



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**“ANÁLISIS DEL CONSUMO HORARIO RESIDENCIAL DE AGUA POTABLE
DEL CANTÓN GUANO”**

Trabajo de titulación para optar al título de Ingeniería Civil

Autores:

Llamuca Hernández, María Paula

Vallejo Bravo, Jhonny Paúl

Tutor:

Ing. María Gabriela Zúñiga MSc.

Riobamba, Ecuador. 2023

DERECHOS DE AUTORÍA

Nosotros, **María Paula Llamuca Hernández**, con cédula de ciudadanía **060442468-9** y **Jhonny Paul Vallejo Bravo** con cédula de ciudadanía **060440067-1**, autores del trabajo de investigación titulado: **“ANÁLISIS DEL CONSUMO HORARIO RESIDENCIAL DE AGUA POTABLE DEL CANTÓN GUANO”**, certificamos que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedemos 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 nuestra entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, 15 de marzo de 2023.



María Paula Llamuca Hernández

C.I: 060442468-9



Jhonny Paul Vallejo Bravo

C.I: 060440067-1

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 “ANÁLISIS DEL CONSUMO HORARIO RESIDENCIAL DE AGUA POTABLE DEL CANTÓN GUANO”, presentado por **María Paula Llamuca Hernández**, con cédula de ciudadanía **060442468-9** y **Jhonny Paul Vallejo Bravo** con cédula de ciudadanía **060440067-1**, 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, 15 de marzo de 2023.

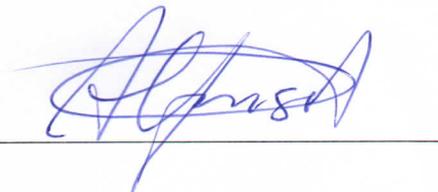
Ing. Andrea Zárate Mgs.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO



Ing. Nelson Patiño Mgs.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Ing. Alfonso Arellano M.Sc.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Ing. María Gabriela Zúñiga MSc.
TUTOR



DEDICATORIA

Con todo mi cariño y afecto, deseo dedicarle este trabajo de titulación a mi familia, quienes han sido pilares fundamentales en toda mi vida y siempre han depositado su confianza en mí.

A mi yo del pasado, quien en momentos pudo sentirse desalentado y dudoso de poder alcanzar esta meta, y a mi yo del futuro, quien a partir de este logro se compromete a continuar mejorando como ser humano y profesional.

También, quiero dedicar este logro a aquellos que ya no están aquí, pero siempre vivirán en mí. Donde quiera que estén, sé que me miran con orgullo.

No pudiera dejar de mencionar a Paula, quien nunca dejo de apoyarme en este camino.

En especial, quisiera dedicar esta carrera al hombre que un día soñó con obtener este título y hoy se lo llevo para casa. ¡Lo logramos papá!

JHONNY VALLEJO B.

A mi mamita y a mi hermano, por estar siempre.

A Jhonny, por haberlo logrado juntos.

PAULA LLAMUCA H.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más profunda gratitud a mis padres por brindarme las oportunidades que ellos tuvieron que ganarse a pulso, a mis hermanas por compartir todo lo que teníamos por casa, a mi compañera de tesis por siempre estar para mí, y a mis amigos porque sé que no lo logré solo. Quiero que sepan que, sin cada uno de ustedes, no habría alcanzado esta meta. Pienso en ustedes a diario y les estoy eternamente agradecido.

Asimismo, deseo agradecer de manera muy especial a mi tutora por su invaluable mentoría, pero sobre todo por tratarme como si fuera su igual. Agradezco igualmente al ilustre GADM Guano por su apertura y predisposición. Finalmente, pero no de menos relevancia, quiero expresar mi profunda gratitud a mi alma mater, esta universidad.

JHONNY VALLEJO B.

Gracias a todas las personas que han sido fundamentales en la realización de mi tesis.

En primer lugar, quiero expresar mi gratitud a la MSc. Ma. Gabriela Zúñiga, por su orientación, sabiduría y paciencia en cada etapa del proceso.

También quiero agradecer a los miembros del tribunal, Mgs. Alfonso Arellano y Mgs. Nelson Patiño, por dedicar su tiempo y esfuerzo para leer y evaluar esta tesis. Aprecio mucho sus valiosos comentarios y sugerencias, que han contribuido a mejorar la calidad de este trabajo.

Agradezco de manera especial a mi mami y a mi hermano, por su amor incondicional y su apoyo constante.

A ti Jhonny, por caminar de mi mano en este sinuoso camino que junto a ti fue mucho más llevadero.

Al GADM de Guano por la apertura y colaboración para que esta tesis sea posible.

PAULA LLAMUCA H.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|---|----|
| RESUMEN | 10 |
| ABSTRACT..... | 11 |
| CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN | 12 |
| 1.1 Zona de estudio | 12 |
| 1.2 Antecedentes | 13 |
| 1.3 Planteamiento del problema | 14 |
| 1.4 Objetivos | 15 |
| 1.4.1 General | 15 |
| 1.4.2 Específicos | 15 |
| CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO | 16 |
| 2.1. Sistema de agua potable en la parroquia La Matriz | 16 |
| 2.1.1 Agua cruda | 16 |
| 2.1.2 Agua potable | 16 |
| 2.1.3 Redes de captación, almacenamiento y distribución..... | 16 |
| 2.2. Consumo de agua potable | 17 |
| 2.2.1 Patrones de consumo de agua..... | 17 |
| 2.2.2 Factores que influyen en el consumo de agua potable | 18 |
| 2.2.3 Curva característica de consumo diario | 18 |
| 2.2.4 Variaciones periódicas de consumo | 19 |
| 2.2.5 Incidencia de las variaciones en el diseño de un sistema de agua potable..... | 20 |
| 2.3. Medidores de caudal | 20 |
| 2.3.1 Tipos de medidores | 20 |
| 2.4 Estado del arte | 20 |
| CAPÍTULO III. METODOLOGÍA | 22 |
| 3.1 Tipo de investigación | 22 |
| 3.2 Esquema metodológico | 22 |
| 3.3 Población de estudio y tamaño de la muestra | 22 |
| 3.3.1 Población..... | 22 |
| 3.3.2 Muestra..... | 22 |
| 3.4 Procesamiento y análisis de datos..... | 23 |
| 3.4.1 Procesamiento y análisis de datos para la caracterización socioeconómica .. | 23 |
| 3.4.2 Procesamiento y análisis de datos para la aplicación de encuestas..... | 25 |
| 3.4.3 Procesamiento y análisis de datos recolectados en campo..... | 25 |
| 3.4.4 Proceso para la digitalización de resultados..... | 26 |
| 3.4.5 Caudal medio..... | 29 |
| 3.4.6 Caudal de fondo de fugas | 29 |
| 3.4.7 Construcción de las curvas | 30 |
| 3.4.8 Coeficiente de variación de consumo máximo horario..... | 30 |
| CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 31 |
| 4.1. Principales factores que inciden en el consumo de agua potable | 31 |
| 4.1.1 Clasificación urbanística socioeconómica | 31 |
| 4.1.2 Habitantes por vivienda..... | 35 |
| 4.1.3 Suministro y abastecimiento | 35 |

| | |
|---|----|
| 4.1.4 Calidad del agua | 36 |
| 4.1.5 Uso del agua | 36 |
| 4.1.6 Unidades de almacenamiento | 37 |
| 4.1.7 Aparatos sanitarios | 38 |
| 4.2. Curvas de consumo horario residencial | 39 |
| 4.2.1. Consumos horarios máximos por redes de distribución..... | 39 |
| 4.2.2. Consumos horarios máximos por estratos socioeconómicos | 40 |
| 4.2.3. Curvas de consumo horario máximos por estratos..... | 41 |
| 4.2.4. Curvas de consumo horario máximos por redes | 43 |
| 4.2.5. Estimación de la curva de modulación horaria | 45 |
| 4.3. Coeficientes de consumo | 46 |
| 4.3.1 Comparativa de coeficientes máximos de modulación horario de red de distribución vs normativa CP INEN 5 1992 | 46 |
| 4.3.2 Comparativa de coeficiente de variación del consumo máximo horario de la parroquia la Matriz-Guano vs normativa CP INEN 5 1992 | 47 |
| 4.3.3 Mapa de coeficientes de variación del consumo máximo horario en función a las redes de distribución. | 47 |
| 4.4. Discusión..... | 49 |
| CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 50 |
| 5.1. Conclusiones | 50 |
| 5.2. Recomendaciones | 51 |
| BIBLIOGRAFÍA | 52 |
| ANEXOS | 54 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1: Descripción y aportación del sistema de captación..... | 13 |
| Tabla 2: Tarifa del servicio de agua potable en el cantón Guano | 14 |
| Tabla 3: Cobertura por barrios de cada red de agua potable | 17 |
| Tabla 4: Cobertura de cada red y capacidad de cada tanque de reserva..... | 17 |
| Tabla 5: Distribución de estratos en redes de distribución..... | 31 |
| Tabla 6: Comparación de consumos horarios por redes de distribución..... | 39 |
| Tabla 7: Comparación de consumos horarios por estratos socioeconómicos | 40 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1: Ubicación de la zona del estudio | 12 |
| Figura 2: Ubicación de las redes y tanques reservorios | 16 |
| Figura 3: Curva típica horaria | 19 |
| Figura 4: Esquema metodológico de la investigación..... | 22 |
| Figura 5: Puntaje para la categorización de una manzana según ficha. | 23 |
| Figura 6: Puntaje para la categorización según encuesta | 24 |
| Figura 7: Estratos socioeconómico de 215 manzanas en Guano | 24 |
| Figura 8 Ubicación de las 152 viviendas encuestadas..... | 25 |

| | |
|--|----|
| Figura 9: Marcas de medidores instalados en la parroquia La Matriz-Guano | 25 |
| Figura 10: Ficha de registro y hoja de consumo | 27 |
| Figura 11: Diagrama de dispersión de la parroquia La Matriz-Guano | 28 |
| Figura 12: Diagrama cajas-bigotes del consumo horario Red Barrios Altos estrato C..... | 29 |
| Figura 13: Tabulación de estratos socioeconómicos de 152 manzanas. | 31 |
| Figura 14: Mapa de la red de distribución Barrios Altos | 32 |
| Figura 15: Mapa de la red de distribución Inmaculada..... | 33 |
| Figura 16: Mapa de la red de distribución Lluishi | 34 |
| Figura 17: Habitantes por vivienda según su estrato..... | 35 |
| Figura 18: Continuidad diaria del suministro de agua según estrato. | 35 |
| Figura 19: Intermitencia del suministro por cortes de agua según su estrato. | 36 |
| Figura 20: Percepción de la calidad de agua según su estrato. | 36 |
| Figura 21: Preferencia de agua para beber según su estrato. | 37 |
| Figura 22: Sistemas de almacenamiento por estratos socioeconómicos..... | 37 |
| Figura 23: Aparatos sanitarios por estratos socioeconómicos. | 38 |
| Figura 24: Aparatos sanitarios por estratos socioeconómicos. | 38 |
| Figura 25: Aparatos sanitarios por estratos socioeconómicos. | 39 |
| Figura 26: Curva de consumo horario del estrato B..... | 42 |
| Figura 27: Comparación de curvas de consumo horario por estratos socioeconómicos... | 43 |
| Figura 28: Comparación de curvas de consumo horario por redes de distribución. | 44 |
| Figura 29: Curva comparativa del consumo horario de La Matriz-Guano vs las redes de distribución | 45 |
| Figura 30: Curva de modulación horaria de La Matriz-Guano..... | 45 |
| Figura 31: Comparación de coeficientes máximos de variación de consumo horario de la red Inmaculada vs el valor de la norma | 46 |
| Figura 32: Comparación de coeficientes máximos de la red Lluishi vs el valor de la norma | 46 |
| Figura 33: Comparación de coeficientes máximos de la red Barrios Altos vs el valor de la norma..... | 47 |
| Figura 34: Comparación de coeficientes máximos de La Matriz-Guano vs el valor de la norma..... | 47 |
| Figura 35: Mapa de coeficientes de variación del consumo máximo horario por redes de distribución | 47 |

RESUMEN

El cantón Guano, ubicado en Ecuador, se compone de once parroquias, siendo La Matriz el mayor asentamiento residencial y cuenta con el 71.4% de cobertura del servicio de agua potable para sus habitantes, a su vez se encuentra abastecida y servida por medio de tres redes de distribución que se encuentran conectadas con sus respectivos tanques de reserva que son: Tanque Lluishi, Tanque La Inmaculada y Tanque Barrios Altos. La población está categorizada y estratificada en 3 estratos socioeconómicos B, C y D (Cáceres & Rubio, 2015). Este estudio pretende analizar cómo el consumo de agua potable se ve influenciado tanto por los patrones de consumo horario y características propias de cada red y estratos socioeconómico, a través de la medición horaria de 79 medidores por un período de 7 días 24 horas. Se obtuvieron las curvas de modelación y los coeficientes de variación de consumo horarios (kh) máximos y mínimos, los mismos que fueron contrastados con los expuestos en la norma CPE INEN 5 1992. El coeficiente de variación de consumo horario usado en el diseño esta red fue de 2.30 que la norma sugiere usar al no existir estudios que determinen un kh propio para la red. Al finalizar este estudio el kh máximo hallado fue de 2.93 el mismo que excede al valor recomendado por la norma. Los valores máximos de caudal horario fueron de 61.35 l/h en Barrios Altos, 151.21 l/h en Lluishi y 110.81 l/h en La Inmaculada, y un caudal medio de La Matriz de 66.99 l/h.

Palabras clave: curva de consumo, patrones de consumo, caudal horario, coeficiente de consumo.

ABSTRACT

Guano, located in Ecuador, is composed of eleven parishes, with La Matriz being the largest residential settlement and having a 71.4% coverage of potable water service for its inhabitants. It is supplied and served through three distribution networks connected to their respective reservoir tanks, namely, Lluishi Tank, La Inmaculada Tank, and Barrios Altos Tank. The population is categorized and stratified into 3 socioeconomic strata, namely, B, C, and D (Cáceres & Rubio, 2015). This study aims to analyze how the consumption of potable water is influenced by both hourly consumption patterns and the characteristics of each network and socioeconomic stratum, through the hourly measurement of 79 meters for a period of 7 days-24 hours. The modeling curves and maximum and minimum hourly consumption variation coefficients (kh) were obtained and compared with those set out in the CPE INEN 5 1992 standard. The hourly consumption variation coefficient used in the design of this network was 2.30, which the standard suggests using in the absence of studies that determine a specific kh for the network. At the end of this study, the maximum kh found was 2.93, which exceeds the recommended value in the standard. The maximum hourly flow rates were 61.35 l/h in Barrios Altos, 151.21 l/h in Lluishi, and 110.81 l/h in La Inmaculada, with an average flow rate of 66.99 l/h in La Matriz.

Key words: consumption curve, consumption patterns, hourly flow, consumption coefficient.



Reviewed by:

Lcda. Diana Chávez

ENGLISH PROFESSOR

C.C. 065003795-5

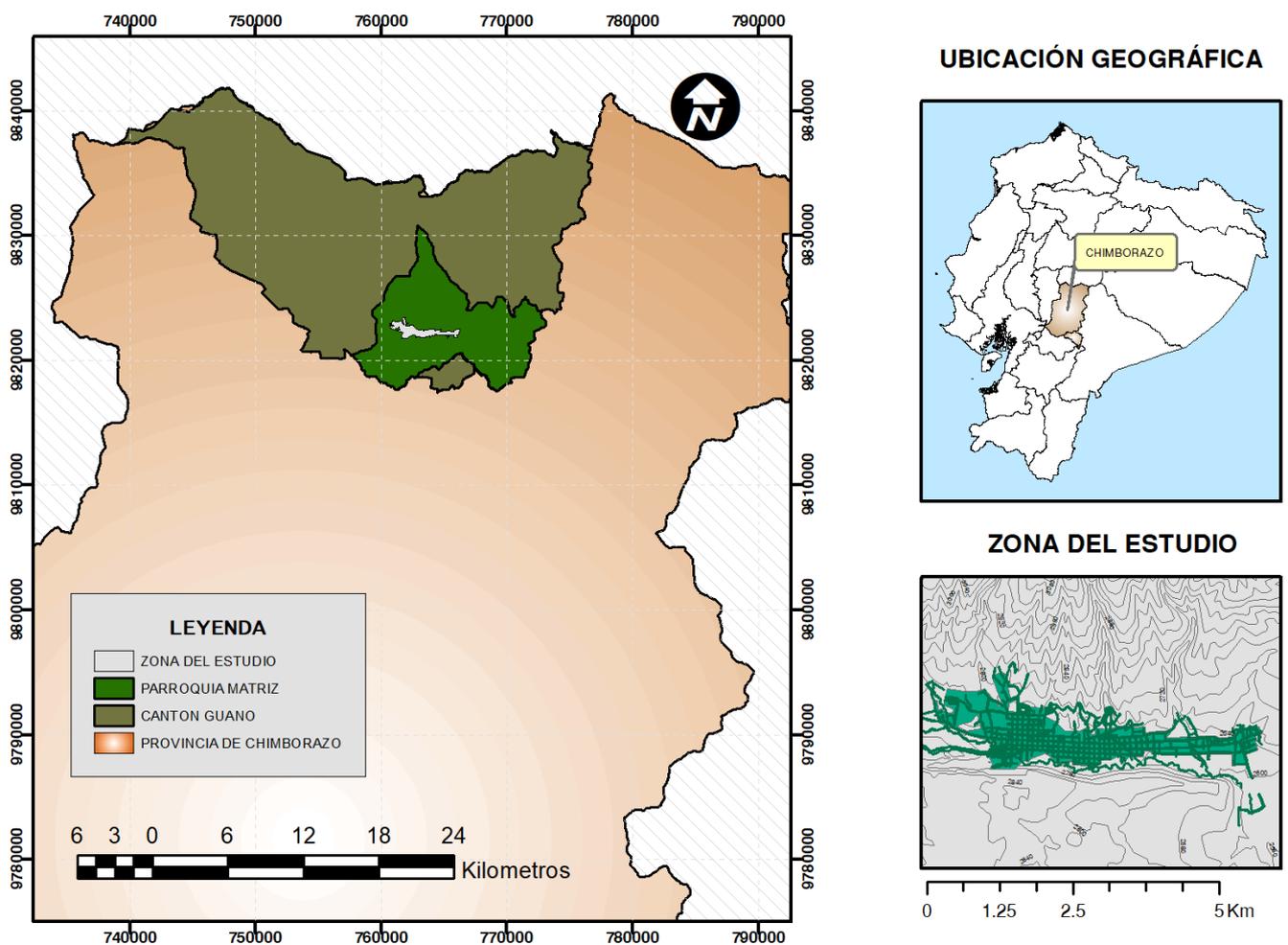
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 Zona de estudio

El cantón Guano posee una extensión de 473.3 km² representando un 7% de la superficie provincial, geográficamente está ubicado en la serranía central del Ecuador, al noroeste de la provincia de Chimborazo, en las coordenadas UTM: 762043.586E-9822152.649N.

Guano está integrado por once parroquias, siendo dos de ellas urbanas: La Matriz y El Rosario que se encuentran separadas por el río Guano, y nueve parroquias rurales: Guanando, Ilapo, La Providencia, San Andrés, San Gerardo, San Isidro, San José de Chazo, Santa Fé de Galán y Valparaíso. La zona residencial de Guano se concentra en la parroquia La Matriz, la misma que es objeto de este estudio (GADM Guano, 2016) (ver **Figura 1**).

Figura 1:
Ubicación de la zona del estudio



Fuente. (Llamuca M. & Vallejo J., 2023)

El cantón presenta una altitud media de 2639 msnm, la temperatura anual varía desde los 6 °C hasta 18 °C y la precipitación promedio anual es de 31.15 mm, características comunes de un valle interandino con clima templado. La topografía presenta una llanura en la zona centro de la cabecera cantonal y un relieve montañoso en las afueras del centro poblado lo que provoca acumulación del agua pluvial en algunos sectores del cantón (GADM Guano, 2016).

1.2 Antecedentes

El cantón Guano recibe el sobrenombre de Capital Artesanal del Ecuador, en él residen alrededor de 42.851 personas. Según los indicadores presentados por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) en el año 2010, el cantón cuenta con una Población Económicamente Activa (PEA) de alrededor del 53.3% representando el 9% de la PEA provincial (INEC, 2010).

Las principales actividades económicas se desarrollan en los sectores: agrícola, ganadero, silvicultor, manufacturación de artesanías, cuero y alfombras, comercio al mayoreo y minoreo, construcción, transporte, administración pública, hotelería, turismo, servicio de comidas, entre otras actividades (INEC, 2010).

De acuerdo a la información proporcionada por el Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Guano (GADM Guano) en su Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2019-2023 (PDOT) se desprende que, de todo el cantón, el 58,1% de las residencias se abastecen por medio de la red pública de agua potable, en tanto que el 41.9% restante se provee a través de vertientes, pozos, cuerpos hídricos, tanqueros de agua, agua lluvia, etc.

En el año 2019 el Departamento de Agua Potable y Alcantarillado de Guano (DIMAPAG) ejecutó el Plan Maestro de Agua Potable y Alcantarillado con el objetivo de garantizar una dotación del servicio de agua potable para Guano de manera segura y permanente. Por medio del levantamiento de catastros y con la implementación de acometidas y medidores se consiguieron soluciones al requerimiento del servicio. La dependencia a cargo del servicio de agua en Guano actualmente es la Dirección de Gestión de Servicios Públicos la misma que continúa catastrando acometidas y planillando los consumos mensuales de los usuarios (GADM Guano, 2021).

