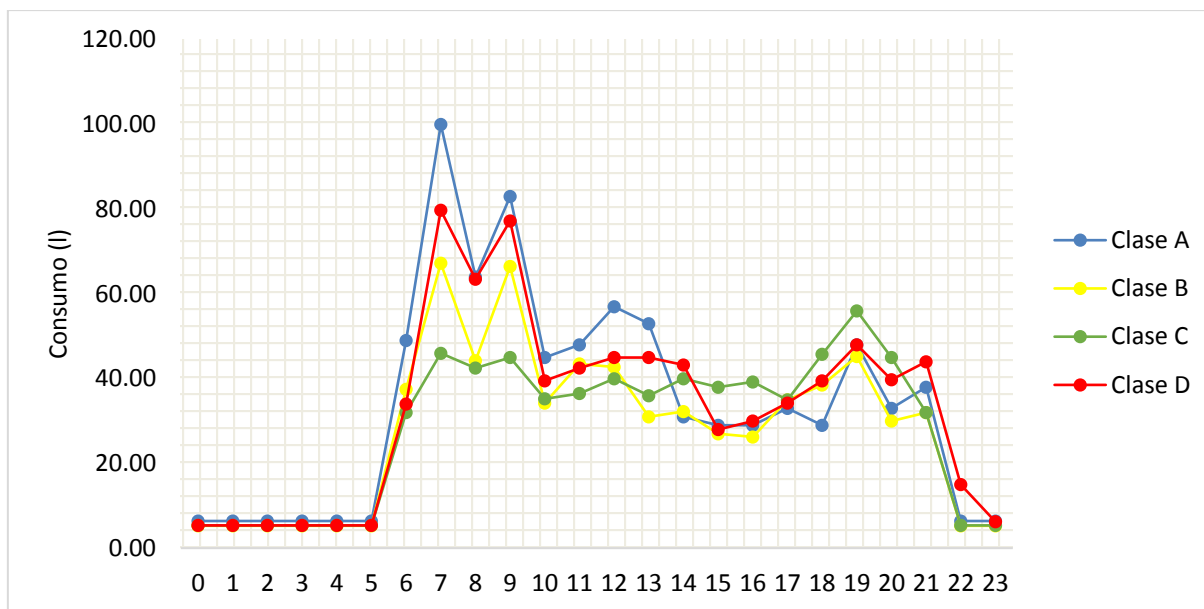
#### 4.2.5 Curva de consumo de la Red Yaruquies

Dentro de la **Figura 24** se reflejan los datos en la curva de consumo y se puede mencionar que dentro de las clases A, B, C y D se ubican todos los caudales más significativos del día, siendo de 100.00 l/h, 67.25 l/h, 56.00 l/h y 79.75 l/h respectivamente; en general podemos decir que no existen grandes alteraciones en los diferentes estratos ya que sus gráficas son similares respecto a su forma más no al valor de su consumo. Una característica notable es que el consumo de agua en la red Yaruquies tiene su comienzo a las 5:00H, evidenciando su mayor consumo durante la mañana y finalizando aproximadamente alrededor de las 21:00H a 22:00H.



**Figura 24**

*Consumo horario residencial por estratos - Red Yaruquíes*



**Fuente:** (Avalos J. & Oleas G., 2023)

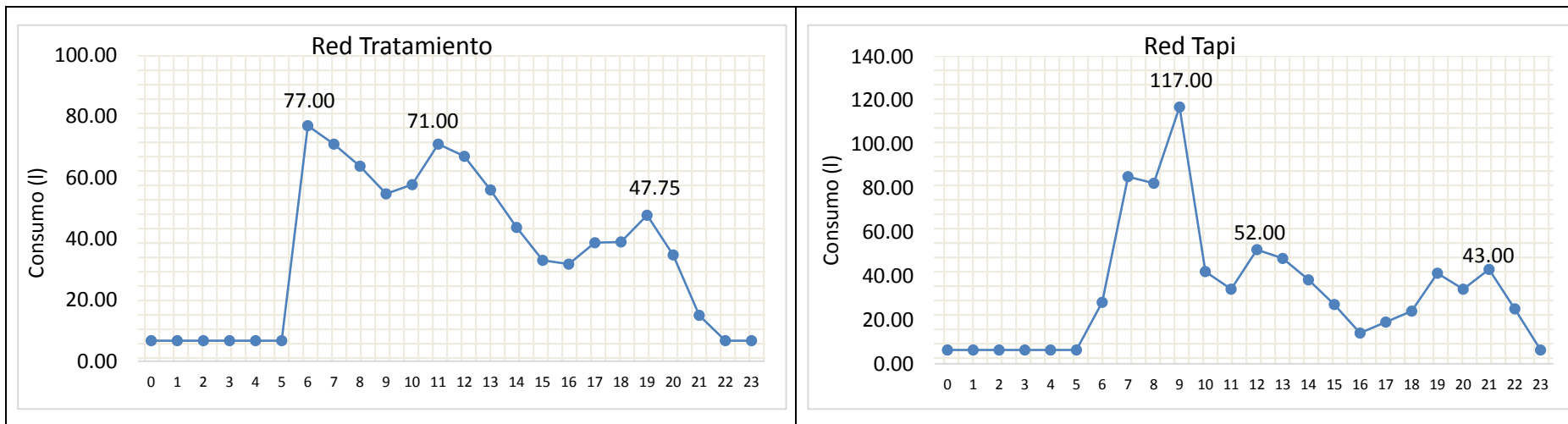
### 4.3 Curvas de consumo horario residencial por redes de distribución

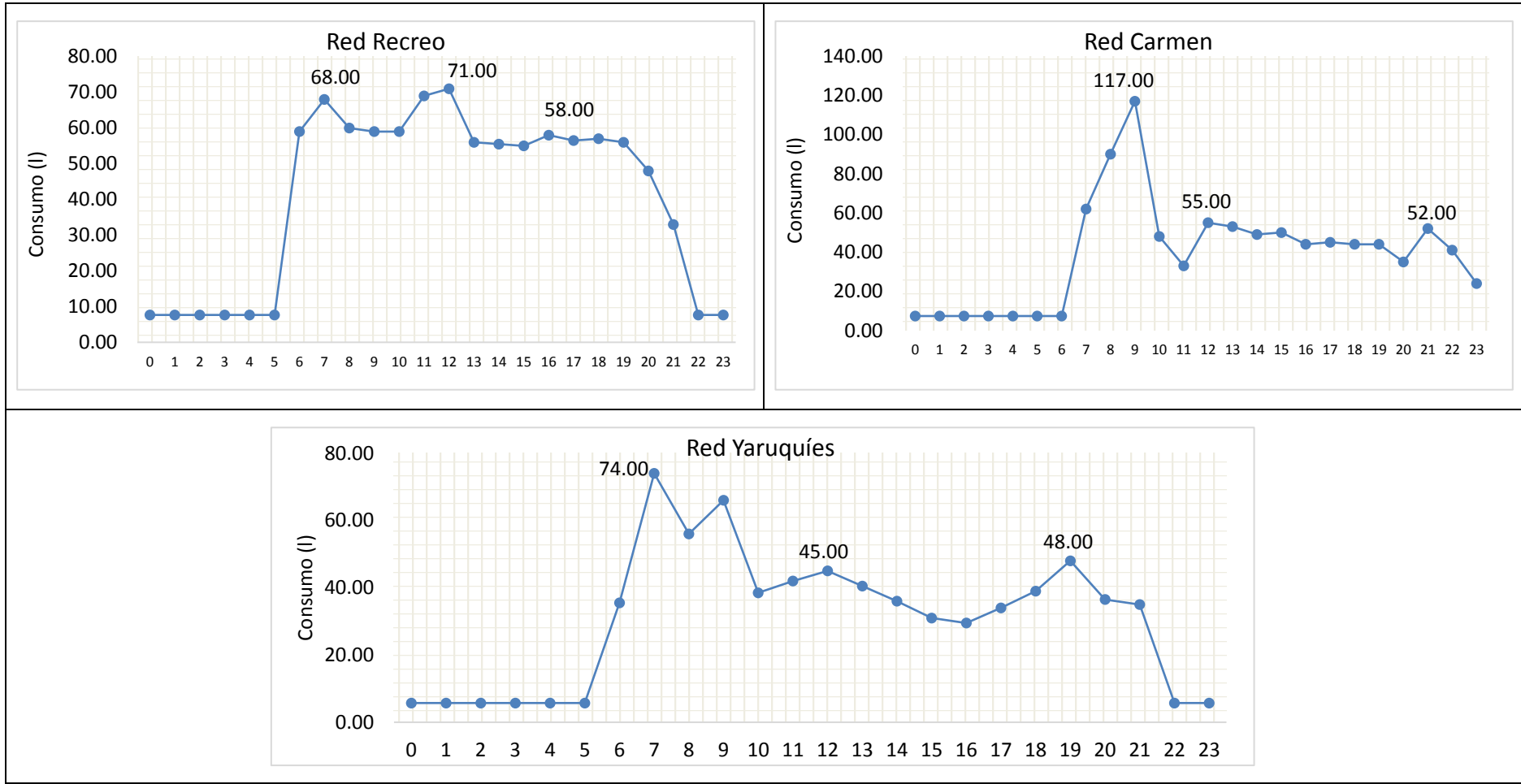
#### 4.3.1 Curva horaria residencial de la Red Tratamiento

En la **Figura 25** se puede observar los patrones de consumo en base a la recolección de datos de las cinco redes de distribución. Al realizar el estudio del consumo de los caudales horarios, en la **Tabla 6** se resalta los siguientes resultados de Qmax en el transcurso del día.

**Figura 25**

*Curva horaria residencial de la Red Tratamiento*





Fuente: (Avalos J. & Oleas G., 2023)

**Tabla 6**

*Caudal máximo (Qmax) en horas de mayor consumo*

	Mañana		Mediodía		Noche	
	Hora	Qmax (l/h)	Hora	Qmax (l/h)	Hora	Qmax (l/h)
<b>Red 1 – Tratamiento</b>	6:00H	77	11:00H	71	19:00H	47.75
<b>Red 2 – Tapi</b>	9:00H	117	12:00H	52	21:00H	43
<b>Red 3 – Recreo</b>	7:00H	68	12:00H	71	16:00H	58
<b>Red 4 – Carmen</b>	9:00H	117	12:00H	55	21:00H	52
<b>Red 5 – Yaruquíes</b>	7:00H	74	12:00H	45	19:00H	48

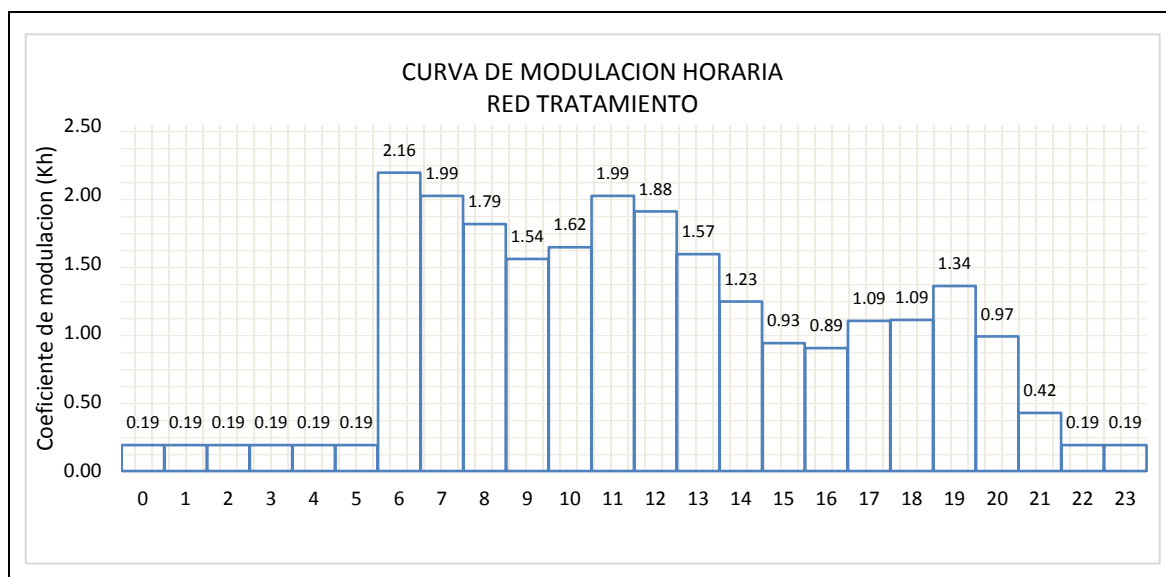
**Fuente:** (Avalos J. & Oleas G., 2023)