En conformidad a la sentencia No. 7702-2012-C emitida por la Secretaría Nacional del Agua, SENAGUA (2014), se adjudica a la ciudadanía residente de la cabecera cantonal de Guano el derecho de uso y aprovechamiento a través de la captación de 4 vertientes naturales y 2 vertientes superficiales con un caudal total de 36.89 l/s (ver **Tabla 1**).

Tabla 1:
Descripción y aportación del sistema de captación.

| Vertiente | Altura (msnm) | Coordenadas | Caudal (l/s) |
|-----------|---------------|----------------------|--------------|
| Guaycos 1 | 2982 | UTM 755973E-9824769N | 3.66 |
| Guaycos 2 | 3020 | UTM 755354E-9825048N | 6.70 |
| Guaycos 3 | 3026 | UTM 755287E-9825114N | 11.90 |

| Vertiente | Altura (msnm) | Coordenadas | Caudal (l/s) |
|--------------|---------------|----------------------|--------------|
| Guaycos 4 | 3026 | UTM 755287E-9825114N | 7.00 |
| Villagrán 1 | 2719 | UTM 762081E-9821996N | 2.50 |
| Villagrán 2 | 2719 | UTM 732295E-9822151N | 5.13 |
| Caudal total | | | 36.89 l/s |

Fuente. (GADM Guano, 2016)

La parroquia La Matriz dispone del servicio de agua potable a través de la red pública, del cual se benefician el 71,4% de las residencias según información suministrada por el GADM Guano en 2021. Sin embargo, aún existe un porcentaje considerable del 28,6% de hogares en La Matriz que carecen de dicho servicio.

Para poder llevar a cabo la ampliación del sistema y garantizar el correcto funcionamiento de la red, el municipio requerirá el valor actualizado del coeficiente de variación de consumo horario (kh). Es importante destacar que en la actualidad no se dispone de estudios que permitan determinar el kh del cantón.

En un análisis realizado por la Universidad Nacional de Chimborazo en el año 2018 se pudo evidenciar el excesivo consumo de agua potable en el cantón Guano, que puede ser por el desperdicio por parte de los habitantes o por el mal empleo del agua de consumo doméstico en actividades de regadío, concretamente en ese estudio los investigadores determinan un consumo promedio semestral ponderado de alrededor de 395 l/hab*día siendo este casi el doble al recomendado por la norma CPE INEN 5 1992 para este tipo de climas (Arellano et al., 2018).

El GADM Guano establece una tarifa para conexiones residenciales en función del volumen consumido y el incremento del valor a pagar varía de acuerdo al rango de consumo, adicionalmente a este rubro se incluye el valor por servicio de saneamiento en todas sus tarifas (ver **Tabla 2**).

Tabla 2:

Tarifa del servicio de agua potable y saneamiento en el cantón Guano

| Límite superior(m ³) | Límite superior (m ³) | Tarifa básica (\$/m ³) | Tarifa adicional (\$/m ³) |
|----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|
| 0 | 1 | 3.03 | - |
| 2 | 10 | 3.03 | 0.07 |
| 11 | 25 | 3.03 | 0.18 |
| 26 | 40 | 3.03 | 0.21 |
| 41 | - | 3.03 | 0.28 |

Fuente. (GADM Guano, 2023)

1.3 Planteamiento del problema

La dotación de agua potable en Ecuador sigue siendo un problema. Según el INEC, solo el 70,1% de la población tiene acceso a agua segura, lo que significa que casi un tercio de la población no cuenta con abastecimiento (Pozo et al., 2016). Los consumos de agua potable varían según las características de las poblaciones y son esenciales para establecer

las dotaciones mínimas de diseño de los sistemas de abastecimiento de agua potable (Arellano et al., 2018).

Es fundamental tener registros sobre los consumos de agua potable para realizar mejoras en la distribución del agua en Ecuador. Desafortunadamente, esta problemática se agrava por el consumo excesivo en algunos sectores y la falta de control de los organismos reguladores.

En Colombia, se han implementado estudios para caracterizar el consumo de agua y se ha desarrollado el "Programa de Uso Eficiente y Ahorro de Agua" que ha logrado la implementación de equipos de macro y micro medición del consumo de agua para registrarlos de manera óptima (Alcaldía mayor de Bogotá, 2021).

En Ecuador, se han iniciado investigaciones sobre la cantidad y calidad del consumo de agua por regiones. Sin embargo, los municipios carecen de información suficiente para establecer patrones y hábitos de consumo, y se han realizado escasos estudios para establecer valores de kh específicos para cada red.

Para lograr una gestión eficiente del abastecimiento de agua potable, es crucial contar con una comprensión detallada del consumo y una planificación cuidadosa basada en información precisa. De esta manera, se pueden identificar los patrones y hábitos de consumo y diseñar sistemas de distribución de agua potable que satisfagan las necesidades de la población de manera sostenible.

Es importante destacar que la información precisa sobre el consumo de agua también puede ayudar a reducir el desperdicio y las pérdidas, y a fomentar el uso responsable del agua. En resumen, la gestión efectiva del abastecimiento de agua potable requiere una planificación cuidadosa y basada en datos obtenidos en campo, precisos y actualizados.

1.4 Objetivos

1.4.1 General

- Analizar el consumo horario de agua potable en la zona residencial basados en datos obtenidos en campo de la parroquia La Matriz en el cantón Guano.

1.4.2 Específicos

- Identificar los sectores de distribución de la red y determinar las zonas residenciales del sistema de abastecimiento de agua potable.
- Realizar mediciones del consumo horario de agua potable en medidores residenciales.
- Crear la curva de consumo horario de agua en la zona residencial del cantón Guano.
- Obtener indicadores como el coeficiente de variación de consumo máximo y mínimo de agua por hora.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Sistema de agua potable en la parroquia La Matriz

2.1.1 Agua cruda

Es el agua subterránea o superficial que se halla libre en la naturaleza, no ha sido encausada en ningún sistema de tratamiento y sus propiedades físico-químicas y bacteriológicas se encuentran inalteradas (CPE INEN 5, 1992).

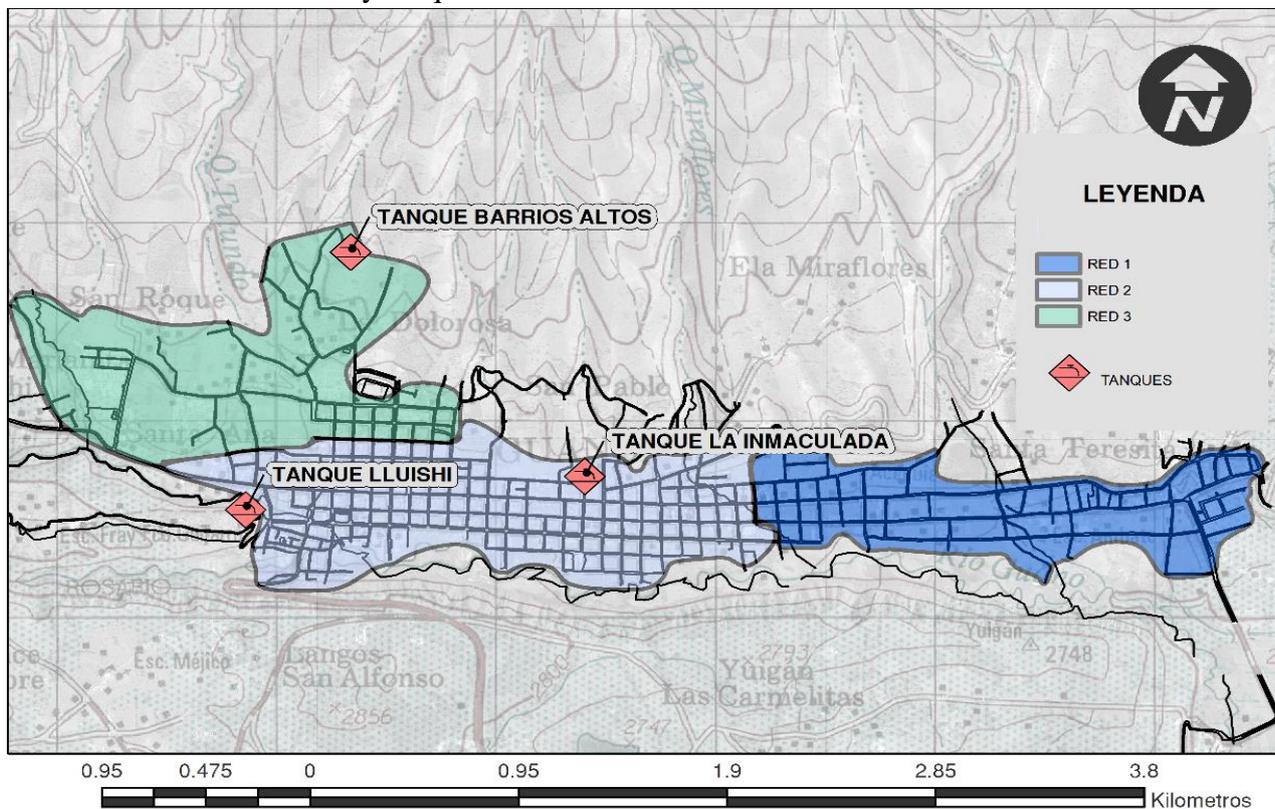
2.1.2 Agua potable

Es el agua tratada cuyas propiedades físico-químicas y bacteriológicas han sido sometidas a un proceso de potabilización para asegurar el consumo humano sin restricciones (CPE INEN 5, 1992).

2.1.3 Redes de captación, almacenamiento y distribución

La parroquia La Matriz del cantón Guano, está abastecida y servida por medio de tres redes que a su vez se encuentran conectadas con sus respectivos tanques de reserva que son: Tanque Lluishi, Tanque La Inmaculada y Tanque Barrios Altos (véase **Figura 2**), los mismos que suman un total de 3039 acometidas domiciliarias (GADM Guano, 2021).

Figura 2:
Ubicación de las redes y tanques reservorios



Fuente. (Llamuca M. & Vallejo J., 2023)

En base al censo del INEC (2010) y datos del catastro del 2014 se puede asegurar que la Red 1 (Tanque Lluishi) dota del líquido vital a 5363 habitantes, la Red 2 (Tanque La Inmaculada) a 2050 habitantes y finalmente la Red 3 (Tanque Barrios Altos) a 2149 habitantes dando como total 9562 beneficiarios.

Las 3 redes se distribuyen como se observa en la **Tabla 3**, su capacidad y rango de cobertura se describe en la **Tabla 4**.

Tabla 3:

Cobertura por barrios de cada red de agua potable

| Red | Barrios abastecidos |
|---------------------------------|--|
| Red 1 (Tanque Lluishi) | Parque Central La Magdalena San Pablo San Pedro Santa Anita El Rosario La Inmaculada Espíritu Santo |
| Red 2 (Tanque La Inmaculada) | Espíritu Santo La Dolorosa Santa Teresita |
| Red 3 (Tanque Barrios Altos) | San Roque Programa de vivienda evacuados MIDUVI La Merced |

Fuente. (GADM Guano, 2016)

Tabla 4:

Cobertura de cada red y capacidad de cada tanque de reserva

| Red | Capacidad del Tanque (m³) | Cobertura (Ha) |
|---------------------------------|---|-----------------------|
| Red 1 (Tanque Lluishi) | 300 | 147.57 |
| Red 2 (Tanque La Inmaculada) | 300 | 90.79 |
| Red 3 (Tanque Barrios Altos) | 250 | 90.77 |

Fuente. (GADM Guano, 2016)

2.2. Consumo de agua potable

2.2.1 Patrones de consumo de agua

Los patrones de consumo expresan el volumen total consumido en diferentes intervalos de caudal-tiempo, estos consumos están relacionados con el uso necesario de agua potable para desarrollar actividades cotidianas. En base a patrones de consumo se pueden desarrollar histogramas de consumo instantáneo de todos los usuarios de una misma red y modelos predictivos de la demanda de agua potable (Ramos et al., 2019).

2.2.2 Factores que influyen en el consumo de agua potable

Según el planteamiento de Arellano & Peña (2020) Los grupos de factores que inciden en el consumo de agua potable se pueden dividir en climatológicos; sociodemográficos; socioeconómicos; y, de gestión y calidad del agua. Esos factores son:

1. Casas que reportan fugas
2. Número de aparatos sanitarios inodoros, lavamanos, lavadoras de ropa, lavavajillas, duchas. - El consumo de agua potable en ciudades medianas y grandes está directamente relacionado con el número de aparatos sanitarios. El modelo lineal de lavadoras parece ser el mejor predictor del consumo de agua. En grandes ciudades, tanto el modelo de lavadoras como el de aparatos sanitarios obtuvieron una alta correlación significativa, mientras que en ciudades medianas solo el modelo de lavadoras tuvo una correlación considerable. En ciudades pequeñas no se pudo calcular la correlación debido a la falta de datos (Arellano et al., 2019)
3. Casas con jardines. - En las ciudades grandes, el consumo de agua potable es directamente proporcional al número de casas con jardín. En cambio, en las ciudades medianas y pequeñas no hay una correlación clara entre el consumo de agua y la existencia de jardines (Flores, 2019).
4. Adquisición agua embotellada en bidones. - El consumo de bidones es más alto en las ciudades grandes y en los estratos socioeconómicos más altos (Arellano & Lindao, 2019).
5. Tipo de almacenamiento de agua cisterna, tanque elevado, tanque de lavar ropa.
6. Número de veces que cocinan en casa.
7. Número de personas por familia. - Existe una relación inversamente proporcional entre el consumo per cápita de agua potable y el número de personas en una familia. Es decir, cuando aumenta el número de habitantes en una familia, el consumo de agua potable por persona disminuye (Muñoz et al., 2022).
8. Tamaño de la población.
9. Costo del agua. - Los estratos de mayor capacidad económica consumen más agua que los estratos de menor capacidad (Muñoz et al., 2022).
10. Percepciones organolépticas de la calidad de agua olor, color sabor, presencia de tierra. - La percepción de tierra en el agua potable de la red pública por parte de los usuarios estaría relacionada al uso de tanques de almacenamiento (Arellano & Lindao, 2019).
11. Índice de gestión y calidad del agua (Ingecap). - El Indicador de Gestión y de Calidad del agua potable (Ingecap) tiene correlaciones lineales fuertes y perfectas con el olor, color y sabor del agua de la red pública, y podría ser un instrumento de control de respuesta rápida para tomar correctivos urgentes (Arellano & Lindao, 2019).
12. Inflación acumulada.
13. Precipitación.

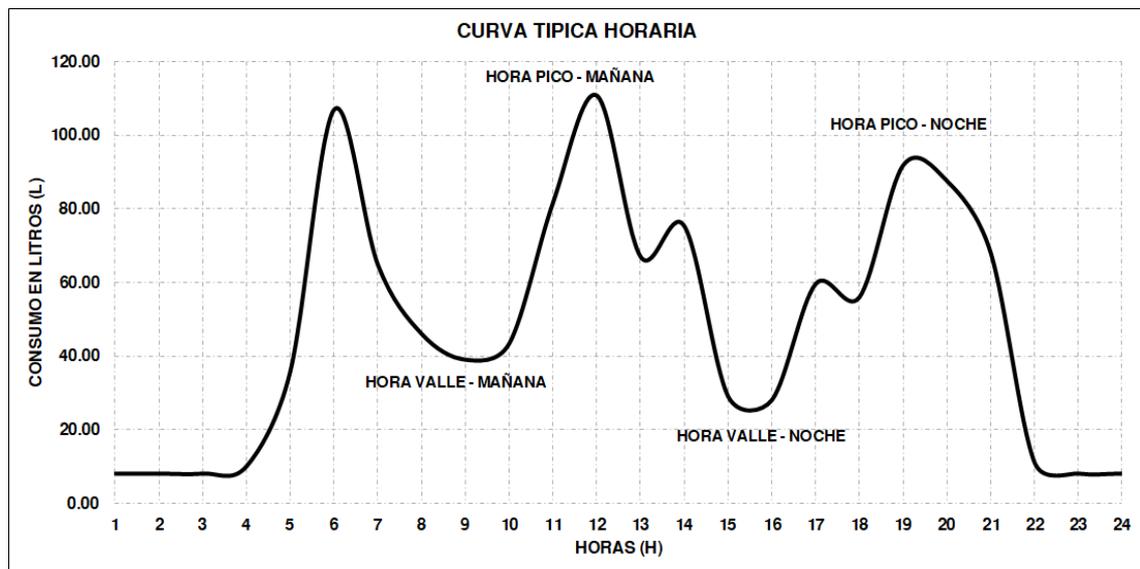
14. Humedad atmosférica máxima.
15. Temperatura. - Mientras más cálido es el clima, el consumo es mayor, ya sea para riego o consumo humano (Cáceres & Rubio, 2015).

Los autores concluyen que los factores con mayor incidencia en el consumo de agua potable son los relacionados con la calidad del agua potable y con la demografía. Los factores climatológicos como humedad atmosférica máxima y la temperatura máxima tienen más significancia estadística que los factores fugas intradomiciliarias y precipitación (Arellano & Peña, 2020).

2.2.3 Curva característica de consumo diario

Es una representación gráfica de las variaciones temporales del consumo de agua potable, dichas variaciones son cíclicas en 24 horas, con esta curva se puede caracterizar una población e identificar los patrones de consumo de la misma. Por lo general el eje de las abscisas de esta gráfica indica el tiempo en horas y el de las ordenadas el consumo en litros. En la curva usualmente se presentan concentraciones de consumo por la mañana y por la noche así mismo como horas valle o de menor consumo (Guanoluisa, 2018). Como se observa en la **Figura 3**.

Figura 3:
Curva típica horaria



Fuente. (Llamuca M. & Vallejo J., 2023)

2.2.4 Variaciones periódicas de consumo

El principal objetivo de un buen diseño de agua potable es el dotar a la población de agua de una manera continua, eficiente, con la presión y calidad debida para que cumpla con la normativa pertinente. Para lograrlo, es primordial que los cálculos sean lo más precisos posibles teniendo en cuenta la forma en la que los consumos de agua varían (Usua, 2020).

La variación del consumo puede darse debido al cambio de estaciones, la diferencia del caudal de la red dependiendo de la época y específicamente, al consumo de cada hora del agua en una vivienda, dependiendo de su uso y costumbres (Usua, 2020).

2.2.5 Incidencia de las variaciones en el diseño de un sistema de agua potable

El determinar todos los valores mencionados anteriormente es de vital importancia para tener un sistema de distribución de agua potable diseñado exactamente para una población específica. También se debe tener en cuenta el consumo máximo diario y horario, para así satisfacer a los usuarios sin tener desperdicios ni escasez del líquido vital (Bildirisi et al., 2018).

2.3. Medidores de caudal

Los medidores de caudal son instrumentos que sirven para contabilizar el volumen de agua que pasa a través del mismo en una unidad de tiempo. Este registro sirve para facturar el consumo del agua, por esta razón la elección del medidor debe ser eficaz para poder obtener un resultado preciso (García, 2001).

Existen dos criterios para la medición del caudal: el desplazamiento y la velocidad, estos arrojan como resultado el volumen de agua consumido, siendo el de desplazamiento el más preciso (Iglesias, 2013).

2.3.1 Tipos de medidores

En la clasificación de medidores de acuerdo a su mecanismo existen dos categorías: chorro único y chorro múltiple.

Medidores de chorro múltiple. - Se los conoce también como medidores de inyección múltiple. Estos medidores están constituidos por varios orificios que rodean a la cámara interna del medidor, en cuya turbina se crea un flujo de agua, esto aporta a la precisión del equipo. Las piezas de estos medidores son de acero inoxidable, bronce y termoplásticos (Intellimeter, 2020).

2.4 Estado del arte

Según la Constitución de la República del Ecuador de 2008, en el artículo 318 establece que: “El agua es patrimonio nacional estratégico de uso público, dominio inalienable e imprescriptible del Estado, y constituye un elemento vital para la naturaleza y para la existencia de los seres humanos” (Asamblea Nacional del Ecuador, 2008).

En varios países se ha indagado sobre el tema, teniendo como ejemplo la investigación de Usua (2020), quien se centra en la determinación del coeficiente de variación del consumo horario en un sector de su ciudad ubicada en Perú. Realizó el estudio durante 1 año, 18 horas diarias. Usua concluye que el consumo máximo se da de 10h00 a 12h00 y determina que los caudales y coeficientes obtenidos de sus cálculos son menores a los de la norma, siendo esto favorable para el sector.

En La Habana, la Empresa Aguas de La Habana, en 2019 realizó un análisis de patrones de consumo doméstico. Este análisis considera las pérdidas a partir de la curva de

consumo diario, el mismo que se realizó a 14 viviendas, durante 6 meses y 20 días. Se obtuvieron horas pico de consumo a las 09h00 y 17h00. Además plantea una comparación histórica con estudios realizados en años anteriores (Ramos et al., 2019).

En Ecuador se han iniciado investigaciones similares en varios cantones como Ambato, Colta y Penipe; el objetivo de estas es determinar los patrones de consumo de la población y registrar el comportamiento del consumo a lo largo del día. Se tiene como resultado la curva de consumo horario en base a barrios, estratos sociales, zonas urbanas entre otros parámetros que influyen en el consumo de agua.

Mena (2018) realizó su investigación en el sector Celiano Monge II de Ambato. Registró consumos por 24 horas, 7 días y determinó un consumo diario promedio de 0.88 m³. El día de mayor consumo con 940 l y el menor con 780 l y la hora de consumo máximo es el miércoles desde las 15h00 a 18h00 con un consumo de 457.5 l.