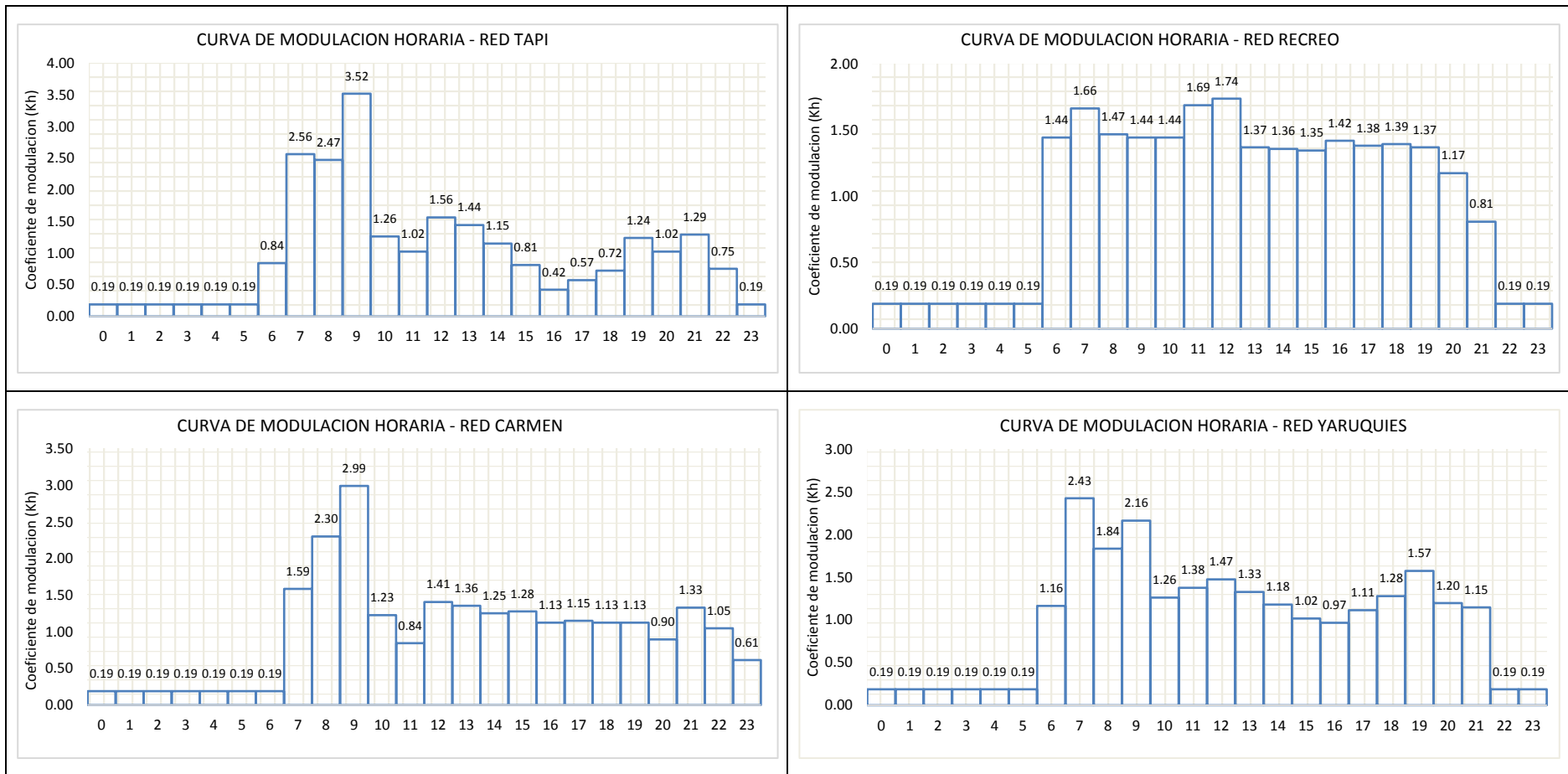
#### 4.4 Coeficientes de modulación horario por cada red

Con los valores obtenidos se evidencia que en la **Figura 26** están hallados los coeficientes de modulación horaria residencial de cada red de estudio. Y por otra parte en el **Anexo 6** se puede evidenciar los máximos coeficientes de modulación de acuerdo a los patrones de consumo encontrados en cada red.

**Figura 26**

*Coeficientes de modulación horaria por cada red*





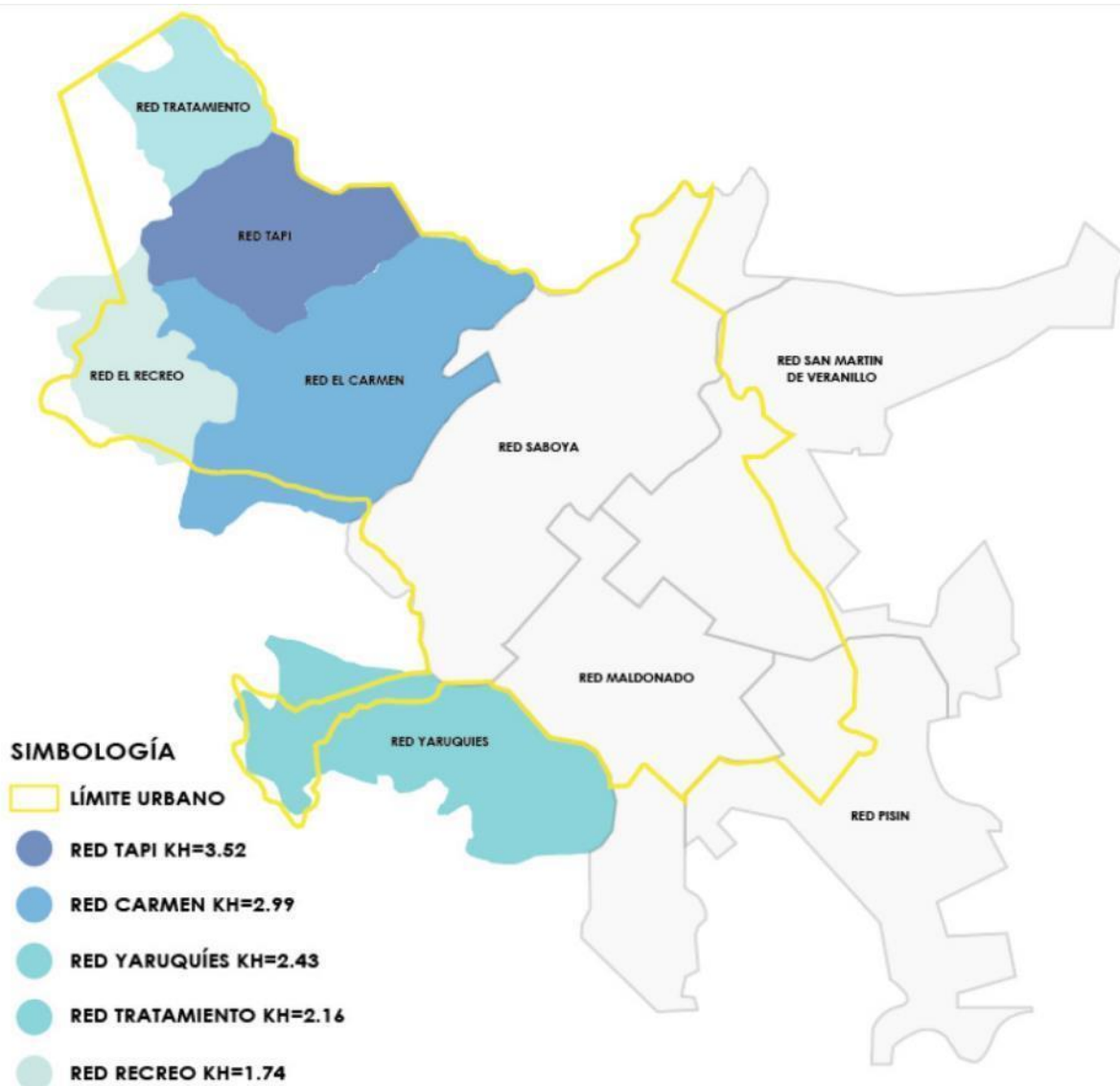
Fuente: (Avalos J. & Oleas G., 2023)

#### 4.5 Coeficiente de modulación horaria en las 5 redes de distribución

Como se visualiza en la **Figura 27** se establece en orden jerárquico los diferentes coeficientes de modulación horario máximo (kh max) para las cinco redes de distribución: en la red Tapi un kh max=3.52, luego para la red Carmen kh max=2.99, continuando con la red Yaruquíes kh max=2.43, después la red Tratamiento con un kh max=2.16 y por último en la red Recreo presenta un kh max=1.74. Por otra parte, se puede observar en la **Figura 28** que se muestran los diferentes coeficientes de modulación horario máximo (kh max) para las cinco redes de distribución y para cada hora del día.

**Figura 27**

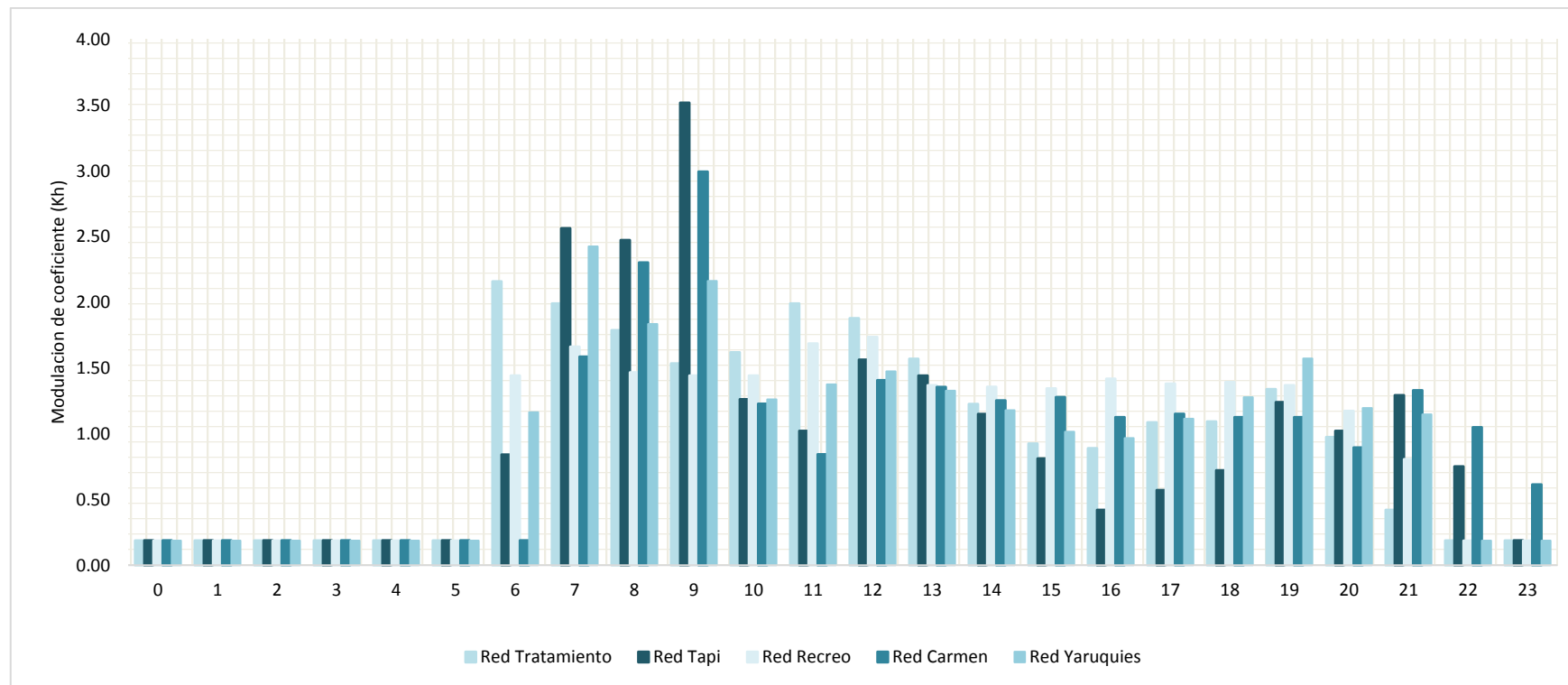
*Representación de los coeficientes de modulación horario en las 5 redes de distribución*