Calderón y Tello (2022) realizaron el estudio del comportamiento de consumo horario residencial en los cantones Colta y Penipe. El objetivo del estudio fue categorizar los factores que influyen en el consumo y generar la curva de consumo horario. Estudiaron 105 acometidas en Colta y 88 en Penipe durante 7 días 24 horas. En cuanto a la hora de mayor consumo, se encontró que los miércoles desde las 15h00 a las 18h00 se registró un consumo máximo de 457.5 litros.

En el artículo “Los consumos y las dotaciones de agua potable en poblaciones ecuatorianas con menos de 150000 habitantes”, los autores concluyen que el consumo de agua en el estrato socioeconómico D, caracterizado por poseer la menor capacidad monetaria en comparación a los otros estratos, presenta un patrón de consumo diferente al del resto de la población y estratos superiores. (Arellano et al., 2018).

Jaramillo y Oleas (2022) publicaron los resultados de su trabajo de investigación arrojando un rendimiento global del sistema de agua potable del cantón Guano del 46.01% y un caudal incontrolado fugado de 1162355.23 m³/año dando como resultado un rango de eficiencia calificado como inaceptable.

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo de investigación

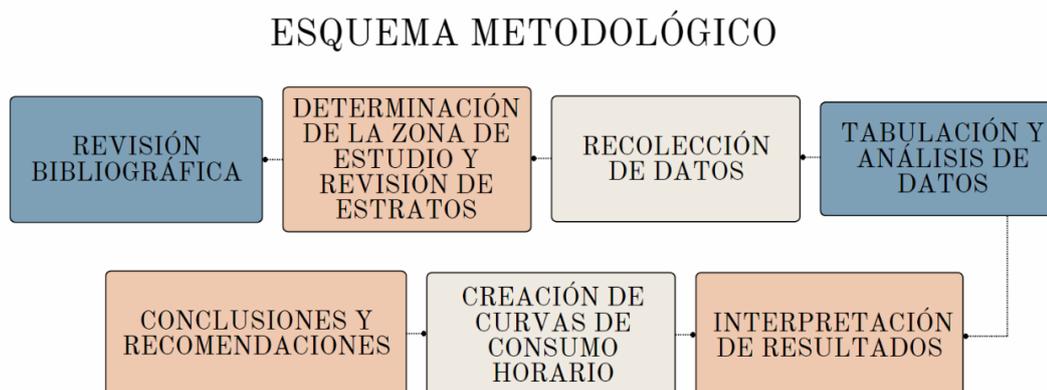
Este proyecto conlleva tres niveles o tipos de investigación: exploratorio, analítico y descriptivo.

- Exploratorio durante la fase de recolección de información al aplicar las encuestas y tomar datos de consumo de los medidores.
- Analítico al tabular e interpretar la información tanto de los resultados de las encuestas como de los consumos recolectados por cada hora.
- Descriptivo cuando se realiza el análisis de las curvas y patrones de consumo además de los caudales máximos diarios y coeficientes de consumo.

3.2 Esquema metodológico

Figura 4:

Esquema metodológico de la investigación.



Fuente. (Llamuca M. & Vallejo J., 2023)

3.3 Población de estudio y tamaño de la muestra

3.3.1 Población

La población de este estudio abarca las acometidas que se encuentran en la zona residencial del sector de La Matriz – Guano, las mismas que según los datos del catastro actualizado del departamento de Servicios Públicos del GADM Guano, son: 1460 de la red de Lluishi, 743 de la red de Barrios Altos; y, 836 de la red de La Inmaculada, sumando un total de 3039.

3.3.2 Muestra

Bernard (2011) en su libro “Research methods in anthropology”, habla sobre el “Muestreo no probabilístico y la Elección de informantes”. Menciona que cuando se van a realizar largos y laboriosos análisis en campo se puede optar por esta clase de muestreo, las muestras pueden o no ser elegidas aleatoriamente de la población total. En este estudio se eligieron de inicio 152 viviendas, las cuales fueron encuestadas y filtradas por varios

criterios. Se obtuvo como muestra final para la recolección de los datos de campo, 28 viviendas del estrato B, 26 del estrato C; y, 25 del estrato D, las mismas que se encuentran distribuidas en toda la zona de estudio abarcando también las tres redes de distribución.

3.4 Procesamiento y análisis de datos

3.4.1 Procesamiento y análisis de datos para la caracterización socioeconómica

Para este proceso, se tomó como base la investigación realizada por Cáceres y Rubio (2015) con el tema “Los efectos socio-económicos, climatológicos y de calidad de agua que inciden en el consumo de agua potable en las parroquias urbanas La Matriz y El Rosario del cantón Guano”, en donde se empleó el “Método de caracterización urbanística y socioeconómica para poblaciones menores que 150.000 habitantes” de Arellano, A., González, J., & Gavilanes, A. (2012).

En su estudio, las autoras aplican a cada manzana la ficha de caracterización urbanística que se encuentra en el **Anexo 1** y la ficha de caracterización socioeconómica que se encuentra en el **Anexo 2**. Posteriormente se obtienen puntajes en base a las características de cada manzana del estudio como son: uso de suelo, densidad poblacional, calidad de las fachadas y calzadas; y, los servicios de los que dispone la manzana.

El proceso a realizar para el método fue:

1. Manejo de la ficha de caracterización.
2. Identificación de las manzanas de uso no residencial.
3. Numeración de las manzanas de uso residencial.
4. Levantamiento de la ficha.
5. Categorización.

La caracterización se realiza por cada lado de una manzana y se suman los valores de cada uno para obtener el valor total de la manzana. Se tiene la siguiente figura para la categorización:

Figura 5:

Puntaje para la categorización de una manzana según ficha.

| RANGO | CATEGORIA | 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. (Cáceres, E. & Rubio, V., 2015)

Posteriormente se realiza una encuesta socioeconómica a una casa aleatoria de la manzana, en la que se indaga sobre la economía de la familia. Al obtener dicha información se la compara con los puntajes y se categoriza según la siguiente figura:

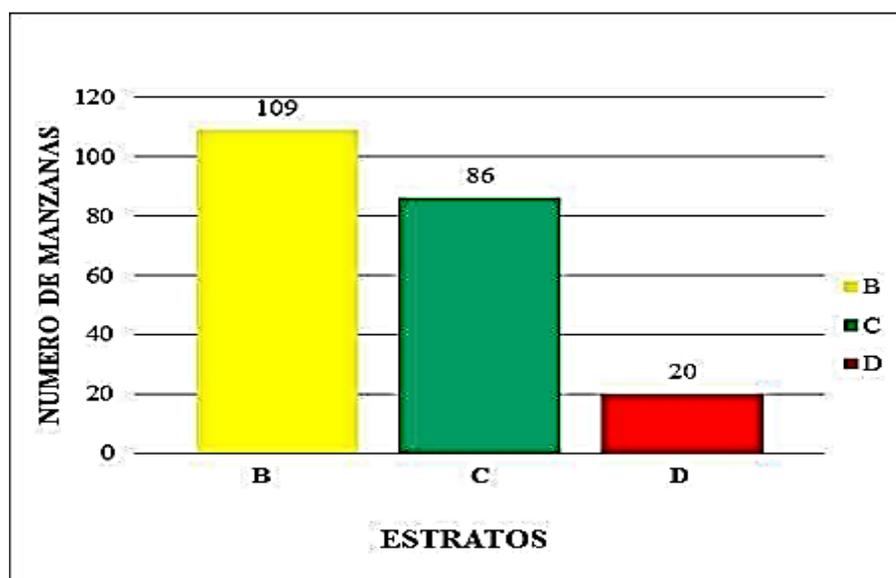
Figura 6:
Puntaje para la categorización según encuesta

| PUNTAJE | CATEGORIA | ESTRATO SOCIOECONOMICO |
|---------|-----------|------------------------|
| 100-81 | A | Alto |
| 80-61 | B | Medio Alto |
| 60-31 | C | Medio Bajo |
| 30-0 | D | Bajo |

Fuente. (Cáceres, E. & Rubio, V., 2015)

Las investigadoras llegaron a la conclusión de que en la zona residencial del cantón Guano, de las 215 manzanas estudiadas solo existen 3 estratos que son: B con el 51%, C con el 40% y D con el 9%, resultados que se muestran en la siguiente figura:

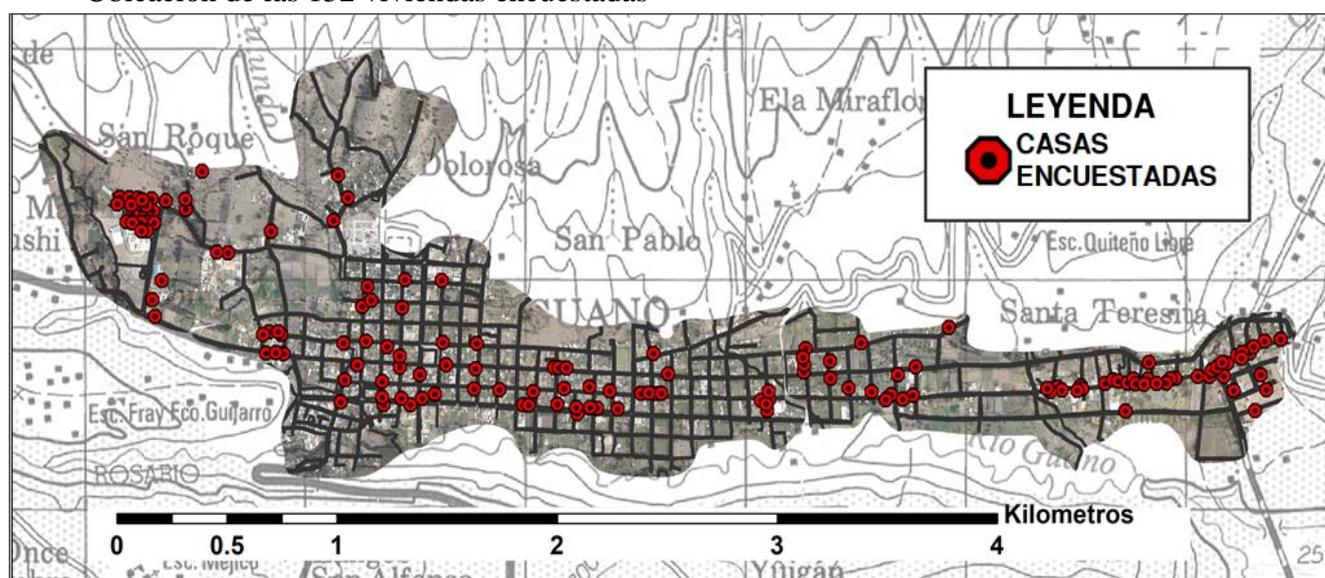
Figura 7:
Estratos socioeconómico de 215 manzanas en Guano



Fuente. (Cáceres, E. & Rubio, V., 2015)

Cotejando la información de los resultados de Cáceres y Rubio (2015) con los planos del GADM de Guano, se seleccionaron manzanas aleatorias de las cuales se tomaron 152 viviendas para realizar esta investigación, las mismas que se distribuyeron de esta forma:

Figura 8
Ubicación de las 152 viviendas encuestadas



Fuente. (Llamuca P. & Vallejo J., 2022)

3.4.2 Procesamiento y análisis de datos para la aplicación de encuestas

La encuesta aplicada a la muestra fue la que se puede ver en el **Anexo 3**, la que aporta información necesaria para el estudio como: número de habitantes por hogar, la continuidad del servicio de agua potable, número de aparatos sanitarios, la percepción sobre la calidad del agua, los usos que se le da al agua potable y si el hogar cuenta o no con un sistema de almacenamiento de agua, el mismo que podría ser una cisterna o un tanque elevado.

Se excluyeron los hogares en donde existe cisterna, tanque elevado o cualquier otro sistema de almacenamiento de agua potable, ya que eso afectaría a la continuidad o intermitencia del consumo. En las casas que no contaban con dicho sistema, los medidores fueron etiquetados de la forma que se puede ver en el **Anexo 4**.

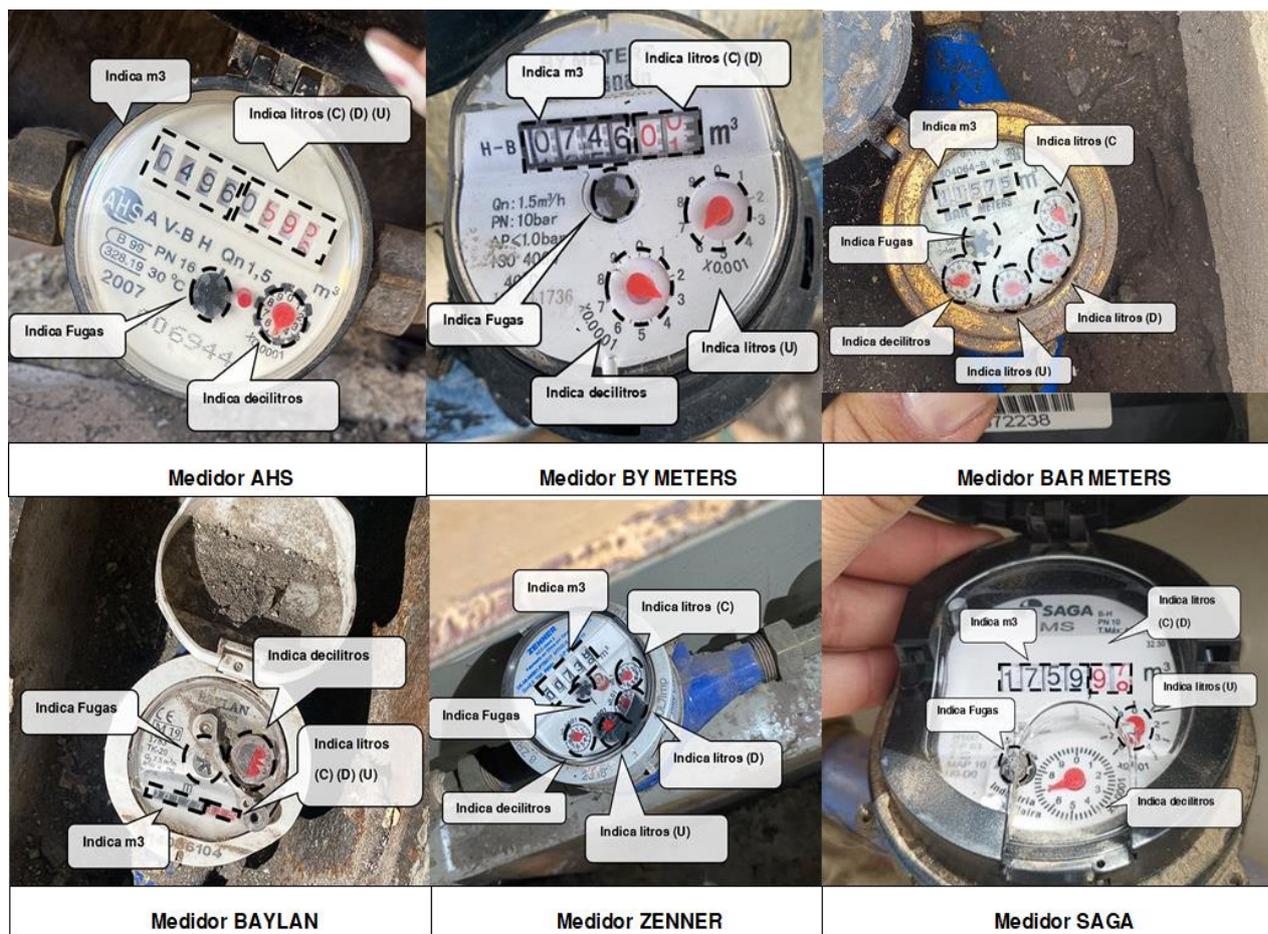
Las respuestas de las encuestas se insertaron directamente en una hoja de Excel para su posterior tabulación y análisis.

3.4.3 Procesamiento y análisis de datos recolectados en campo

Al tener las muestras aptas para el estudio, los medidores fueron etiquetados con la letra del estrato y el número de medidor que corresponde, como se ve en el **Anexo 5**.

Existen 6 marcas comerciales de medidores en el sector de La Matriz (ver **Figura 9**), todas ellas corresponden a medidores de chorro múltiple. La marca colocada corresponde a las características de la red, la ubicación de la acometida o el año en el que fueron instalados. La forma de tomar las lecturas varía dependiendo la disposición de los elementos de cada medidor.

Figura 9:
Marcas de medidores instalados en la parroquia La Matriz-Guano



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

Fuente. (Llamuca P. & Vallejo J., 2022)

El medidor de la marca AHS muestra en su lectura los dígitos 04960.5955 lo que quiere decir 4960 m³ con 595.5 l. El medidor de la marca BAR METERS, está ubicado por lo general en el piso cerca de las viviendas, este solo cuenta con una lectura principal en metros cúbicos y 4 ruedas para la lectura de los decimales al igual que el ZENNER, con la diferencia de que la rueda del tercer decimal no tiene manecilla, sino que la rueda es la que se mueve. Los medidores BY METERS, BAYLAN y SAGA ubicados en el suelo o en la fachada de las viviendas comparten las mismas características de los anteriores descritos.

La forma más adecuada para tomar estas lecturas, es el registro de cada decimal en sentido horario, posteriormente se debe realizar una relectura para evitar errores de apreciación (Véase **Anexo 6**).

Se generaron dos rutas para la recolección de datos: la Ruta A abarcó los medidores que se encuentran desde el sector Santa Teresita hasta el Parque Central de Guano y la Ruta B desde el Parque Central hasta a zona de los refugiados en el sector de Barrios Altos. Las mediciones se tomaron en intervalos de una hora a través de un registro fotográfico para posteriormente ser almacenadas y organizadas.

3.4.4 Proceso para la digitalización de resultados

Figura 10:
 Ficha de registro y hoja de consumo

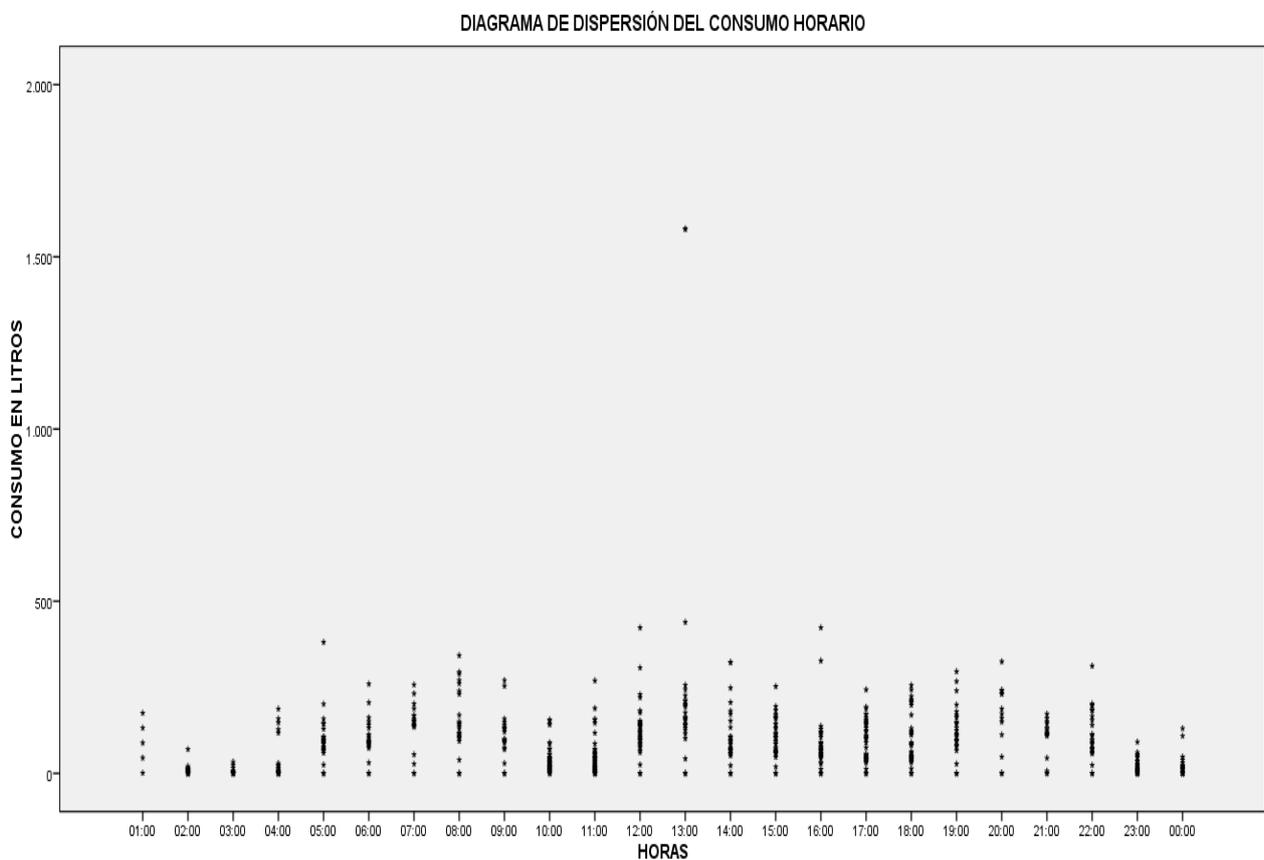
| ANÁLISIS DEL CONSUMO HORARIO RESIDENCIAL DE AGUA POTABLE DEL CANTÓN GUANO | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------------|-----------------|-----------------|---|-----------------|-----------------|-----------------|------------------------------------|-------------|-------------|-------------|--------|---------|--------|---------|
| FICHA DE REGISTRO DE LECTURA HORARIO | | | | | | | | HOJA DE CALCULO DE CONSUMO HORARIO | | | | | | | |
| CODIGO-MEDIDOR | B27 | RED | INMACULADA | SEMANA 03 DE OCTUBRE - 09 DE OCTUBRE 2022 | | | | HORA | LUNES | MARTES | MIÉRCOLES | JUEVES | VIERNES | SABADO | DOMINGO |
| | | | | CONSUMO [L] | CONSUMO [L] | CONSUMO [L] | CONSUMO [L] | | CONSUMO [L] | CONSUMO [L] | CONSUMO [L] | | | | |
| INTERVALO | LUNES | MARTES | MIÉRCOLES | JUEVES | VIERNES | SABADO | DOMINGO | | | | | | | | |
| | LECTURA MEDIDOR | LECTURA MEDIDOR | LECTURA MEDIDOR | LECTURA MEDIDOR | LECTURA MEDIDOR | LECTURA MEDIDOR | LECTURA MEDIDOR | | | | | | | | |
| 24:00 a 01:00 | 5209.2120 | 5210.3280 | 5211.4720 | 5212.6420 | 5214.0785 | 5215.4623 | 5216.7981 | 01:00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 01:00 a 02:00 | 5209.2120 | 5210.3280 | 5211.4720 | 5212.6420 | 5214.0785 | 5215.4623 | 5216.7981 | 02:00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 02:00 a 03:00 | 5209.2120 | 5210.3280 | 5211.4720 | 5212.6420 | 5214.0785 | 5215.4623 | 5216.7981 | 03:00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 03:00 a 04:00 | 5209.2120 | 5210.3280 | 5211.4720 | 5212.6420 | 5214.0785 | 5215.4623 | 5216.7981 | 04:00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 2.0 | 1.8 | 3.5 | 0.0 |
| 04:00 a 05:00 | 5209.2120 | 5210.3280 | 5211.4720 | 5212.6440 | 5214.0803 | 5215.4658 | 5216.7981 | 05:00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.3 | 5.3 |
| 05:00 a 06:00 | 5209.2120 | 5210.3280 | 5211.4720 | 5212.6440 | 5214.0803 | 5215.4661 | 5216.8034 | 06:00 | 0.0 | 15.0 | 0.0 | 0.0 | 10.0 | 5.2 | 9.2 |
| 6:00 a 7:00 | 5209.2120 | 5210.3430 | 5211.4720 | 5212.6440 | 5214.0903 | 5215.4713 | 5216.8126 | 07:00 | 14.0 | 49.0 | 4.0 | 0.0 | 12.0 | 20.0 | 1.0 |
| 7:00 a 8:00 | 5209.2260 | 5210.3920 | 5211.4760 | 5212.6440 | 5214.1023 | 5215.4913 | 5216.8136 | 08:00 | 0.0 | 22.0 | 0.0 | 0.0 | 46.0 | 0.0 | 0.0 |
| 8:00 a 9:00 | 5209.2260 | 5210.4140 | 5211.4760 | 5212.6440 | 5214.1483 | 5215.4913 | 5216.8136 | 09:00 | 61.0 | 28.0 | 4.0 | 20.0 | 5.0 | 1.0 | 42.0 |
| 9:00 a 10:00 | 5209.2870 | 5210.4420 | 5211.4800 | 5212.6640 | 5214.1533 | 5215.4923 | 5216.8556 | 10:00 | 242.0 | 108.0 | 42.0 | 154.0 | 41.0 | 9.0 | 28.0 |
| 10:00 a 11:00 | 5209.5290 | 5210.5500 | 5211.5220 | 5212.8180 | 5214.1943 | 5215.5013 | 5216.8836 | 11:00 | 22.0 | 265.0 | 128.0 | 264.0 | 114.0 | 282.0 | 22.0 |
| 11:00 a 12:00 | 5209.5510 | 5210.8150 | 5211.6500 | 5213.0820 | 5214.3083 | 5215.7833 | 5216.9056 | 12:00 | 222.0 | 141.0 | 152.0 | 252.0 | 102.0 | 170.0 | 127.0 |
| 12:00 a 13:00 | 5209.7730 | 5210.9560 | 5211.8020 | 5213.3340 | 5214.4103 | 5215.9533 | 5217.0326 | 13:00 | 284.0 | 111.0 | 42.0 | 152.0 | 102.0 | 155.0 | 172.0 |
| 13:00 a 14:00 | 5210.0570 | 5211.0670 | 5211.8440 | 5213.4860 | 5214.5123 | 5216.1083 | 5217.2046 | 14:00 | 101.0 | 264.0 | 156.0 | 101.0 | 120.0 | 269.0 | 220.0 |
| 14:00 a 15:00 | 5210.1580 | 5211.3310 | 5212.0000 | 5213.5870 | 5214.6323 | 5216.3773 | 5217.4246 | 15:00 | 1.0 | 14.0 | 201.0 | 112.0 | 40.0 | 22.0 | 51.0 |
| 15:00 a 16:00 | 5210.1590 | 5211.3450 | 5212.2010 | 5213.6990 | 5214.6723 | 5216.3993 | 5217.4756 | 16:00 | 10.0 | 2.0 | 2.0 | 20.0 | 142.0 | 25.0 | 79.0 |
| 16:00 a 17:00 | 5210.1690 | 5211.3470 | 5212.2030 | 5213.7190 | 5214.8143 | 5216.4243 | 5217.5546 | 17:00 | 2.0 | 10.0 | 41.0 | 4.5 | 28.0 | 140.0 | 94.0 |
| 17:00 a 18:00 | 5210.1710 | 5211.3570 | 5212.2440 | 5213.7236 | 5214.8423 | 5216.5643 | 5217.6486 | 18:00 | 0.0 | 2.0 | 2.0 | 25.0 | 225.0 | 48.0 | 47.0 |
| 18:00 a 19:00 | 5210.1710 | 5211.3590 | 5212.2460 | 5213.7486 | 5215.0673 | 5216.6123 | 5217.6956 | 19:00 | 44.0 | 52.0 | 249.0 | 152.0 | 142.0 | 28.5 | 14.5 |
| 19:00 a 20:00 | 5210.2150 | 5211.4110 | 5212.4950 | 5213.9005 | 5215.2093 | 5216.6408 | 5217.7101 | 20:00 | 68.0 | 15.0 | 122.0 | 149.0 | 28.0 | 122.6 | 58.8 |
| 20:00 a 21:00 | 5210.2830 | 5211.4260 | 5212.6170 | 5214.0495 | 5215.2373 | 5216.7634 | 5217.7689 | 21:00 | 45.0 | 46.0 | 25.0 | 29.0 | 225.0 | 26.7 | 4.8 |
| 21:00 a 22:00 | 5210.3280 | 5211.4720 | 5212.6420 | 5214.0785 | 5215.4623 | 5216.7901 | 5217.7737 | 22:00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 8.0 | 5.9 |
| 22:00 a 23:00 | 5210.3280 | 5211.4720 | 5212.6420 | 5214.0785 | 5215.4623 | 5216.7981 | 5217.7796 | 23:00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 23:00 a 24:00 | 5210.3280 | 5211.4720 | 5212.6420 | 5214.0785 | 5215.4623 | 5216.7981 | 5217.7796 | 00:00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | | | | | | | | MAX | 284.0 | 265.0 | 249.0 | 264.0 | 225.0 | 282.0 | 220.0 |

Fuente. (Llamuca P. & Vallejo J., 2022)

La lectura de cada una de las fotografías fue registrada en una hoja de Excel por cada medidor, la misma que se programó para calcular automáticamente el consumo en litros de cada vivienda por hora. La información fue organizada por estratos y por redes de distribución, como se puede ver por el ejemplo el caso de la muestra B27 en la **Figura 10**.

Una vez finalizada la etapa del registro de las 13272 lecturas y la obtención de los consumos horarios de cada una de ellas, se realizó el análisis estadístico por medio del software SPSS con el que se obtuvieron los diagramas de dispersión (**véase Anexo 7**) tanto por estratos como por redes. A manera de ejemplo, se presenta el diagrama de dispersión de todas las muestras registradas en la Parroquia La Matriz-Guano.

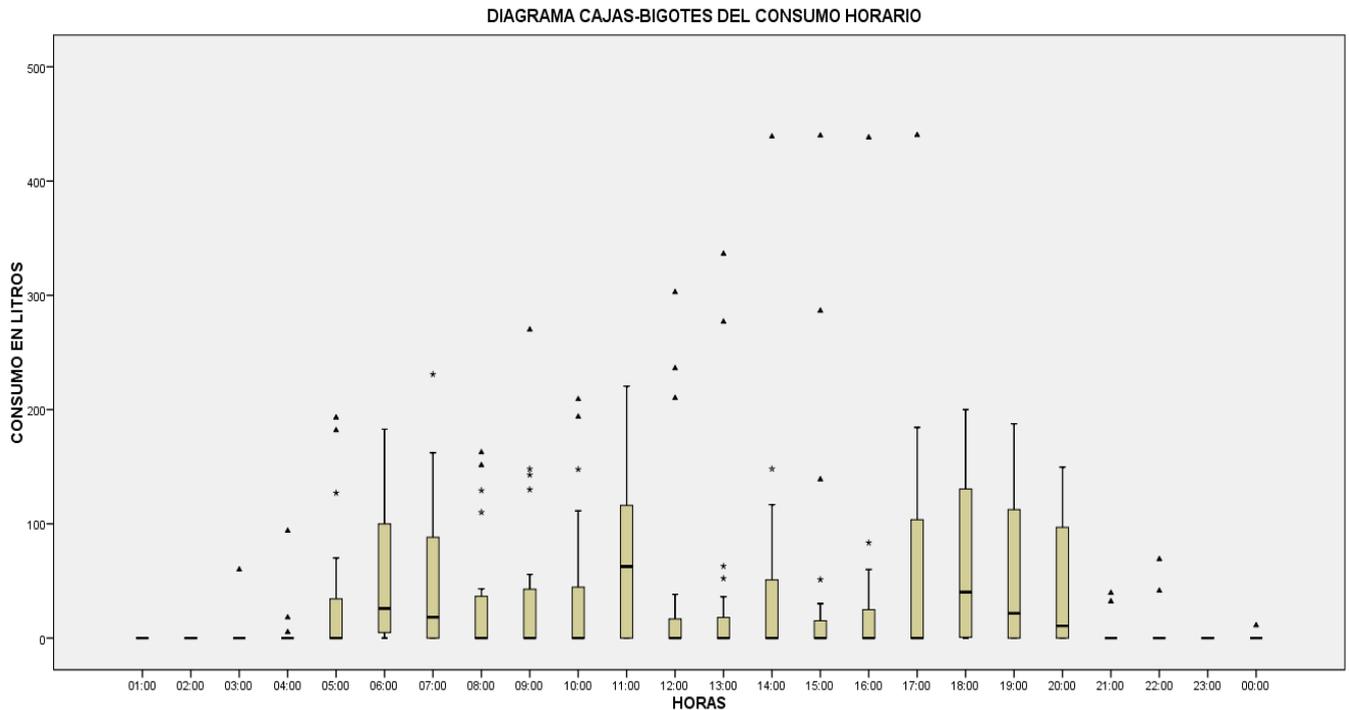
Figura 11:
Diagrama de dispersión de la parroquia La Matriz-Guano



Fuente. (Llamuca P. & Vallejo J., 2022)

Posteriormente se utilizó el método estándar de cajas y bigotes para la depuración de datos anómalos y para la representación gráfica de los consumos horarios a través de cuartiles con la ayuda de softwares como Excel y SPSS, seleccionando los datos de cuartil 3 ya que es una condición intermedia (ver **Figura 12 y Anexo 8**).

Figura 12:
Diagrama cajas-bigotes del consumo horario Red Barrios Altos estrato C.



Fuente. (Llamuca P. & Vallejo J., 2022)

Una vez obtenidos los valores del cuartil 3 de las gráficas, se obtuvieron los consumos horarios válidos para la construcción de cada curva, se repite este proceso para cada red de distribución dividida por estratos socioeconómicos. Cada estrato dividido en redes de distribución y una comparación de La Matriz - Guano por estratos socioeconómicos y por redes. Otros parámetros y coeficientes encontrados en este estudio fueron los siguientes:

3.4.5 Caudal medio

El caudal medio (**Qmed**) es un promedio aritmético entre los consumos horarios de agua. El mismo se expresa en la ecuación (1) (CPE INEN 5, 1992):

$$Q_{med} = \frac{\sum Q_h}{24} \quad (1)$$

Donde:

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

3.4.6 Caudal de fondo de fugas

De conformidad con la norma CPE INEN 5 (1992), se interpreta que el sistema de agua potable de La Matriz-Guano, cuenta con las características suficientes para considerar que el 20% del caudal medio es un valor apropiado para ser considerado como fondo de

fugas. Se entiende como caudal de fondo de fugas al valor que podría presentarse en horas de menor consumo, generalmente en la madrugada, el mismo que se define en la ecuación (2).

$$Q_{ff} = Q_{med} * 20\% \quad (2)$$

Donde:

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

3.4.7 Construcción de las curvas

Para la construcción de las curvas se adicionó el caudal del fondo de fugas a cada consumo horario representado en las curvas primarias obtenidas y clasificadas por estratos socioeconómicos y por redes de distribución. Las gráficas del caudal horario de cada estrato o red de distribución son comparadas con su respectivo Q_{med} y entre sí (Ver **Anexo 9**).

3.4.8 Coeficiente de variación de consumo horario

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 (3) (CPE INEN 5, 1992):

$$kh = \frac{Q_h}{Q_{med}}$$

Donde:

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

Finalmente se calculó el coeficiente de variación de consumo horario de cada una de las curvas, comparando el histograma de coeficientes con el kh máximo de la norma CPE INEN 5 (1992) (ver **Anexo 10**).

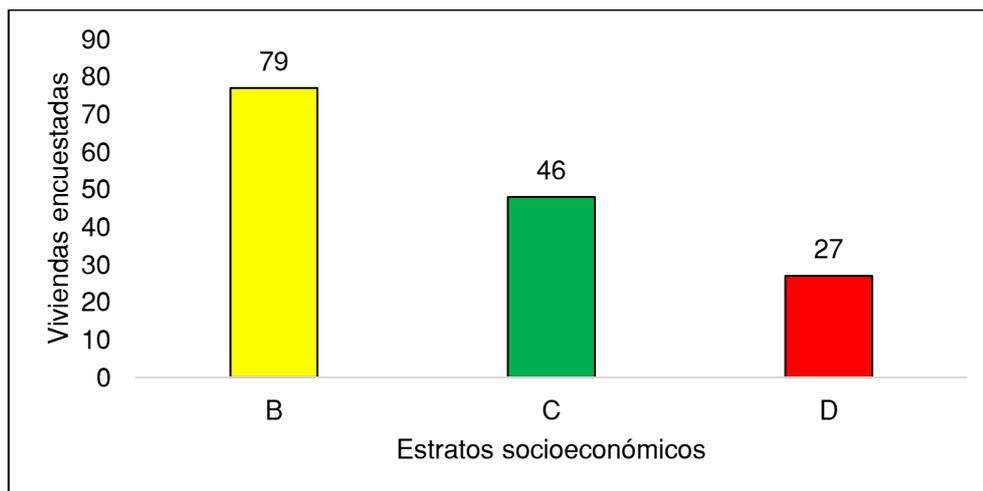
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Principales factores que inciden en el consumo de agua potable

4.1.1 Clasificación urbanística socioeconómica

Como se observa en la **Figura 13**, según la muestra de este estudio, de 152 viviendas encuestadas, el 50.7% son estrato B, el 31.6% estrato C y 17.8% estrato D.

Figura 13:
Tabulación de estratos socioeconómicos de 152 manzanas.



Fuente. (Llamuca P. & Vallejo J., 2022)

Estos estratos se encuentran distribuidos de la siguiente forma en las 3 redes de distribución del sector La Matriz-Guano:

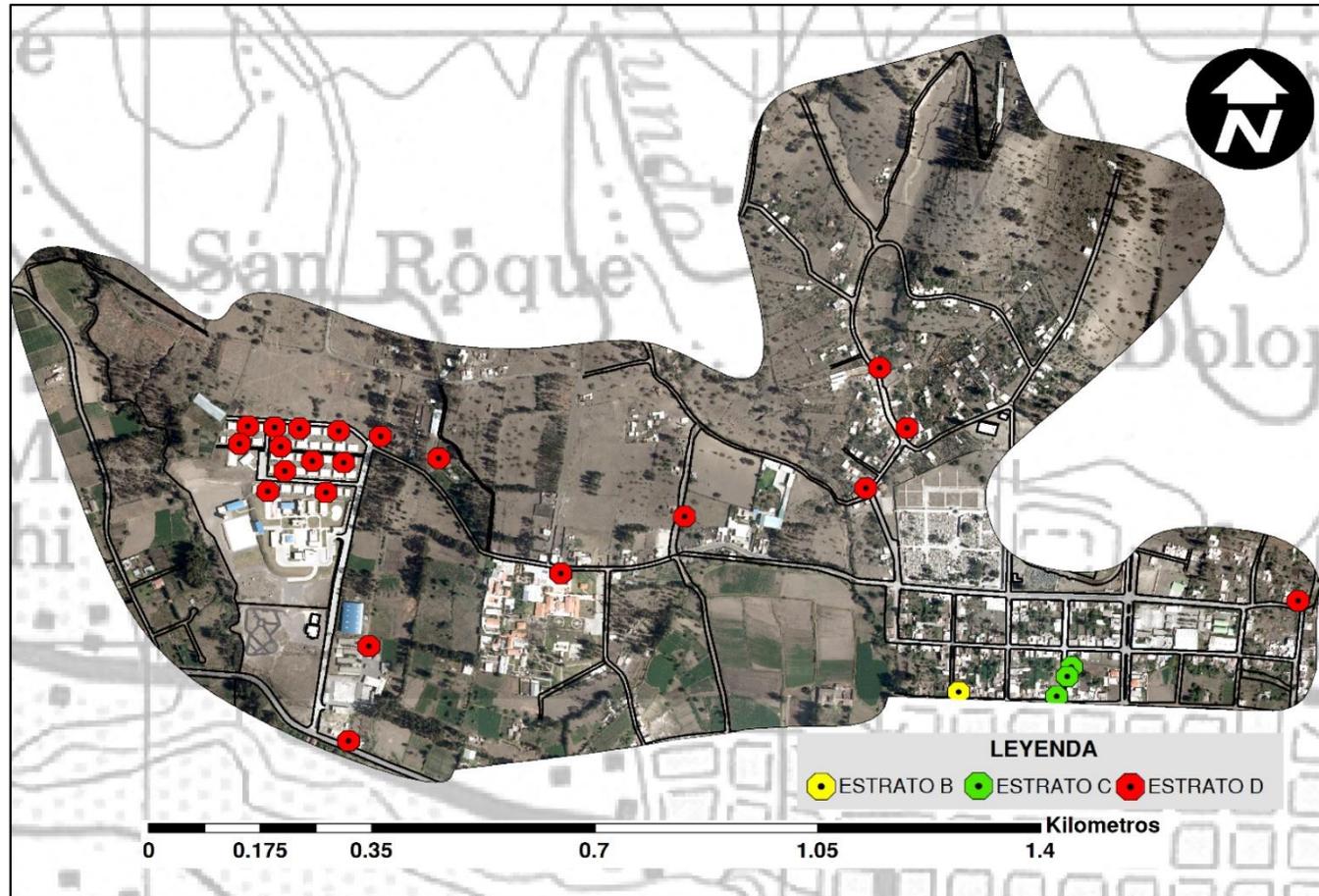
Tabla 5:
Distribución de estratos en redes de distribución.

| REDES/ESTRADOS | VIVIENDAS |
|----------------------|------------|
| BARRIOS ALTOS | 51 |
| ESTRATO B | 2 |
| ESTRATO C | 28 |
| ESTRATO D | 23 |
| INMACULADA | 50 |
| ESTRATO B | 31 |
| ESTRATO C | 13 |
| ESTRATO D | 6 |
| LLUSHI | 51 |
| ESTRATO B | 46 |
| ESTRATO C | 5 |
| TOTAL | 152 |

Fuente. (Llamuca P. & Vallejo J., 2022)