**Fuente:** (Avalos J. & Oleas G., 2023)

**Figura 28**

*Coefficiente de modulación horario en las redes de estudio*



**Fuente:** (Avalos J. & Oleas G., 2023)

#### 4.6 Discusión de resultados

Haciendo relación con el estudio de Colta y Penipe, de acuerdo a Calderón & Tello (2022) las estratificaciones socioeconómicas predominantes son el estrato C y B respectivamente, caso similar sucede en las redes analizadas en este estudio que en su mayoría predomina la estratificación B seguido del nivel C y A; cabe destacar que en la red Tratamiento presenta en su mayoría una estratificación socioeconómica tipo C debido a que se encuentra en una zona limítrofe de la ciudad, por consecuente se analizó la muestra en cada red debido a que no todas presentan los cuatro tipos de estratificación.

Al contrastar con ciudades pequeñas enfocadas principalmente en el turismo, comercio, agricultura y ganadería como es el caso de Baños y Pelileo, se refleja que el consumo horario de agua potable en algunas zonas residenciales de la urbe es mayor, debido al tamaño de la ciudad y que la distribución de agua potable es continua durante las 24 horas del día (Macas & Rodas, 2023), lo contrario ocurre en Riobamba por ser una ciudad grande y destinada a otros fines, otro factor influyente es que solo el 58,92% de la ciudad posee una distribución continua durante las 24 horas (GAD MUNICIPAL DEL CANTÓN RIOBAMBA, 2020); esto se vio reflejado en las gráficas, a través de los picos de consumo.

Como lo menciona Achache & Gómez (2022) es importante tomar en cuenta que las fugas de agua potable dentro de los sistema de distribución se hacen presentes ya sea antes y/o después del ingreso a la acometida, y no siempre son notorias, ya que suelen existir debajo de la superficie y ser visibilizadas cuando la fuga es mayor, por ello en nuestras mediciones se pudo evidenciar que en varias viviendas al estar ausentes los usuarios, el consumo de agua potable se iba registrando en mínima parte, de igual forma en horas de la madrugada donde las personas normalmente descansan se registró consumos de forma paulatina y así se logró confirmar que cada sistema de distribución suele tener fugas de agua potable intradomiciliarias, que en este estudio viene a ser parte del agua contabilizada. Por otro lado, la conectividad de tuberías en el sistema de conducción de agua potable hace referencia a la interconexión entre las redes, puesto que no se sabe con exactitud a que red pertenecen las acometidas, esto también podría conllevar a un pequeño sesgo o a la inexactitud en la toma de datos, pero solo ocurriría en las viviendas que estén ubicadas en las delimitaciones de las redes, es el caso cuando en las zonas limítrofes de las redes se realizó la previa selección de las acometidas, evidenciando que en el mapa de cobertura y el catastro de EP EMAPAR se registraban distintos registros.

Según los resultados de Llamuca & Vallejo (2023) donde indican que el coeficiente de variación horario máximo excede al valor del *CPE INEN 5* (1992), obteniendo para Guano 2.93, se hace relación con Riobamba donde se presenta casos similares en las redes de Tapi, Carmen y Yaruquíes que sobrepasan con 3.52, 2.99 y 2.43 respectivamente, esto no quiere decir que las redes de distribución no cubran la demanda de agua potable generada por la población sino que existen rangos altos de consumo durante el día.



## 5. CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

- De acuerdo al análisis del consumo horario de agua potable residencial en las redes de distribución Tratamiento, Tapi, Recreo, Carmen y Yaruquíes de la ciudad de Riobamba se evidenciaron patrones de consumo generados que afectan directamente al comportamiento en relación a los niveles socioeconómicos, número de usuarios por vivienda, unidades sanitarias, unidades de almacenamiento y dotación del servicio. En función de estos parámetros la red Carmen es la que mayor demanda y consumo de agua requiere, siguiendo de Tapi, luego Tratamiento, después Recreo y finalmente Yaruquíes.
- Conforme a los resultados obtenidos en las curvas de consumo horario en las viviendas residenciales dentro de las redes de estudio, se evidenció que las horas de mayor demanda durante el día son por la mañana de 6:00H a 9:00H, durante el medio día varía entre las 11:00H y 14:00H, por último, en la noche empieza a elevarse el consumo a partir de las 18:00H a 21:00H.
- Las curvas de consumo horario de agua potable reflejan las horas pico de consumo y su horario máximo que se relacionan con las actividades laborables y domésticas que los usuarios realizan diariamente, según el estudio realizado y al hacer las comparaciones se obtuvo que: El consumo máximo en el día se encuentra en la red Carmen con un caudal de 117 l/h a las 9:00H. El consumo mínimo máximo en el transcurso del día es en la red Tapi a las 21:00H teniendo un consumo de 43 l/h.
- Tras el análisis de las curvas de consumo horario, se generaron las curvas de modulación horaria (kh) para cada una de las redes de distribución, con la cual identificamos que en las horas de alto consumo se produce un desabastecimiento parcial, mientras que en el resto del día la red no presenta mayor demanda, por ello se generó que los kh max para cada red son: red Tratamiento=2.16, red Tapi=3.52, red Recreo=1.74, red Carmen=2.99 y red Yaruquíes=2.43

### 5.2 Recomendaciones

- Se recomienda utilizar el presente estudio para el mejoramiento del sistema de distribución de la ciudad o ciudades similares tanto en población como demografía con el fin de realizar análisis comparativos con los resultados obtenidos en el desarrollo del documento.
- Recomendamos usar el presente proyecto de investigación como referencia para futuros diseños y ampliaciones en las redes de distribución enfocándose en las curvas de modulación horaria (kh).
- Para realizar este tipo de estudios se recomienda tener el material y equipo personal suficiente con el fin de que los futuros proyectos sean amplio, ágil y rápido.

- Sugerimos que la empresa que administra, regula y abastece de agua a la ciudad implemente mantenimientos periódicos en sus medidores y sistemas de distribución, ya que mientras se elaboró el documento, específicamente en la etapa de obtención de datos en campo se pudo observar que varios medidores de agua potable tienen un pésimo estado presentando fugas, carencia de calibradores o válvulas check y en su gran mayoría se encuentran sin sus tapas de seguridad.
- Se recomienda usar el presente estudio para recopilación bibliográfica en la continuidad de estudio para las demás redes y considerando el tipo de consumo en la ciudad de Riobamba.

## BIBLIOGRAFÍA

- Achache, N., & Gómez, S. (2022). *Incidencia de fugas en la red de abastecimiento de agua potable del cantón Riobamba*. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/10205>
- Arellano, A., Bayas, A., Meneses, A., & Castillo, T. (2018). Los consumos y las dotaciones de agua potable en poblaciones ecuatorianas con menos de 150000 habitantes. *NOVASinergia*.  
<https://novasinergia.unach.edu.ec/index.php/novasinergia/article/view/22/4>
- Arellano, A., González, J., & Gavilanes, A. (2012). *MÉTODO DE CARACTERIZACIÓN URBANÍSTICA Y SOCIOECONÓMICA PARA POBLACIONES MENORES QUE 150.000 HABITANTES*.  
[https://www.researchgate.net/publication/343267087\\_METODO\\_DE\\_CARACTERIZACION\\_URBANISTICA\\_Y\\_SOCIOECONOMICA\\_PARA\\_POBLACIONES\\_MENORES\\_QUE\\_150000\\_HABITANTES\\_AUTORES](https://www.researchgate.net/publication/343267087_METODO_DE_CARACTERIZACION_URBANISTICA_Y_SOCIOECONOMICA_PARA_POBLACIONES_MENORES_QUE_150000_HABITANTES_AUTORES)
- Arellano, A., & Peña, D. (2020). Modelos de regresión lineal para predecir el consumo de agua potable. *Revista Digital Novasinergia*, 3(1), 27–36.  
<https://doi.org/10.37135/NS.01.05.03>
- Bernabé-Crespo, M. B., Gil-Meseguer, E., & Gómez-Espín, J. M. (2022). EL CONSUMO DE AGUA POTABLE EN LOS MUNICIPIOS TURÍSTICOS DEL LITORAL DE LA REGIÓN DE MURCIA. *Cuadernos de Turismo*, 49(49), 289–313.  
<https://doi.org/10.6018/TURISMO.521921>
- Calderón, E., & Tello, M. (2022). *ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE CONSUMO HORARIO RESIDENCIAL DE AGUA POTABLE EN LOS CANTONES COLTA Y PENIPE*. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/9690>
- Carrillo, A., & Quintero, H. (2013). *INDICADORES DE CANTIDAD Y CALIDAD DEL AGUA CONSUMIDA EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA*. Universidad Nacional de Chimborazo.
- CPE INEN 5, (1992) (testimony of NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A 1000 HABITANTES).  
[https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/cpe\\_inen\\_5-parte9-1.pdf](https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/cpe_inen_5-parte9-1.pdf)
- EP EMAPAR. (2020). *ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA, LEGAL Y FINANCIERA QUE SIRVA DE SUSTENTO PARA INICIAR EL PROCESO DE UN CONCURSO PÚBLICO PARA IDENTIFICAR Y SELECCIONAR UN ALIADO PRIVADO PARA CONFORMAR UNA ALIANZA ESTRATÉGICA CON LA EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DEL CANTÓN RIOBAMBA, EP-EMAPAR, QUE PERMITA AL ALIADO FINANCIAR LA CONSTRUCCIÓN, EQUIPAMIENTO Y ASESORÍA PARA MEJORAR DE MANERA SOSTENIBLE LA PRESTACION DE LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUAL...*

<https://www.epemapar.gob.ec/at.pdf>

Estrada, H. (2019). DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA PARROQUIA EL ROSARIO, DEL CANTÓN GUANO, PROVINCIA DE CHIMBORAZO (ECUADOR). In *Universitat Politècnica de Valencia*. [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/120454/DISEÑO DEL%0ASISTEMA DE AGUA POTABLE.pdf?sequence=1%0A](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/120454/DISEÑO_DEL%0ASISTEMA_DE_AGUA_POTABLE.pdf?sequence=1%0A)

GAD MUNICIPAL DEL CANTÓN RIOBAMBA. (2020). *PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL*. <https://experience.arcgis.com/experience/b023006af3334d16ba9cff9d746af31d/page/Ordenamiento-Territorial/?draft=true&org=gadmriobamba&views=View-1>

Hinojoza, L., & Saltos, A. (2020). *COMPARACIÓN ENTRE LOS CONSUMOS DE AGUA POTABLE DURANTE LA CUARENTENA DEL 2020 Y LOS REGISTROS HISTÓRICOS EN CHIMBORAZO Y BOLÍVAR*. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/7331>

Huaquisto, S., & Chambilla, I. (2019). ANÁLISIS DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE EN EL CENTRO POBLADO DE SALCEDO, PUNO. *Revista Investigación & Desarrollo*, 19(1), 133–144. <https://doi.org/10.23881/IDUPBO.019.1-9I>

Izurieta, C., Arellano, A., & Muñoz, G. (2022, January 20). *La Demografía y el Consumo de Agua Potable en los Estratos Socio Economicos Urbanos*. <https://www.fipcaec.com/index.php/fipcaec/article/view/552/976>

Llamuca, M., & Vallejo, J. (2023). *ANÁLISIS DEL CONSUMO HORARIO RESIDENCIAL DE AGUA POTABLE DEL CANTÓN GUANO*. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/10524>

Macas, J., & Rodas, C. (2023). *ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE CONSUMO HORARIO RESIDENCIAL DE AGUA POTABLE EN LOS CANTONES BAÑOS Y PELILEO*. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/3546>

Mancheno, N. (2010). *ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA Y AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA [ESPE]*. <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/1685/2/T-ESPE-027486.pdf>

Naciones Unidas. (2005). *Agua | Naciones Unidas*. Desafíos Globales Agua. <https://www.un.org/es/global-issues/water>

ONU. (2016). *AGUA LIMPIA Y SANEAMIENTO*. <http://www.un.org/>

Toapanta, J., & Castro, A. (2022). *UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL DEBIDO A LA PANDEMIA COVID-19*".