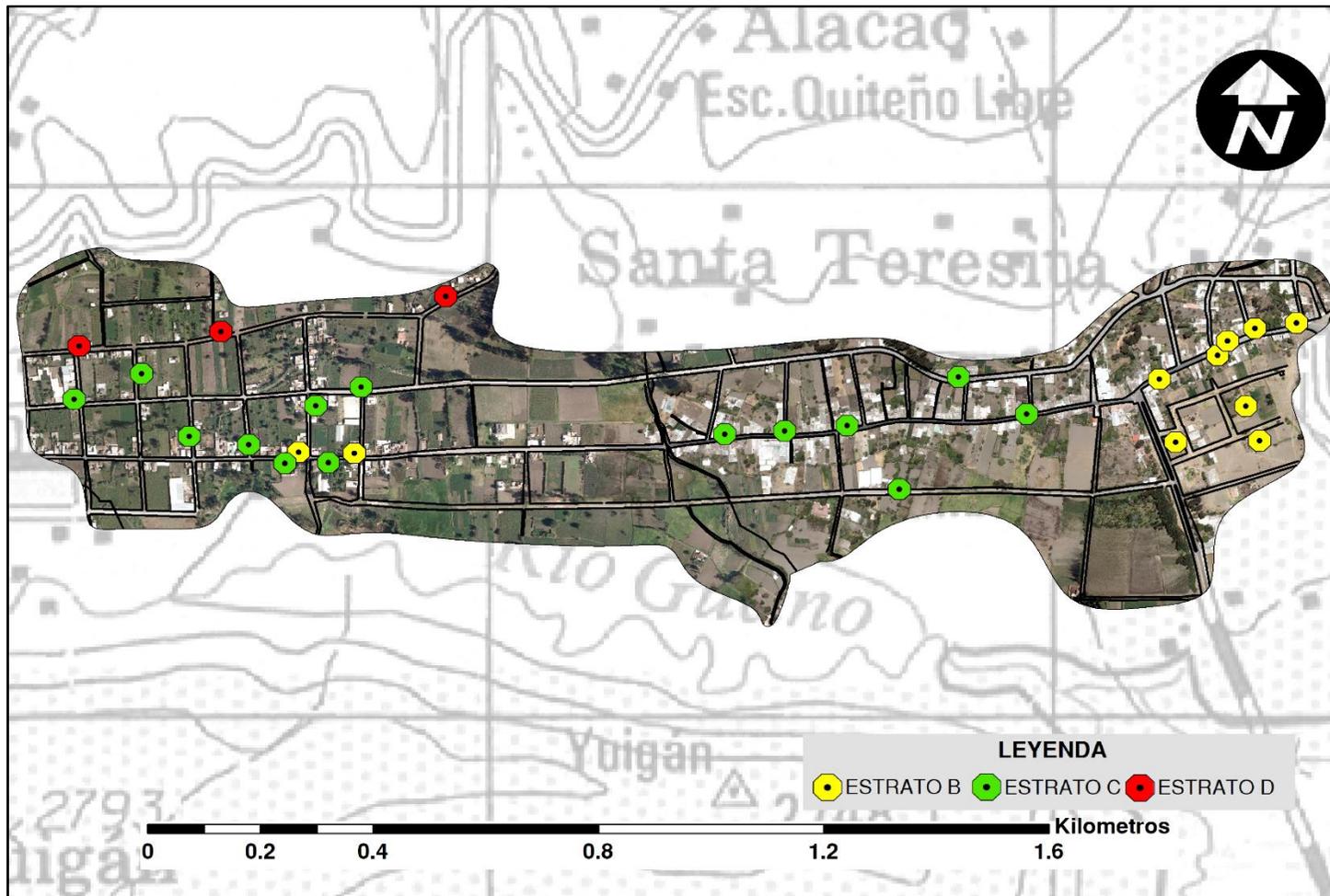
Distribuidas geográficamente de la siguiente manera:

Figura 14:
Mapa de la red de distribución Barrios Altos



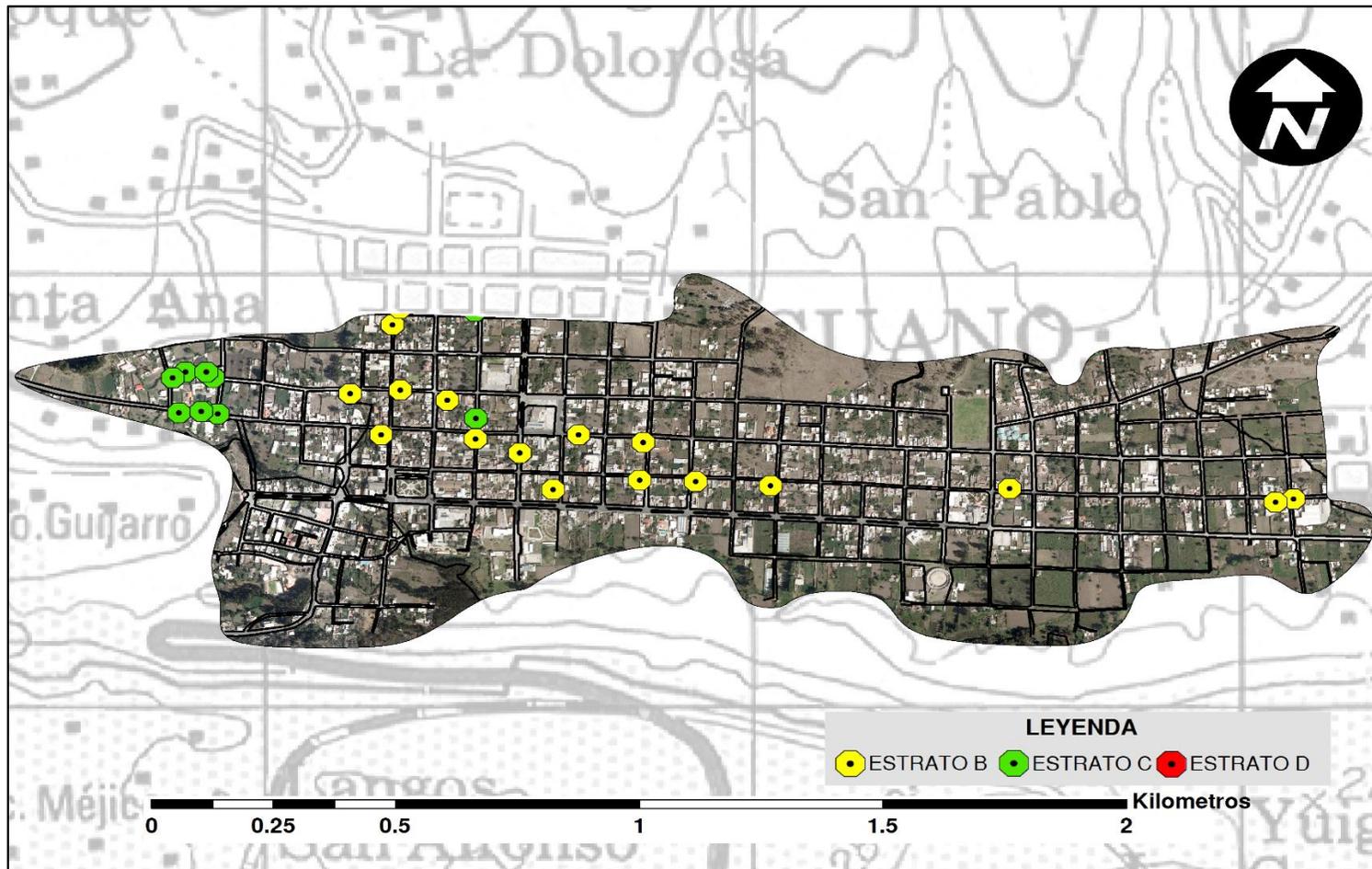
Fuente. (Llamuca P. & Vallejo J., 2022)

Figura 15:
Mapa de la red de distribución Inmaculada



Fuente. (Llamuca P. & Vallejo J., 2022)

Figura 16:
Mapa de la red de distribución Lluishi

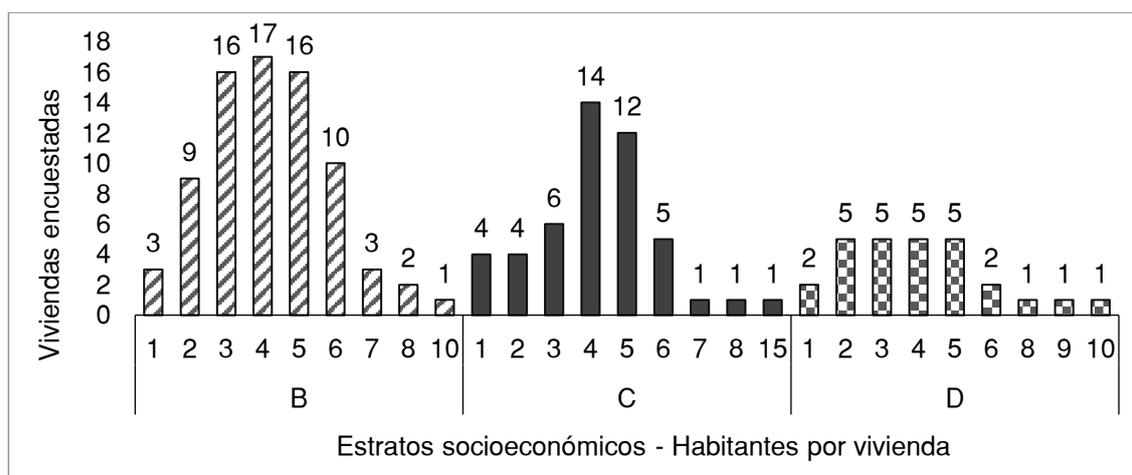


Fuente. (Llamuca P. & Vallejo J., 2022)

4.1.2 Habitantes por vivienda

Se obtuvo como resultado que, en el estrato B, se tiene un promedio de 4.00 hab/casa, en el estrato C, 4.47 hab/casa, y en el estrato D, 4.10 hab/casa. Al realizar un promedio ponderado considerando las fracciones de cada estrato socioeconómico de los habitantes por vivienda de este estudio, se obtuvo un promedio de 4.20 habitantes por hogar en la cabecera cantonal. La distribución de habitantes por estrato se puede observar en la **Figura 17**.

Figura 17:
Habitantes por vivienda según su estrato.

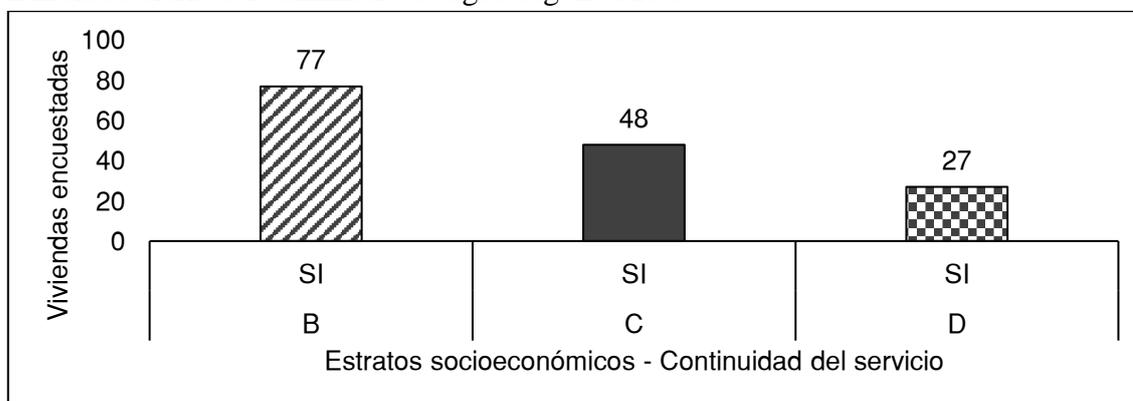


Fuente. (Llamuca P. & Vallejo J., 2022)

4.1.3 Suministro y abastecimiento

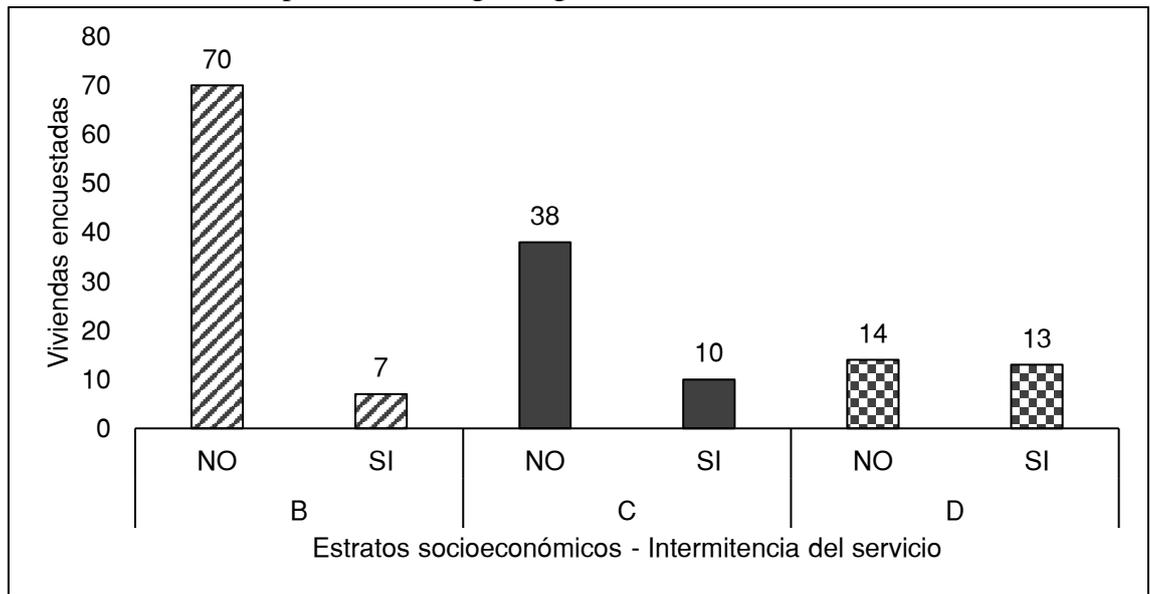
Al analizar los resultados de las encuestas aplicadas, se determinó que el 100% de los hogares de los tres estratos socioeconómicos, cuentan con el servicio de agua potable todos los días. Dentro del estrato B, el 9.09%, en el estrato C el 20.83% y en el estrato D, el 48.15% han experimentado cortes de agua esporádicos, ya sea por mantenimiento o falla del sistema, como se puede ver en las **Figuras 18 y 19**.

Figura 18:
Continuidad diaria del suministro de agua según estrato.



Fuente. (Llamuca P. & Vallejo J., 2022)

Figura 19:
Intermitencia del suministro por cortes de agua según su estrato.

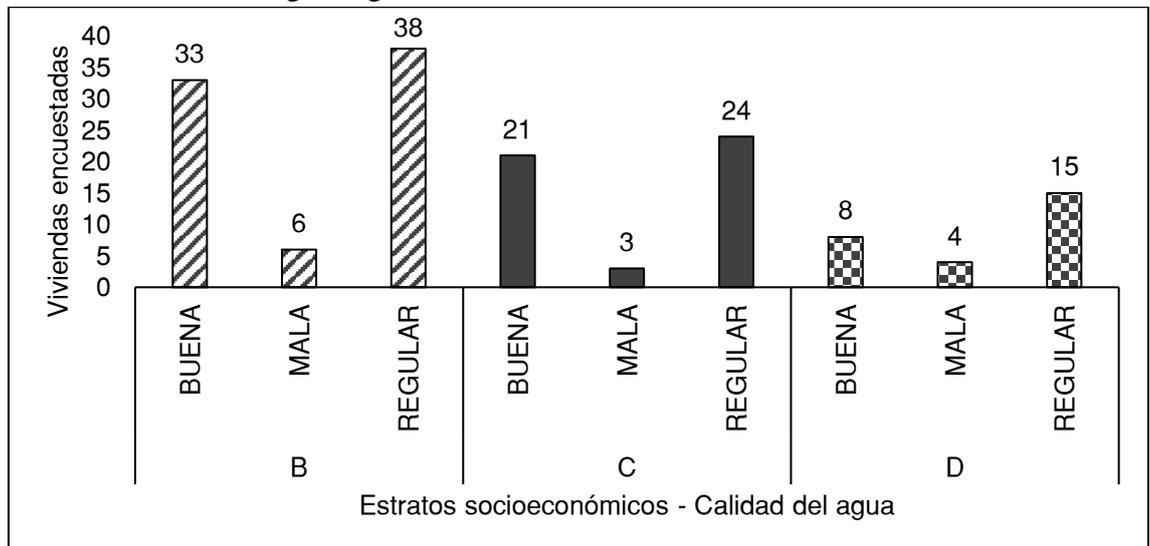


Fuente. (Llamuca P. & Vallejo J., 2022)

4.1.4 Calidad del agua

Tras tabular los datos de campo se obtuvo que, según la percepción de los usuarios, en el estrato B el 49.35%, en el estrato C el 50% y en el estrato D, el 55.55% consideran al agua con una calidad regular como se ve en la **Figura 20**.

Figura 20:
Percepción de la calidad de agua según su estrato.



Fuente. (Llamuca P. & Vallejo J., 2022)

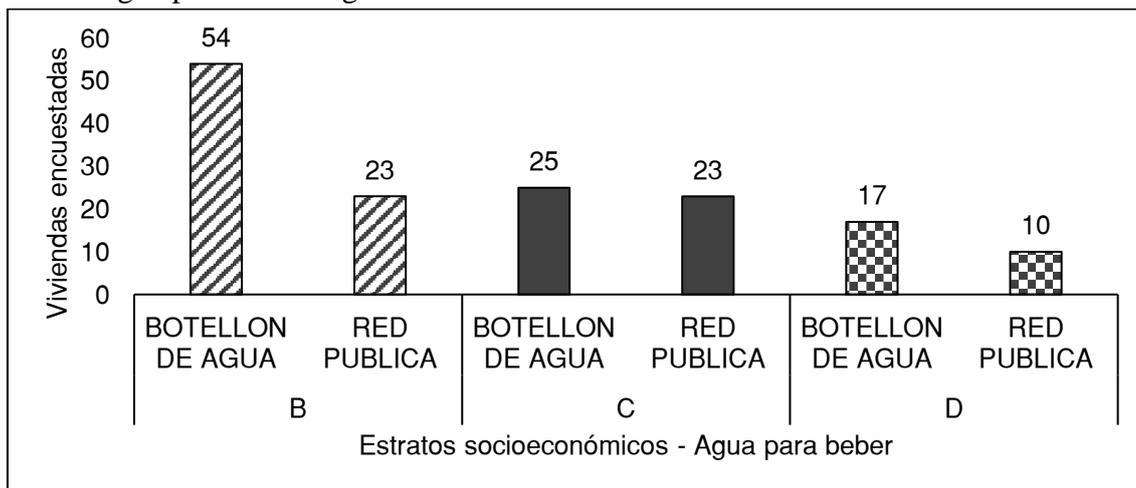
4.1.5 Uso del agua

Dentro de las actividades cotidianas de uso del agua se tiene: beber, aseo, jardín, lavar y cocinar. Según las encuestas realizadas, los moradores de la muestra determinada

para el estudio, le dan un uso correcto al agua potable, es decir que no la usan para riego ni otra actividad.

Al realizar las encuestas se pudo encontrar que la mayoría de usuarios de la red optan por el consumo de agua de botellón antes que consumir el agua de la red para beber, es así que en el estrato B, el 70.13%, en el estrato C, el 52.08% y en el estrato D, el 62.96% consumen agua de botellón. Lo que se puede observar en la **Figura 21**.

Figura 21:
Preferencia de agua para beber según su estrato.

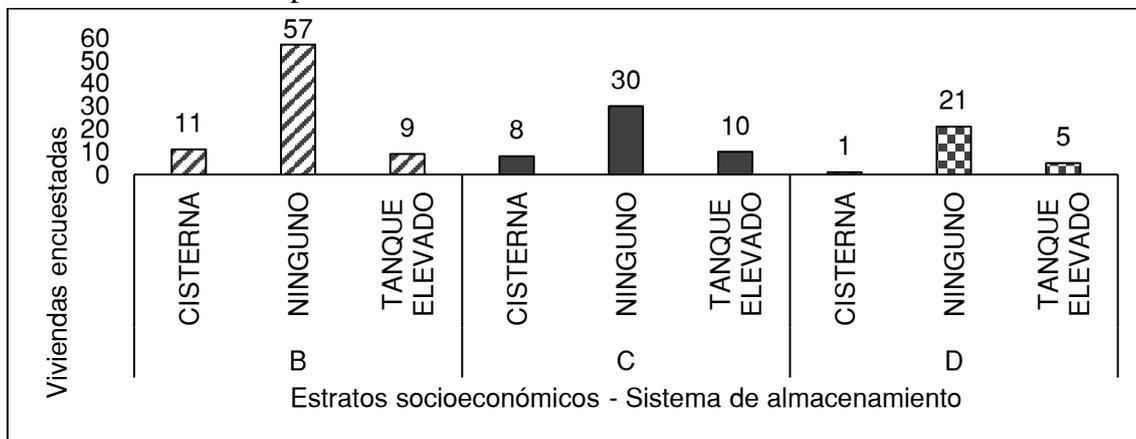


Fuente. (Llamuca P. & Vallejo J., 2022)

4.1.6 Sistemas de almacenamiento

Los resultados que arrojan las encuestas en este apartado son que, según su estrato socioeconómico, de las viviendas del estrato A el 74.02% no cuentan con ningún tipo de almacenamiento, al igual que el 62.5% del estrato B y el 77.78% del estrato C. Las demás viviendas si cuentan con un sistema de almacenamiento sea este cisterna o tanque elevado. Como se puede observar en la **Figura 22**.

Figura 22:
Sistemas de almacenamiento por estratos socioeconómicos.



Fuente. (Llamuca P. & Vallejo J., 2022)

4.1.7 Aparatos sanitarios

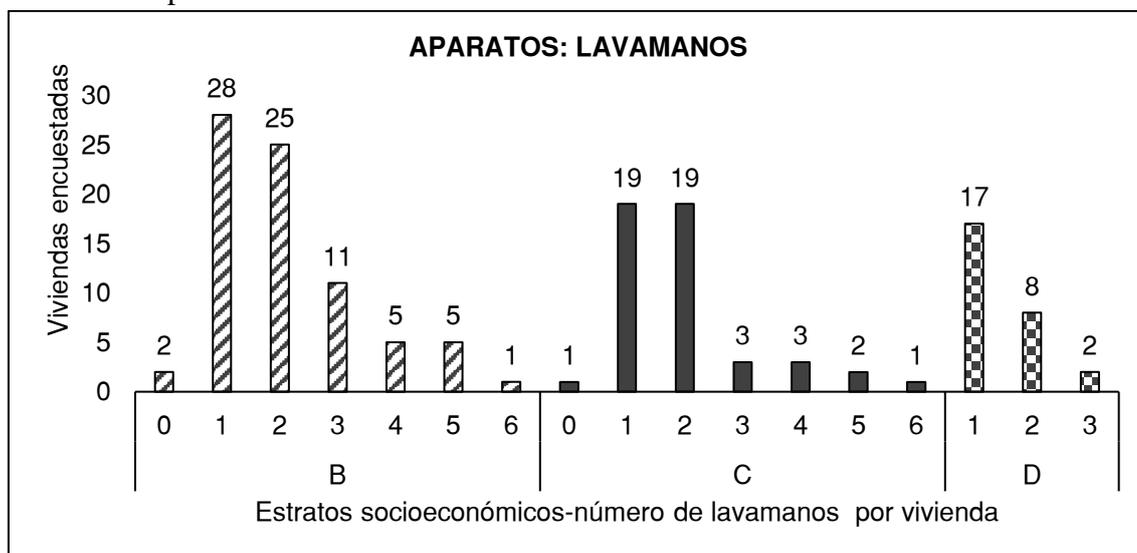
En el último apartado de la encuesta aplicada, se solicitó a cada encuestado que detalle cuantos lavamanos, inodoros y duchas tiene su vivienda.

Se obtuvieron como resultado los siguientes datos: en el estrato B, el 68.83%, en el estrato C, el 79.16% y en el estrato D, el 92.59%, tiene de 1 a 2 lavamanos.

En cuanto a inodoros, en el estrato B, el 80.52%, en el estrato C, el 79.61% y en el estrato D, el 92.59% tienen de 1 a 2 aparatos. Estos valores son similares para la cantidad de duchas. Estos resultados se pueden observar en las **Figuras 23, 24 y 25**

Figura 23:

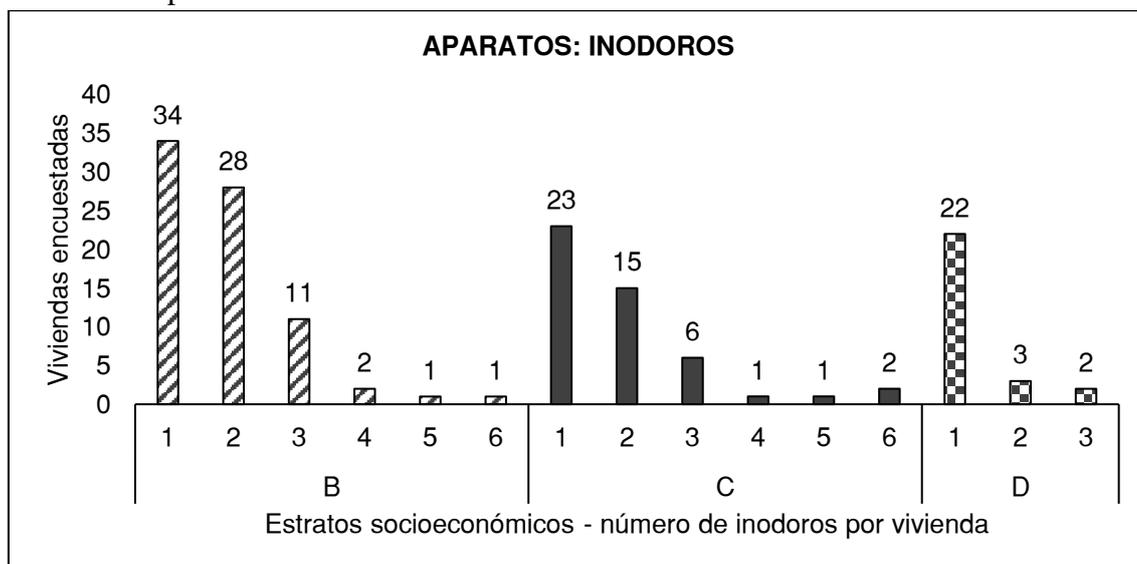
Aparatos sanitarios por estratos socioeconómicos.



Fuente. (Llamuca P. & Vallejo J., 2022)

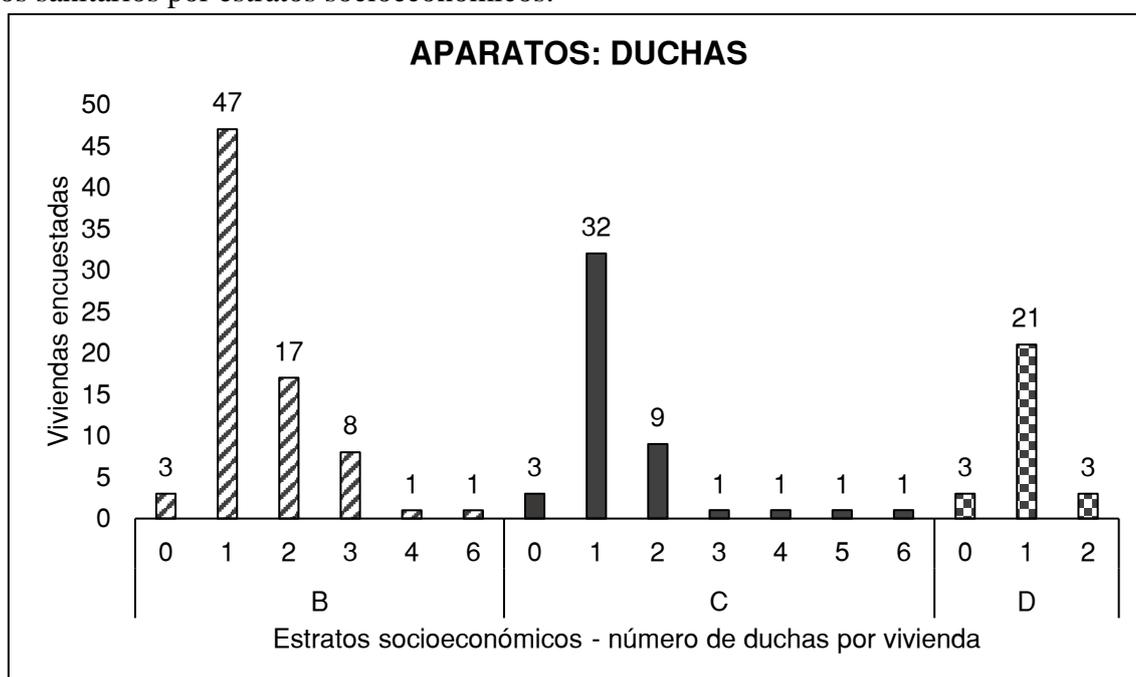
Figura 24:

Aparatos sanitarios por estratos socioeconómicos.



Fuente. (Llamuca P. & Vallejo J., 2022)

Figura 25:
Aparatos sanitarios por estratos socioeconómicos.



Fuente. (Llamuca P. & Vallejo J., 2022)

4.2. Curvas de consumo horario residencial

4.2.1. Consumos horarios máximos por redes de distribución

Los resultados obtenidos en la **Tabla 6** indican la comparación entre los consumos de cada una de las redes de distribución, en las mismas se puede apreciar las horas a las que se registra mayor consumo que se representarán gráficamente en las curvas de consumo horario.

Al final de la tabla se tiene el caudal máximo y la hora a la que este se registra en cada red, siendo el mayor 151.21 l/h correspondiente a la red de Lluishi a las 19h00.

Tabla 6:

Comparación de consumos horarios por redes de distribución.

| HORA (h) | INMACULADA (l/h) Qh + 20%Qmed | LLUSHI (l/h) Qh + 20%Qmed | BARRIOS ALTOS (l/h) Qh + 20%Qmed |
|----------|----------------------------------|------------------------------|-------------------------------------|
| 01:00 | 7.98 | 10.80 | 4.19 |
| 02:00 | 7.98 | 10.80 | 4.19 |
| 03:00 | 7.98 | 10.80 | 4.19 |
| 04:00 | 7.98 | 10.80 | 22.30 |
| 05:00 | 35.88 | 96.30 | 33.74 |
| 06:00 | 106.98 | 134.25 | 61.35 |
| 07:00 | 64.78 | 88.30 | 50.06 |
| 08:00 | 45.98 | 72.65 | 32.49 |
| 09:00 | 38.98 | 47.30 | 6.39 |
| 10:00 | 43.38 | 35.80 | 5.04 |

| HORA (h) | INMACULADA (l/h) | LLUISHI (l/h) | BARRIOS ALTOS (l/h) |
|----------|------------------|---------------|---------------------|
| | Qh + 20%Qmed | Qh + 20%Qmed | Qh + 20%Qmed |
| 11:00 | 81.68 | 135.75 | 45.24 |
| 12:00 | 110.81 | 109.90 | 45.30 |
| 13:00 | 66.98 | 111.35 | 24.99 |
| 14:00 | 75.28 | 71.90 | 23.37 |
| 15:00 | 28.98 | 41.50 | 14.49 |
| 16:00 | 27.98 | 24.55 | 16.54 |
| 17:00 | 59.58 | 34.10 | 12.44 |
| 18:00 | 55.98 | 102.25 | 43.04 |
| 19:00 | 91.88 | 151.21 | 57.87 |
| 20:00 | 87.58 | 143.80 | 54.12 |
| 21:00 | 67.98 | 73.30 | 29.59 |
| 22:00 | 10.98 | 16.50 | 4.19 |
| 23:00 | 7.98 | 10.80 | 4.19 |
| 00:00 | 7.98 | 10.80 | 4.19 |
| Q PICO | 110.81 | 151.21 | 61.35 |
| h PICO | 12:00 | 19:00 | 06:00 |

Fuente. (Llamuca P. & Vallejo J., 2022)

4.2.2. Consumos horarios máximos por estratos socioeconómicos

En la **Tabla 7** se comparan los consumos de cada uno de los estratos socioeconómicos y se puede apreciar las horas a las que se registra mayor consumo para ser representadas gráficamente en las curvas de consumo horario.

Al final de la tabla se tiene el caudal máximo y la hora a la que este se registra en cada estrato, siendo el mayor 143.20 l/h correspondiente al estrato socioeconómico B a las 20h00.

Tabla 7:

Comparación de consumos horarios por estratos socioeconómicos

| HORA (h) | ESTRATO B (l/h) | ESTRATO C (l/h) | ESTRATO D (l/h) |
|----------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | Qh + 20%Qmed | Qh + 20%Qmed | Qh + 20%Qmed |
| 01:00 | 11.10 | 8.25 | 3.94 |
| 02:00 | 10.20 | 8.25 | 3.94 |
| 03:00 | 10.20 | 8.25 | 3.94 |
| 04:00 | 10.20 | 8.25 | 28.90 |
| 05:00 | 53.53 | 62.25 | 34.74 |
| 06:00 | 128.70 | 112.30 | 58.61 |
| 07:00 | 96.08 | 59.27 | 43.02 |
| 08:00 | 57.35 | 52.22 | 33.24 |
| 09:00 | 52.20 | 16.62 | 6.14 |
| 10:00 | 57.58 | 21.22 | 4.04 |
| 11:00 | 130.70 | 87.70 | 29.24 |
| 12:00 | 126.15 | 98.91 | 46.47 |
| 13:00 | 86.45 | 94.32 | 26.54 |
| 14:00 | 71.03 | 76.47 | 23.07 |
| 15:00 | 41.13 | 30.00 | 15.94 |

| | | | |
|--------|--------|--------|-------|
| 16:00 | 30.20 | 17.95 | 16.34 |
| 17:00 | 30.95 | 68.37 | 17.84 |
| 18:00 | 38.68 | 102.82 | 31.54 |
| 19:00 | 141.85 | 123.68 | 51.99 |
| 20:00 | 143.20 | 72.80 | 48.74 |
| 21:00 | 99.20 | 33.02 | 27.74 |
| 22:00 | 21.95 | 8.25 | 3.94 |
| 23:00 | 10.20 | 8.25 | 3.94 |
| 00:00 | 10.20 | 8.25 | 3.94 |
| Q PICO | 143.20 | 123.68 | 58.61 |
| H PICO | 20:00 | 19:00 | 06:00 |

Fuente. (Llamuca P. & Vallejo J., 2022)

4.2.3. Curvas de consumo horario máximos por estratos

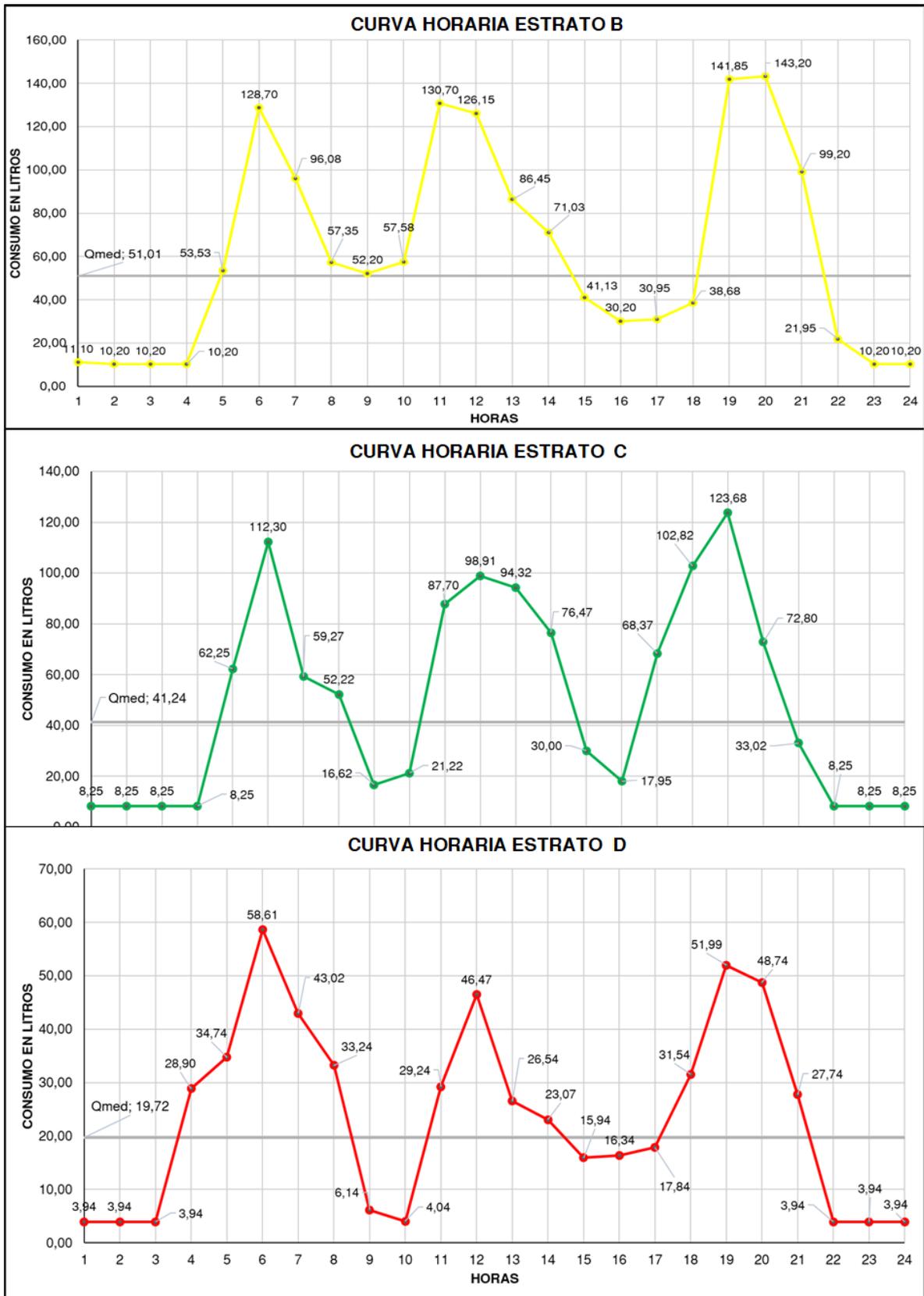
En la **Figura 26** se presenta una comparación de los consumos horarios en cada estrato socioeconómico de La Matriz-Guano. Al observar gráficamente dicha figura, se puede notar que el consumo de agua en los estratos socioeconómicos B y C es similar, sin presentar una diferencia significativa. En contraste, al comparar los estratos B y D, se evidencia una marcada diferencia en los patrones de consumo.

En el estrato B se presentan también tres picos de consumo, que corresponden a las horas en que las personas se despiertan y asean, a la hora de la preparación de los alimentos y el almuerzo, y cuando llegan a sus hogares. El consumo máximo en este estrato se registra a las 20h00 con un valor de 143.20 l/h.

Por su parte, en el estrato C, se presentan tres picos de consumo y un caudal medio de 41.24 l/h. El pico de consumo más alto se registra a las 19h00 con un total de 123.68 l/h, lo que representa una diferencia de 19.52 l/h en comparación con la hora pico del estrato B.

En cuanto al estrato D, se observa una curva de consumo con un Q_{med} de 19.72 l/h, siendo menos de la mitad del caudal medio de los demás estratos. El consumo máximo se registra a las 6h00 con un valor de 58.61 l/h.

Figura 26:
Curva de consumo horario del estrato B

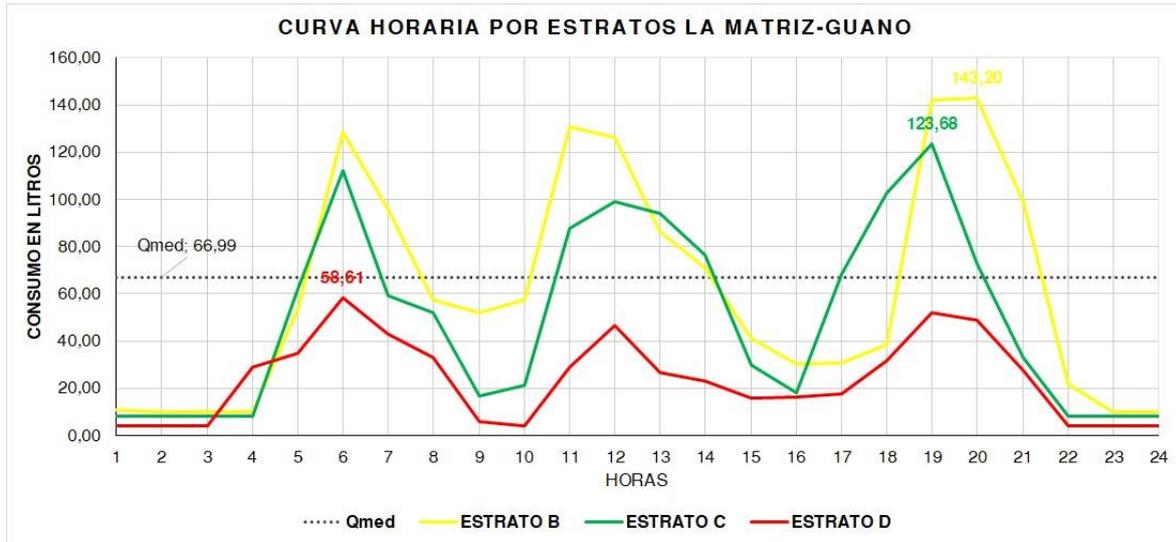


Fuente. (Llamuca P. & Vallejo J., 2022)

La **Figura 27** indica que el estrato socioeconómico D presenta el menor consumo en litros por hora diario, con un caudal horario máximo de 58.61 l/h a las 6h00.

Por otro lado, en los estratos B y C, la hora pico se presenta en la noche, a las 19h00 y 20h00 horas respectivamente, con un caudal máximo de 123.68 l/h y 143.20 l/h, para cada estrato, lo que sugiere un mayor incremento de las actividades nocturnas en comparación con el estrato D.

Figura 27:
Comparación de curvas de consumo horario por estratos socioeconómicos.



Fuente (Llamuca P. & Vallejo J., 2022)

4.2.4. Curvas de consumo horario máximos por redes

En la **Figura 28** se puede apreciar la comparación de los consumos de cada red de distribución. Se determina según la gráfica, que el consumo de agua de las viviendas que se encuentran dentro de la red de Lluishi, es mayor al consumo promedio de Barrios Altos y casi concuerda con el consumo de la red de La Inmaculada.