## ANEXOS

### Anexo 1

*Señalización y clasificación de medidores de acuerdo a su estratificación*



**Fuente:** (Avalos J. & Oleas G., 2023)

## Anexo 2

*Formato para medición y registro horario del consumo de agua potable en las 5 redes de estudio*

REGISTRO "CONSUMO HORARIO RESIDENCIAL DE AGUA POTABLE CANTÓN RIOBAMBA" RED - TAPI" CLASE A														
DIRECCIÓN											# MEDIDOR			
HORA	LUNES		MARTES		MIÉRCOLES		JUEVES		VIERNES		SÁBADO		DOMINGO	
	m3	lt	m3	lt	m3	lt	m3	lt	m3	lt	m3	lt	m3	lt
6:00														
7:00														
8:00														
9:00														
10:00														
11:00														
12:00														
13:00														
14:00														
15:00														
16:00														
17:00														
18:00														
19:00														
20:00														
21:00														
22:00														
23:00														
0:00														
1:00														
2:00														
3:00														
4:00														
5:00														

**Fuente:** (Avalos J. & Oleas G., 2023)

### Anexo 3

#### *Recolección de datos en campo (Lectura en medidores de agua potable)*



**Fuente:** (Avalos J. & Oleas G., 2023)



## Anexo 4

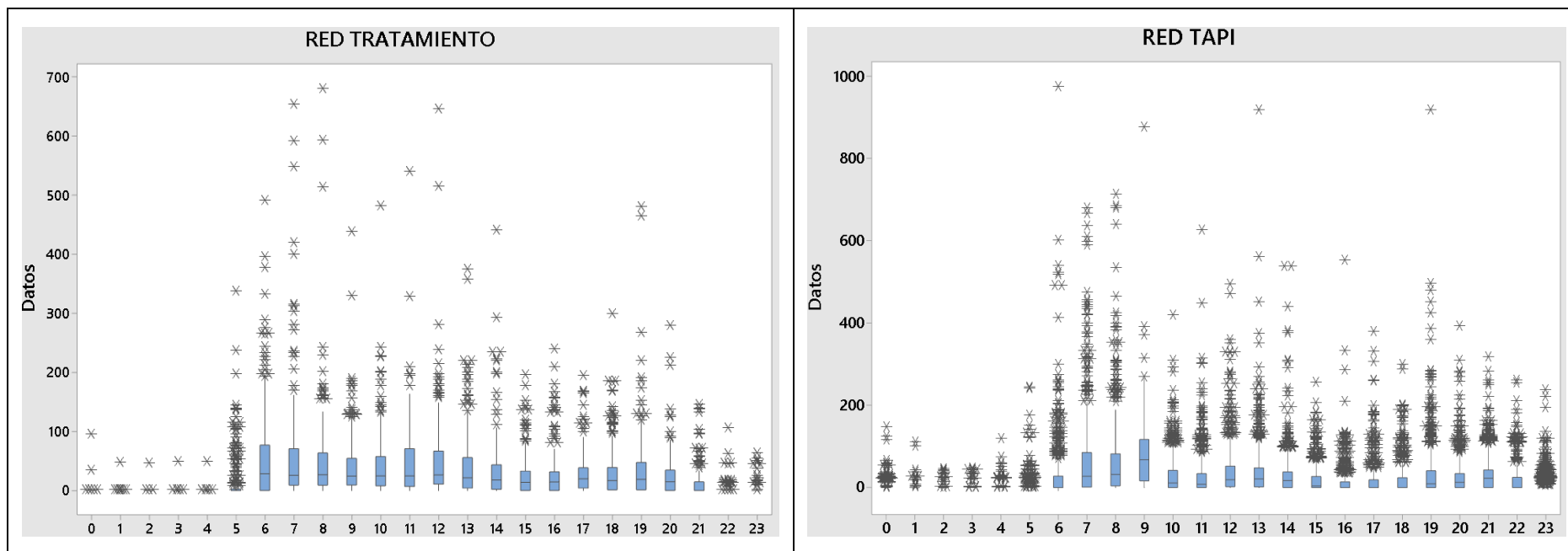
### Procesamiento de datos en software Excel

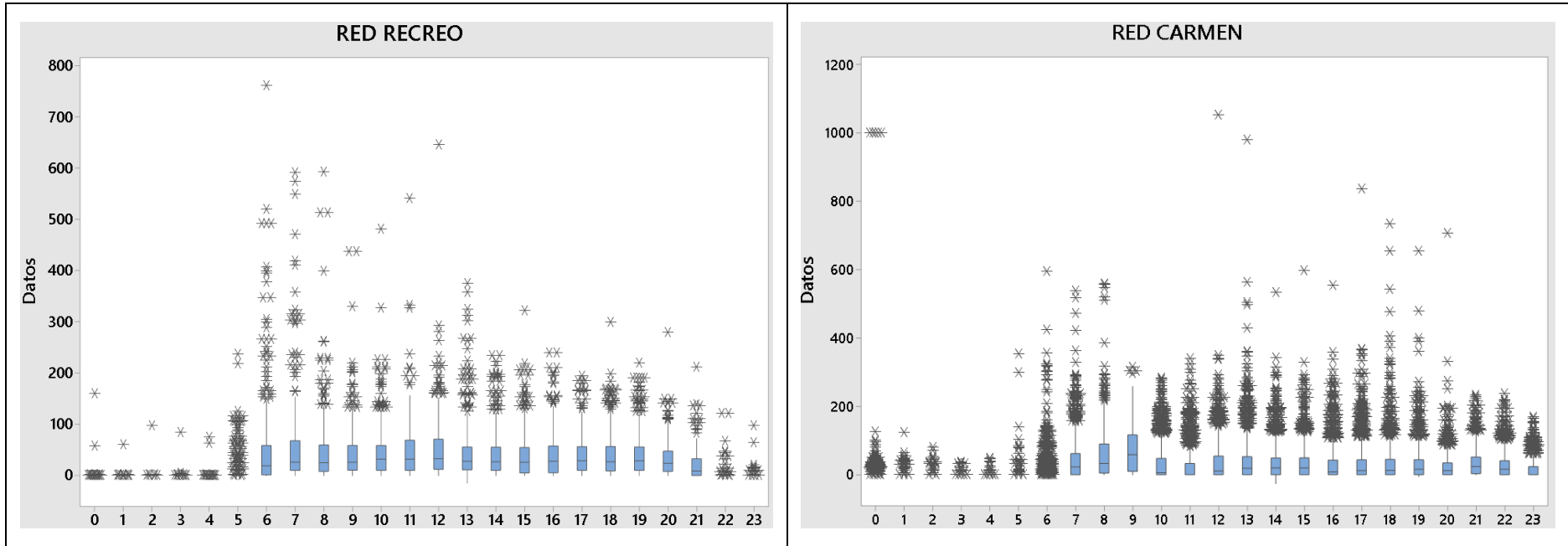
The image displays two side-by-side screenshots of Microsoft Excel spreadsheets. Both spreadsheets are titled 'RED RECREO CLASE A-B-C-D' and 'RED TAPI CLASE A-B-C-D' respectively, and are attributed to 'ADRIAN ROBERTO AVALOS ORDOÑEZ'. The left spreadsheet shows a data table with columns labeled #01 through #07, and rows representing different hours (6:00 to 23:00) and meters. The right spreadsheet shows a similar data table with columns labeled #1 through #7, and rows representing different hours (6:00 to 23:00) and meters. Both spreadsheets have a 'DATOS' tab selected and show a grid of numerical data points.