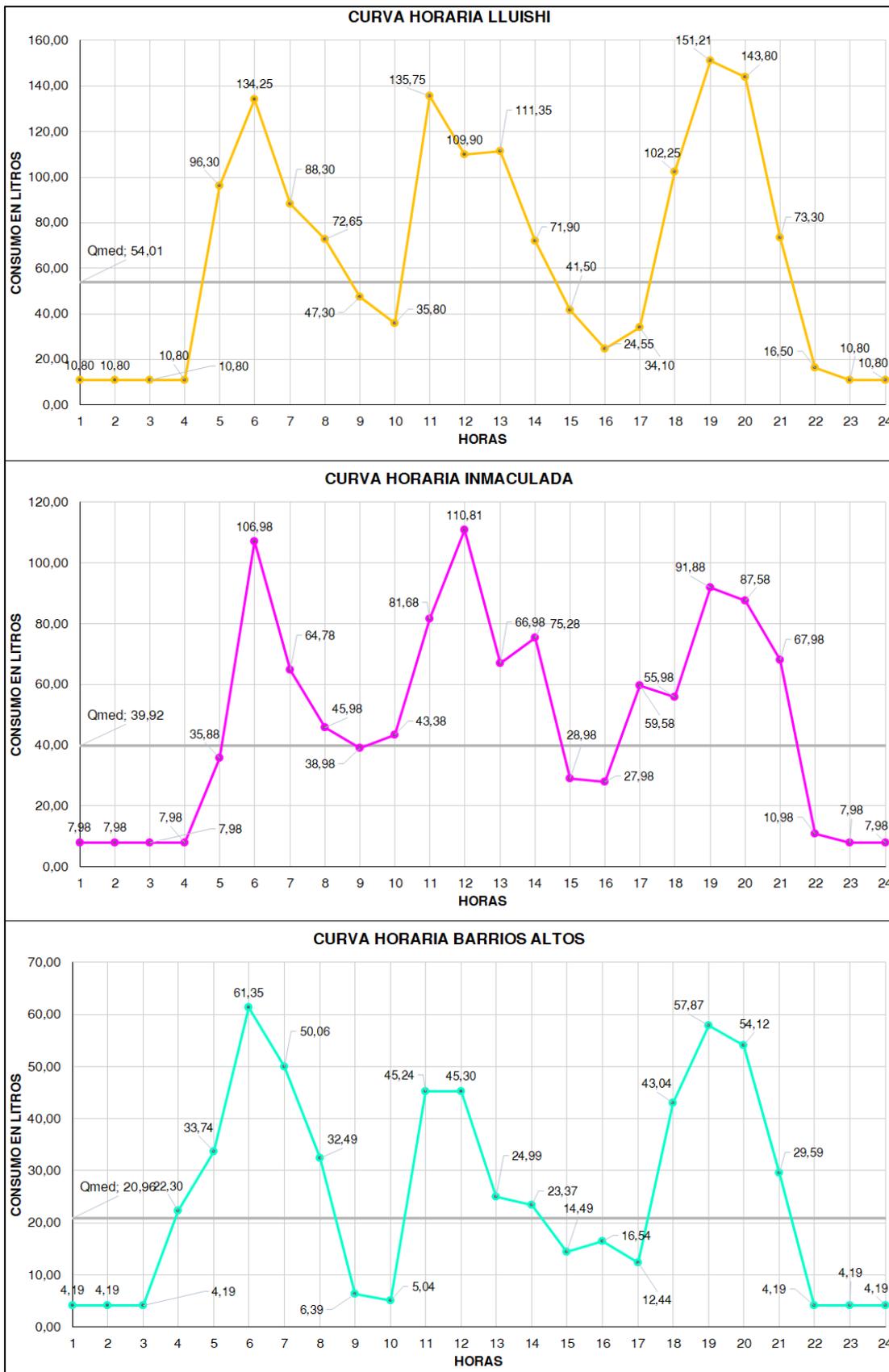
Obteniendo los siguientes consumos máximos: red de Lluishi con un total de 151.21 l/h, La Inmaculada 110.81 l/h, Barrios Altos 61.35 l/h.

En la gráfica también se muestra la distribución horaria en la red la Inmaculada, el consumo máximo registrado en esta red se da a las 12 del día con 110.81 l/h y un caudal medio de 39.92 l.

Correspondiente a la curva horaria de la red Lluishi se puede observar que el consumo máximo se da a las 19h00 con un caudal de 151.21 l/h y un caudal medio de 54.01 l/h.

En la red de Barrios Altos se puede apreciar que el consumo máximo es inferior ya que presenta el mayor número de muestras del estrato D, con un caudal máximo horario de 61.35 l/h a las 6h00 y un caudal medio de 20.96 l.

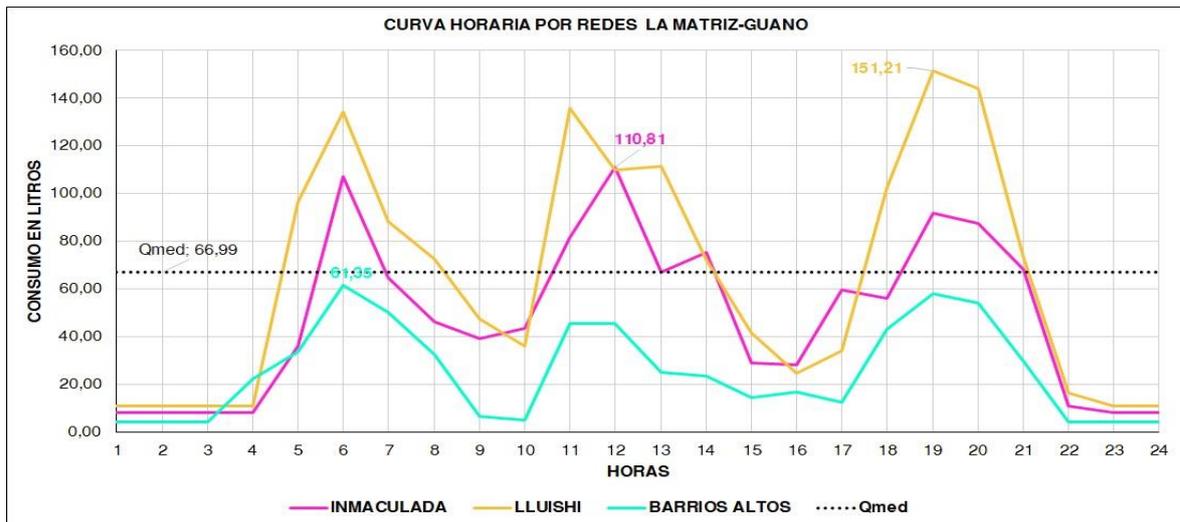
Figura 28:
Comparación de curvas de consumo horario por redes de distribución.



Fuente. (Llamuca P. & Vallejo J., 2022)

En la **Figura 29** se presenta una comparativa de los caudales máximos obtenidos en tres redes de distribución de agua en Guano, Ecuador. En el sector de Barrios Altos, se registró un caudal máximo de 61.35 l/h a las 6h00. En el sector de Lluishi, el caudal máximo alcanzó los 151.21 l/h a las 19h00, mientras que, en la red de La Inmaculada, se observó un caudal horario máximo de 110.81 l/h a las 12h00. Se obtuvo un caudal medio de toda la red de distribución de 66.99 l/h, con el que se comparan las curvas horarias.

Figura 29:
Curva comparativa del consumo horario de La Matriz-Guano vs las redes de distribución



Fuente. (Llamuca P. & Vallejo J., 2022)

4.2.5. Estimación de la curva de modulación horaria

Al comparar los valores máximos de consumo obtenidos en cada red, se puede generar la curva de modulación horaria La Matriz-Guano. A partir de esta curva, se puede obtener el caudal medio diario de 70.23 l/h y un consumo máximo de 151.2 l/h registrado a las 19:00 horas, según se muestra en la **Figura 30**.

Figura 30:
Curva de modulación horaria de La Matriz-Guano



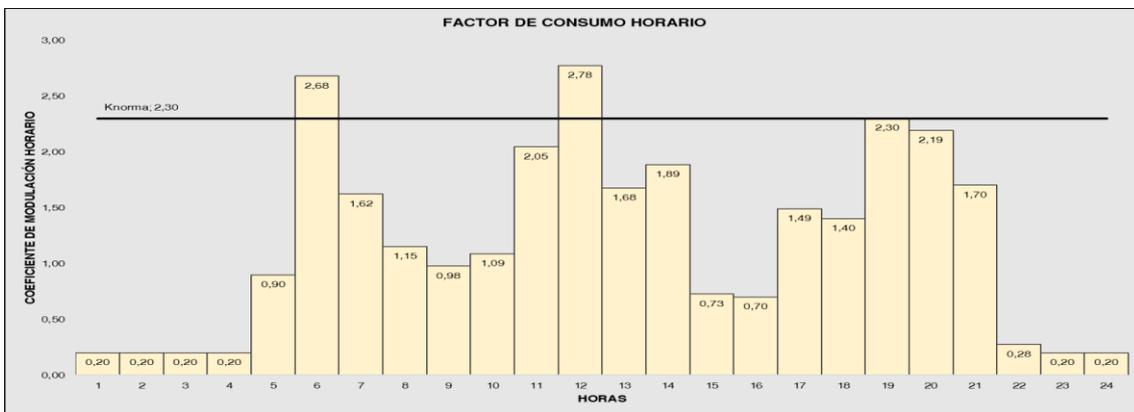
Fuente. (Llamuca P. & Vallejo J., 2022)

4.3. Coeficientes de consumo

4.3.1 Comparativa de coeficientes de variación de consumo horario máximos de modulación horario de red de distribución vs normativa CP INEN 5 1992

La evaluación de la curva de modulación horaria de la red de distribución de agua potable de la ciudad de Guano, muestra que el coeficiente de consumo horario k_h recomendado por la normativa aplicable de 2.30 resulta insuficiente en ciertos momentos del día. Específicamente, durante las horas pico de consumo a las 6h00 y 12h00, se observa un k_h máximo de 2.68 y 2.78, respectivamente, como se puede apreciar en la **Figura 31**.

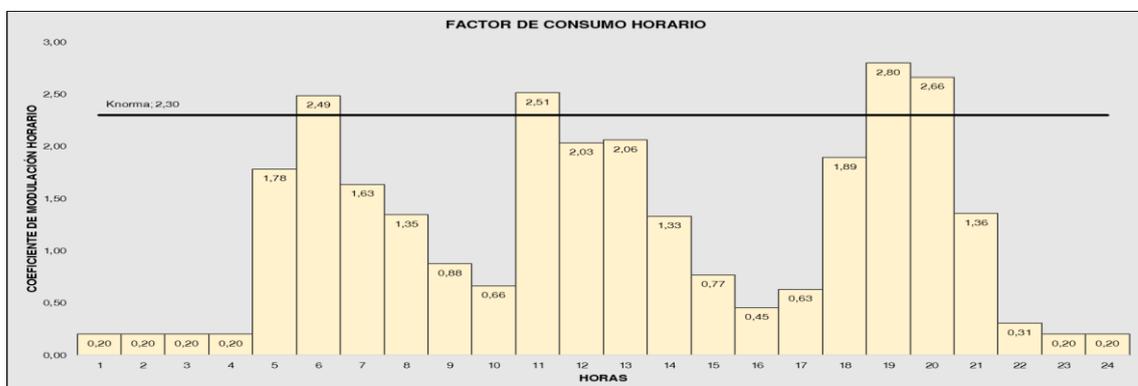
Figura 31:
Comparación de coeficientes máximos de variación de consumo horario de la red Inmaculada vs el valor de la norma



Fuente. (Llamuca P. & Vallejo J., 2022)

La **Figura 32** muestra claramente que el coeficiente de consumo horario recomendado por la normativa es ampliamente superado durante las horas pico de consumo en la red de distribución Lluishi. Específicamente, a las 19h00 y 20h00 horas, se observa un k_h máximo de 2.80 y 2.66, respectivamente, lo que indica que la norma actual no es suficiente para satisfacer la demanda de agua potable en estos momentos críticos.

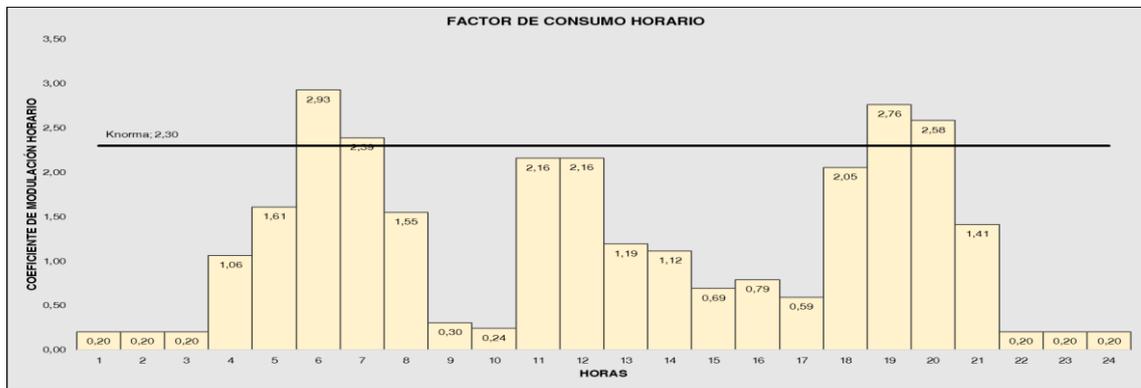
Figura 32:
Comparación de coeficientes máximos de la red Lluishi vs el valor de la norma



Fuente. (Llamuca P. & Vallejo J., 2022)

En la red de Barrios Altos, se pudo observar que en 4 distintos intervalos de tiempo el valor de 2.30 resulta insuficiente. El valor máximo presentado en esta red es de 2.93 siendo también el valor máximo para toda la red de La Matriz - Guano, como muestra la **Figura 33**.

Figura 33:
Comparación de coeficientes máximos de la red Barrios Altos vs el valor de la norma

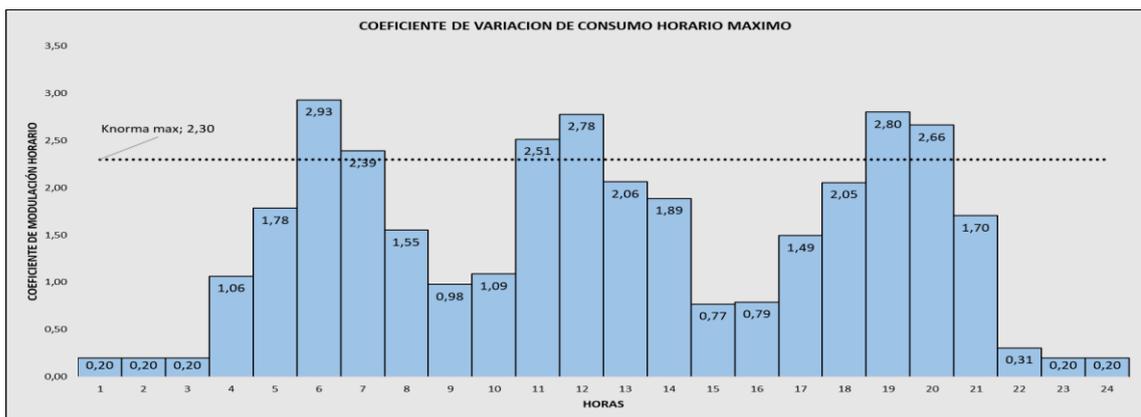


Fuente. (Llamuca P. & Vallejo J., 2022)

4.3.2 Comparativa de coeficiente de variación del consumo máximo horario de la parroquia la Matriz-Guano vs normativa CP INEN 5 1992.

Con respecto al histograma de La Matriz-Guano el valor máximo se encuentra a las 06h00 con 2.93, que excede al máximo presentado por la Norma CPE INEN 5, al igual que los coeficientes de la hora del almuerzo y la noche que son 2.78 y 2.80 respectivamente como se puede observar en la **Figura 34**.

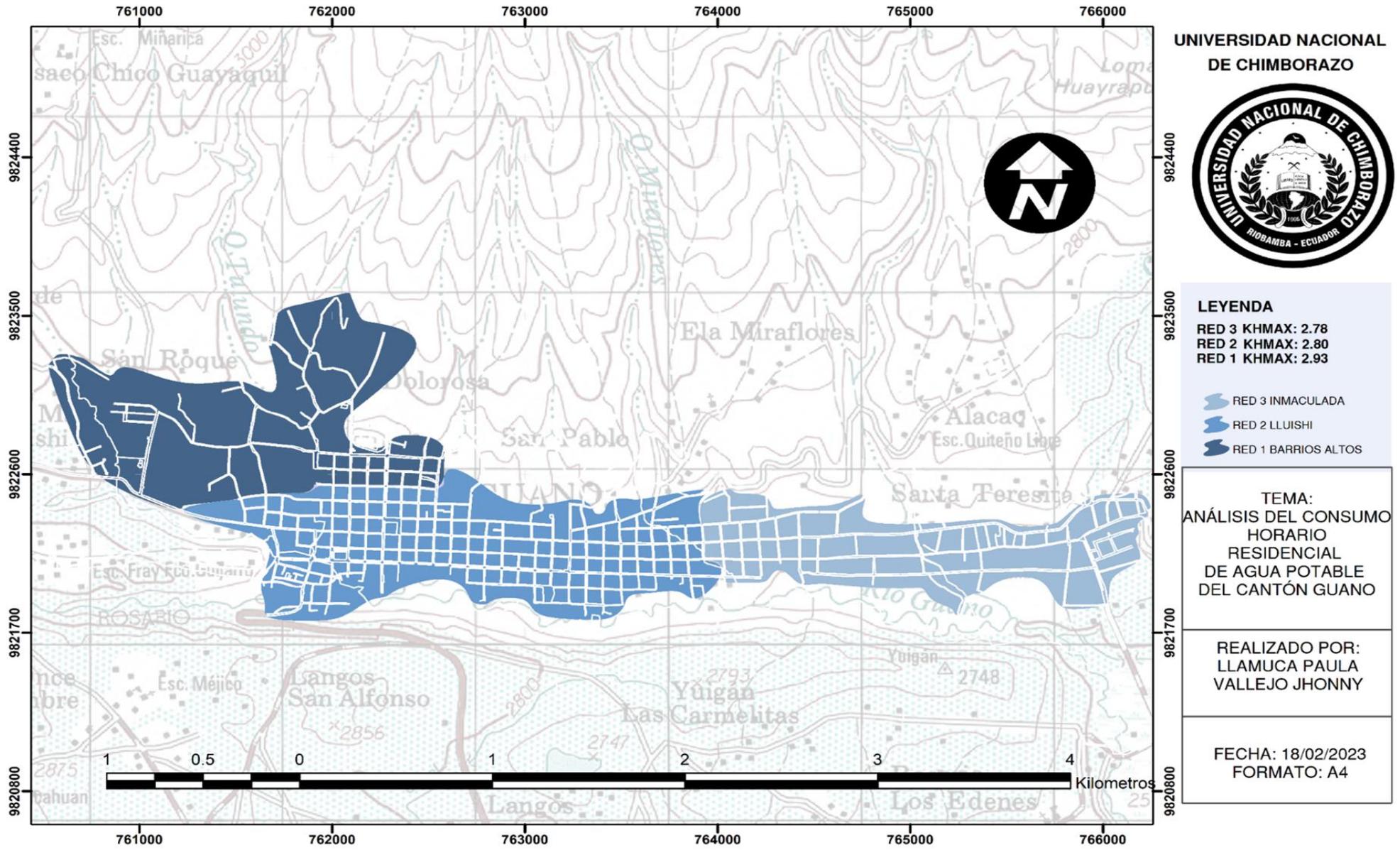
Figura 34:
Comparación de coeficientes máximos de La Matriz-Guano vs el valor de la norma



Fuente. (Llamuca P. & Vallejo J., 2022)

4.3.3 Mapa de coeficientes de variación del consumo máximo horario en función a las redes de distribución.

Figura 35:
Mapa de coeficientes de variación del consumo máximo horario por redes de distribución



Fuente. (Llamuca P. & Vallejo J., 2022)

4.4. Discusión

En contraste a las conclusiones y resultados presentados en la investigación de Cáceres y Rubio (2015), en donde aseguran que el consumo de agua potable no depende de las características socioeconómicas de los habitantes, se puede aseverar que este estudio fue previo a la ejecución del Plan Maestro (implementación de acometidas y medidores) y al aumento en la tarifa de agua potable en el cantón Guano, estos dos factores pudieron causar que el consumo de agua potable dependa en gran medida del poder adquisitivo de los habitantes, esta brecha tal vez no se ve tan diferenciada entre los estratos B y C al ser estratos intermedios, no obstante el estrato socioeconómico más bajo D presenta una significativa disminución de consumo de agua potable debido a su estilo de vida y a la tipología de sus viviendas.

En el artículo “Advances in the Economic Analysis of Residential Water Use: An Introduction”, en el cual los autores Reynaud y Romano (2018) indican que el precio a pagar por el servicio de agua potable podría influenciar en el consumo del mismo y secundada por los autores Arellano et al. (2018) donde exponen en su artículo “Los consumos y las dotaciones de agua potable en poblaciones ecuatorianas con menos de 150000 habitantes”, que el patrón de consumo de agua en el estrato D es diferente al de la población total.

Para fines prácticos se tomará la clasificación de Arellano et al., (2018) en donde categorizan a La Matriz-Guano dentro del rango ciudad pequeña (7758 habitantes en el centro poblado) esta categoría, según los autores, es exclusiva para poblaciones comprendidas entre 500 y 8000 habitantes. Debido al año del último censo, a la expansión demográfica y a la aproximación de ser considerada como ciudad mediana, los autores demuestran la incidencia que tienen la cantidad de artefactos sanitarios por hogar en el consumo de agua potable.

Encajando con lo anteriormente expuesto se puede ver una correlación entre la capacidad económica versus consumo de agua potable. Este tipo de estudio fue detallado a profundidad en el artículo “Desperdicio de agua potable a través de equipos sanitarios” donde Arellano et al. (2019) concluyen que en ciudades consideradas medianas existe una correlación estadísticamente significativa entre aparatos sanitarios como el número de lavavajillas y lavadoras de ropa en el hogar, y la cantidad de agua potable consumida.