Fuente: (Avalos J. & Oleas G., 2023)

## Anexo 5

Validación de datos en cada red de distribución

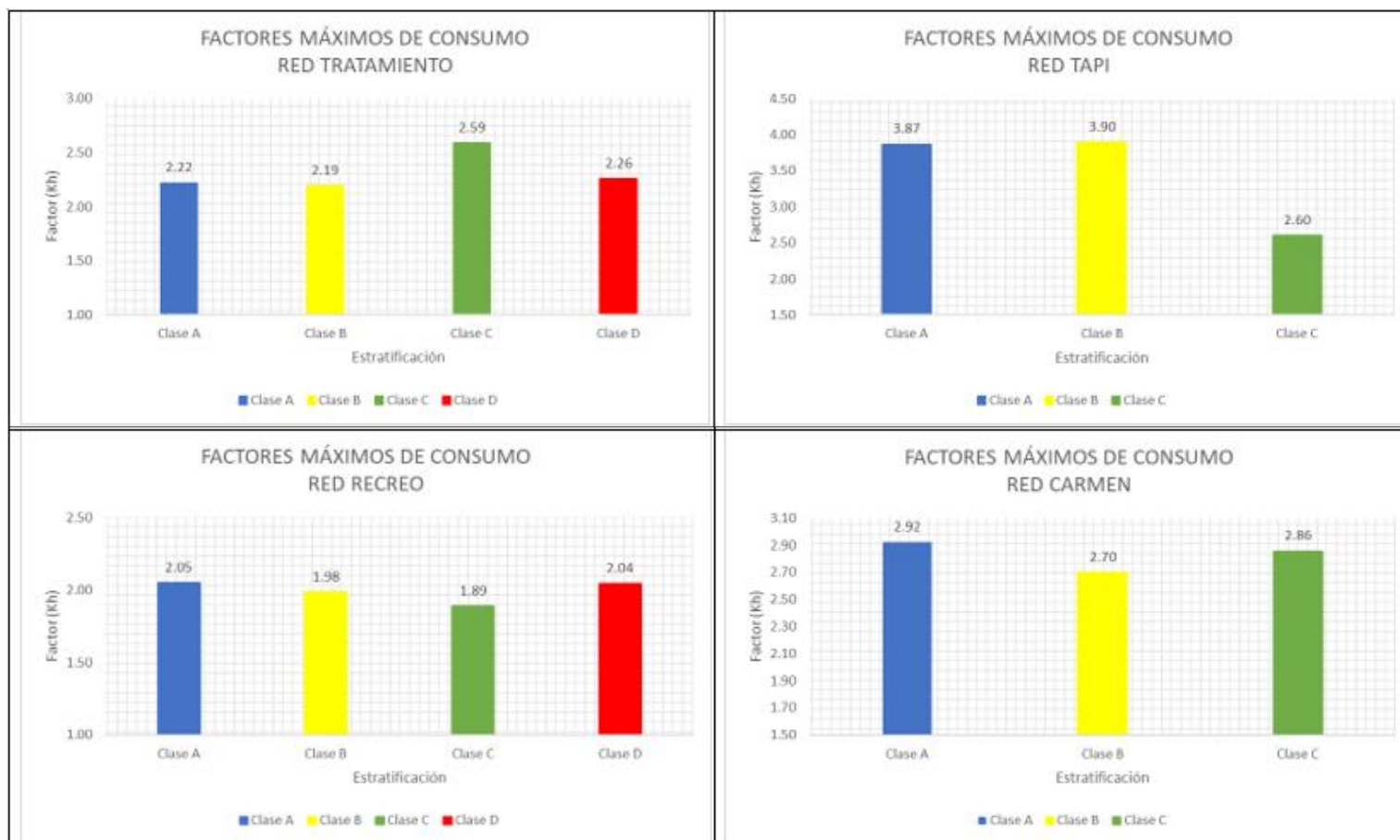


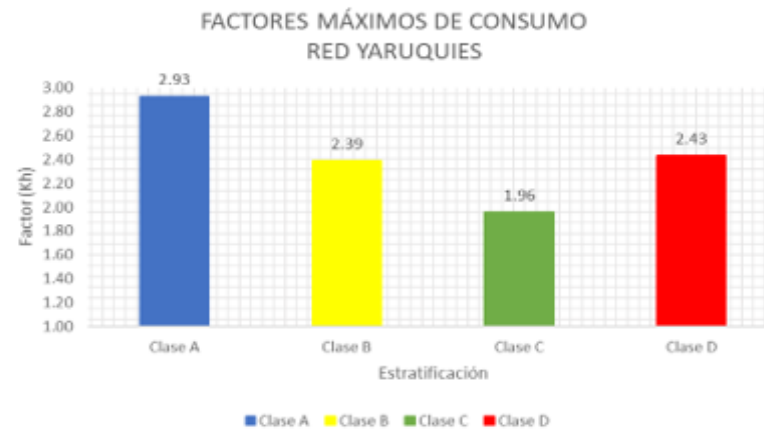


Fuente: (Avalos J. & Oleas G., 2023)

## Anexo 6

*Coeficientes máximos de modulación de acuerdo a su estrato en cada red*





**Fuente:** (Avalos J. & Oleas G., 2023)