Con respecto a los consumos máximos presentados en las curvas de modelación se puede argumentar que no varían notablemente en orden de magnitud con los obtenidos en estudios aplicados en cantones semejantes como Penipe y Colta de las autoras Calderón y Tello (2022) obteniendo un consumo máximo de 150 l/h para Colta y 85.25 l/h para Penipe respectivamente o el consumo máximo de 457.5 l cada 3 horas conseguido en el artículo de Mena (2018) realizado en el Sector Monge II del cantón Ambato.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

En conclusión, el análisis del consumo horario de agua potable en la zona residencial del cantón Guano ha permitido identificar patrones de consumo diferentes en función del estrato socioeconómico y de la red de distribución. Los datos obtenidos muestran que la red Lluishi, que atiende principalmente al estrato B, es la que presenta el mayor consumo, mientras que la red Inmaculada, a pesar de cubrir los tres estratos, tiende a presentar patrones de consumo típicos del estrato C. La red Barrios Altos, que suministra en su mayoría al estrato D, tiene el menor consumo. Además, se observa una mayor actividad nocturna en los estratos B y C en comparación con el estrato D, lo que se refleja en un pico de consumo durante las horas de la noche.

En La Matriz - Guano existen 3 redes de distribución que abarcan la zona residencial. Red 1 Lluishi, con una predominante población del estrato B, y abarca los barrios Parque Central, La Magdalena, San Pablo, San Pedro, Santa Anita, El Rosario, La Inmaculada y Espíritu Santo. Red 2 La Inmaculada, concentra mayormente a manzanas del estrato C, y abastece los barrios Espíritu Santo, La Dolorosa y Santa Teresita. Finalmente, Red 3 Barrios Altos con una mayor concentración de población del estrato D, se extiende en los barrios: San Roque, Programa de vivienda evacuados MIDUVI y La Merced.

Se llevaron a cabo mediciones en 79 medidores de viviendas de los estratos socioeconómicos B, C y D durante un período de 7 días y 24 horas continuas. Se determinó que los momentos de mayor consumo de agua potable corresponden a las 6h00, al medio día a las 11h00 y en la noche a las 19h00, alcanzando un máximo de 134.25 l/h, 135.75 l/h y 151.21 l/h respectivamente.

Se obtuvieron 17 curvas de consumo horario correspondientes a cada red de distribución y estrato socioeconómico. También se crearon gráficos comparativos para cada estrato y red de distribución, así como una curva de modulación horaria que representa el consumo de la zona residencial del cantón Guano. Estos datos son fundamentales para comprender los patrones de consumo en cada área y permiten identificar áreas de alta demanda y posibles oportunidades de optimización en el suministro de agua potable.

Los resultados indican que el coeficiente de variación horaria máximo de Matriz-Guano, 2.93, excede el rango establecido por la norma INEN CPE 5 (1992), el cual oscila entre 2 y 2.30. No obstante, al ser este un sistema compuesto por tres redes independientes, es necesario utilizar los valores de kh max para cada red en particular. Esta particularidad sugiere una variabilidad en los patrones de consumo y una disparidad en los estratos que conforman cada red.

5.2. Recomendaciones

Se sugiere revisar el coeficiente de variación del consumo máximo horario de la Norma Ecuatoriana CPE INEN 5 (1992), debido a los cambios en la demografía y las características socioeconómicas que ha experimentado la población de estudio desde su creación. Además, se recomienda al GADM Guano, a través de la Dirección de Servicios Públicos, actualizar el catastro de acometidas y georreferenciarlas para tener un registro más preciso.

Según los consumos desmesurados detectados en el estudio, es posible que una cantidad significativa de agua potable se esté utilizando para el riego de predios o se esté perdiendo por fugas en el sistema. Por lo tanto, se aconseja al GADM Guano que regule, controle y mejore el sistema de agua potable, o intervenga en la potencialización del sistema de regadío para evitar que los usuarios utilicen el agua de consumo humano en otras actividades.

Se recomienda obtener todos los permisos y autorizaciones por parte del GADM Guano y la Policía Nacional para evitar inconvenientes con la ciudadanía de la zona de estudio.

También se insta a la ciudadanía a no alterar ni modificar las conexiones domiciliarias de agua potable, no solo por el entorpecimiento que puedan causar a este tipo de estudios, sino también para evitar infringir las normativas y sanciones por el uso indebido del agua potable.

BIBLIOGRAFÍA

- Alcaldía mayor de Bogotá. (2021). *Acueducto. Agua y alcantarillado de Bogotá*.
https://www.acueducto.com.co/wps/portal/EAB2/gestores-ambientales/gestion-ambiental/uso-eficiente-y-ahorro-del-agua/!ut/p/z1/04_Sj9CPykssy0xPLMnMz0vMAfIjo8zizQKdDQwtDIz8DEyMnA0CgwOcgvxDnT3MAo30w8EKDHAARwP9KJz6DR1djfXD9KP0o4pLoObgsSgKvzXhIHPwKynIDc2r1M1WBA
- 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*
- Arellano, A., & Gonzáles, C. (2012). *MÉTODO DE CARACTERIZACIÓN URBANÍSTICA Y SOCIOECONÓMICA PARA Ing . M . Sc . Alfonso Arellano Barriga Judith Catherine González Bautista DIRECTOR DEL PROYECTO :*
<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., & Lindao, V. (2019). Efectos de la gestión y la calidad del agua potable en el consumo del agua embotellada. *Novasineria Revista Digital De Ciencia, Ingeniería Y Tecnología*, 2(1), 15–23. <https://doi.org/10.37135/unach.ns.001.03.02>
- Arellano, A., & Peña, D. (2020). *Modelos de regresión lineal para predecir el consumo de agua potable Modelos de regresión lineal para predecir el consumo de agua potable. March 2020*. <https://doi.org/10.37135/ns.01.05.03>
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2008). Constitución de la República del Ecuador. *Iusrectusecart*, 449, 1–219.
- Bernard, H. (2011). Research Methods in Anthropology. En *AltaMira Press*.
<https://doi.org/10.4324/9781003136576>
- Bildirisi, K., Kılıç, R., & Cinal, H. (2018). Physical Leakage Analysis in Water Distribution Networks By Daily Consumption Curve. *European Journal of Science and Technology Special Issue*, 30–33. www.ejosat.com
- Cáceres, E., & Rubio, V. (2015). *EFFECTOS DE LOS FACTORES SOCIO-ECONÓMICOS, CLIMATOLÓGICOS Y DE CALIDAD DEL AGUA, QUE INCIDEN EN EL CONSUMO DE AGUA POTABLE, CASO DE ESTUDIO PARROQUIAS URBANAS LA MATRIZ Y EL ROSARIO DEL CANTÓN GUANO*. 53.
<http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/7646/1/06678.pdf>
- CPE INEN 5. (1992). *Normas Para Estudio Y Diseño De Sistemas De Agua Potable Y Disposición De Aguas Residuales Para Poblaciones Mayores a 1000 Habitantes* (p. 291).
- Flores, J. (2019). *EL AGUA POTABLE UTILIZADA EN RIEGO DE JARDINES Y HUERTAS EN EL SECTOR RESIDENCIAL*. 8(5), 55.
- GADM Guano. (2016). *PLAN MAESTRO DE AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL DE LA CABECERA CANTONAL DE GUANO, PROVINCIA DE CHIMBORAZO*. 157.

- GADM Guano. (2021). *PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL CANTON GUANO (2019-2023)* (Número 593).
- García, L. (2001). Teoría de la medición de caudales y volúmenes de agua e instrumental necesario disponible en el mercado. *Medida Y Evaluación De Las Extracciones De Agua Subterránea.*, 0.418/21 o, p.23.
- Guanoluisa, I. C. (2018). *CARACTERIZACIÓN DE LA CURVA DE CONSUMO DIARIO DE LA RED DE AGUA POTABLE DE GRANDES CONSUMIDORES DE LA ZONA 2 DEL CANTÓN AMBATO.*
- Iglesias, J. (2013). *Análisis y selección de medidores de caudal en instalaciones depuradoras de aguas residuales.* p.31-33.
<https://core.ac.uk/download/pdf/44310324.pdf>
- INEC. (2010). *Censo de la población y vivienda 2010.*
<https://anda.inec.gob.ec/anda/index.php/catalog>
- Jaramillo, J., & Oleas, F. (2022). *INCIDENCIA DE FUGAS EN LA RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE LOS CANTONES GUANO Y CHAMBO.*
- Mena, B. (2018). *CARACTERIZACIÓN DE LA CURVA DE CONSUMO DIARIO DEL AGUA POTABLE DEL SECTOR CELIANO MONGE II DEL CANTÓN AMBATO.* *Universidad Técnica de ambato*, 130.
https://repositorio.uta.edu.ec/simple-search?location=%2F&query=virginia+DEL+CARMEN+FLORES+RAMOS&rpp=10&sort_by=score&order=desc
- Muñoz, G., Arellano, A., & Izurieta, C. (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>
- Pozo, M., Serrano, J. C., Castillo, R., & Moreno, L. (2016). Diagnóstico de los indicadores ODS de agua, saneamiento e higiene en Ecuador. *Estudios Temáticos - INEC*, 1–27.
<http://www.ecuadorencifras.gob.ec/indicadores-ods-agua-saneamiento-e-higiene/%250>
- Ramos, M., Socarrás, R., & León, A. (2019). Patrones de consumo doméstico de agua: primer resultado en la Empresa Aguas de La Habana. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 40(1), 3–16.
- Reynaud, A., & Romano, G. (2018). Advances in the economic analysis of residential water use: An introduction. *Water (Switzerland)*, 10(9), 1–10.
<https://doi.org/10.3390/w10091162>
- SENAGUA. (2014). *PROCESO No. 7702-12-C.*
- Usua, L. (2020). *DETERMINACION DE LOS COEFICIENTES DE VARIACIÓN DE CONSUMO HORARIO Y DIARIO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE HUARAZ 2018.*

Anexo 3
Encuesta aplicada

| ===== ANÁLISIS DEL CONSUMO HORARIO RESIDENCIAL DE AGUA POTABLE DEL CANTÓN GUANO ===== | | | | | |
|--|----------------------------------|-----------------------|---|-------|---------|
| INFORMACIÓN GENERAL | | |  UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO | | |
| CODIGO _____ | ESTRATO _____ | RED _____ | | | |
| ENCUESTA Nº _____ | FECHA: _____ | PARROQUIA: _____ | BARRIO: _____ | | |
| DIRECCION: _____ | | | | | |
| NOMBRE DEL ENCUESTADO: _____ | | | | | |
| FICHA DEL AGUA POTABLE | | | | | |
| 1. TIENE AGUA POTABLE TODOS LOS DIAS _____ 2. TIENE AGUA POTABLE LAS 24H SIN CORTES _____ 3. CUANTAS PERSONAS HABITAN EN SU HOGAR _____ 4. LA CALIDAD DE AGUA POTABLE QUE LLEGA A SU VIVIENDA ES: | | | FOTO DE REFERENCIA  | | |
| <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="text-align: center; width: 33%;">BUENA</td> <td style="text-align: center; width: 33%;">REGULAR</td> <td style="text-align: center; width: 33%;">MALA</td> </tr> </table> | | | | BUENA | REGULAR |
| BUENA | REGULAR | MALA | | | |
| 5. USTED TIENE TANQUE PARA RESERVAR EL AGUA POTABLE | | | | | |
| 6. TIPO DE RESERVA: _____ | | | | | |
| 7. EL AGUA QUE USA PARA BEBER PROVIENE DE: _____ | | | | | |
| 8. EL AGUA POTABLE QUE CONSUME DIARIAMENTE LA USA PARA | | | | | |
| PREPAR ALIMENTOS _____ | ASEO PERSONAL _____ | REGAR EL JARDIN _____ | | | |
| BEBER _____ | LAVAR ROPA _____ | OTROS _____ | | | |
| 9. NUMERO DE ARTEFACTOS SANITARIOS EN LA VIVIENDA: | | | | | |
| NUMERO DE INODOROS: _____ | NUMERO DE DUCHAS O BAÑERAS _____ | | | | |
| NUMERO DE LAVAMANOS _____ | NUMERO DE LAVADEROS: _____ | | | | |
| NUMERO DE LAVADORAS _____ | | | | | |
| OBSERVACIONES DE CAMPO | | | | | |
| <div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 100%;"></div> | | | | | |
| J Y P 2022 | | | | | |

Fuente. (Llamuca P. & Vallejo J., 2022)

Anexo 4
Muestras etiquetadas como elegibles para el estudio



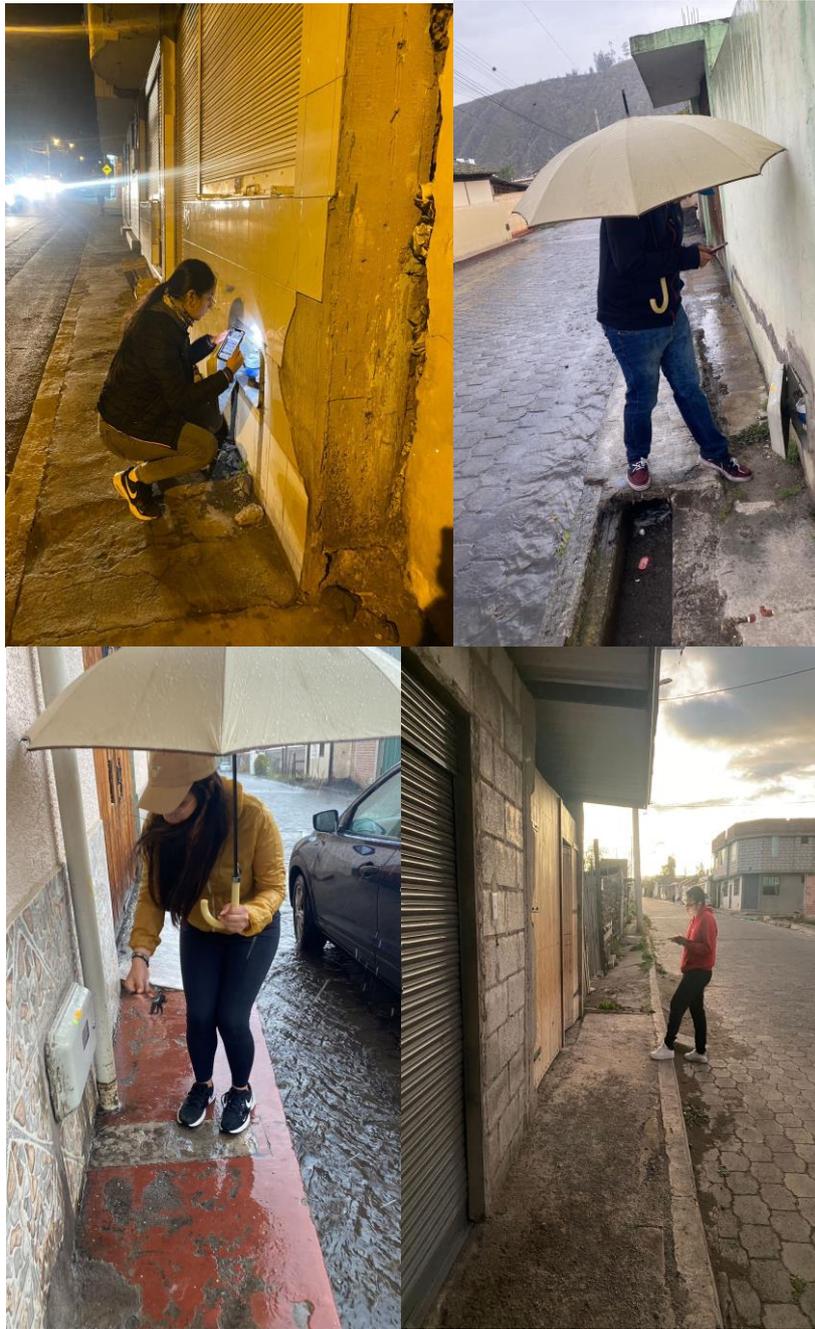
Fuente. (Llamuca P. & Vallejo J., 2022)

Anexo 5
Muestras seleccionadas y estratificadas



Fuente. (Llamuca P. & Vallejo J., 2022)

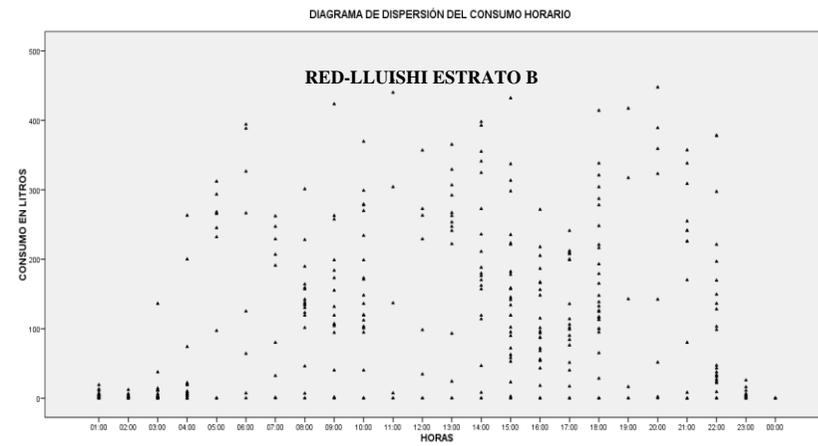
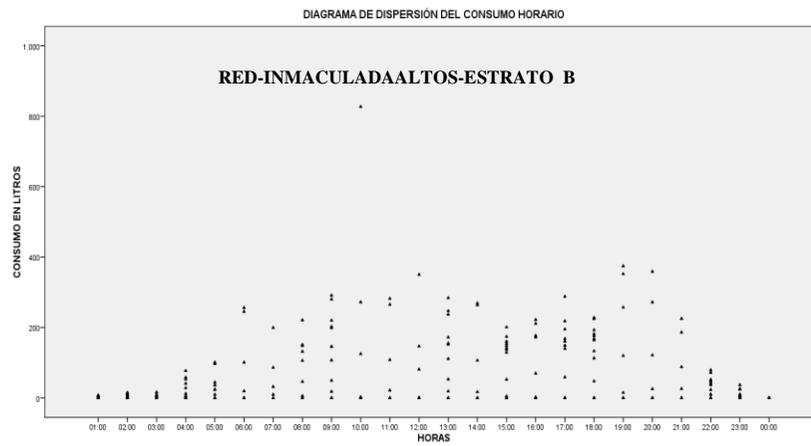
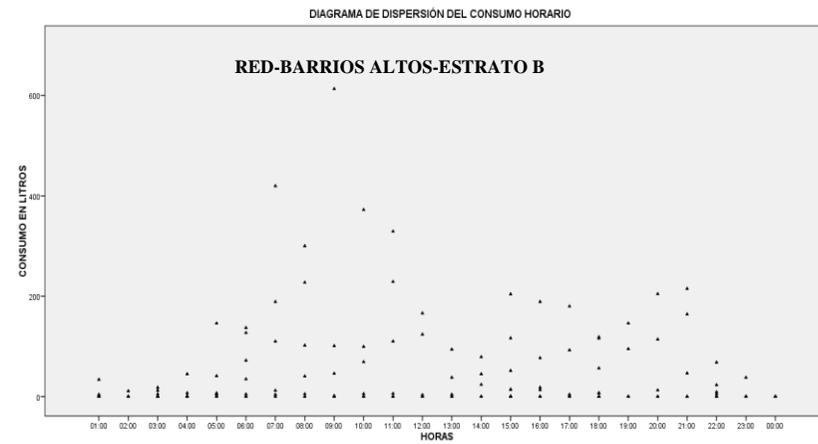
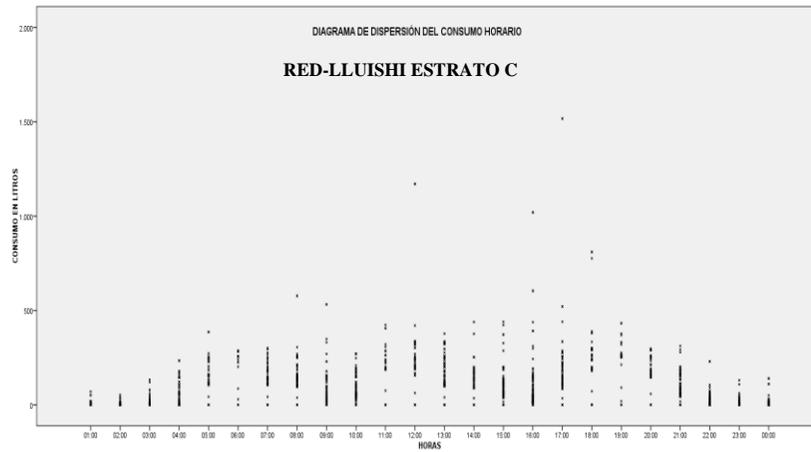
Anexo 6
Toma de lecturas

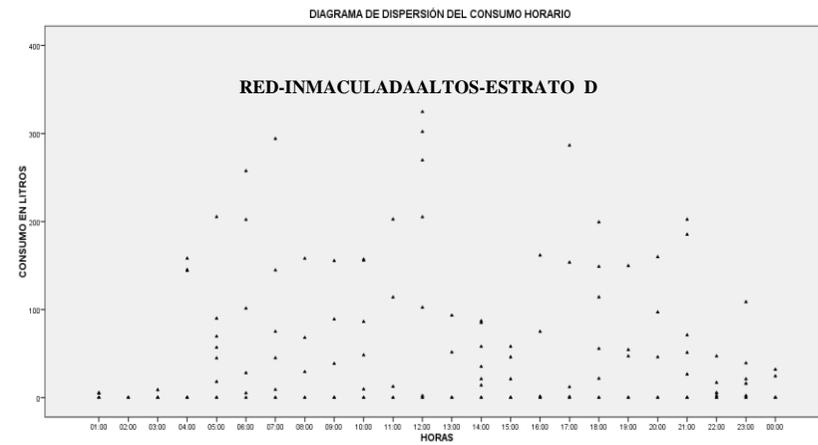
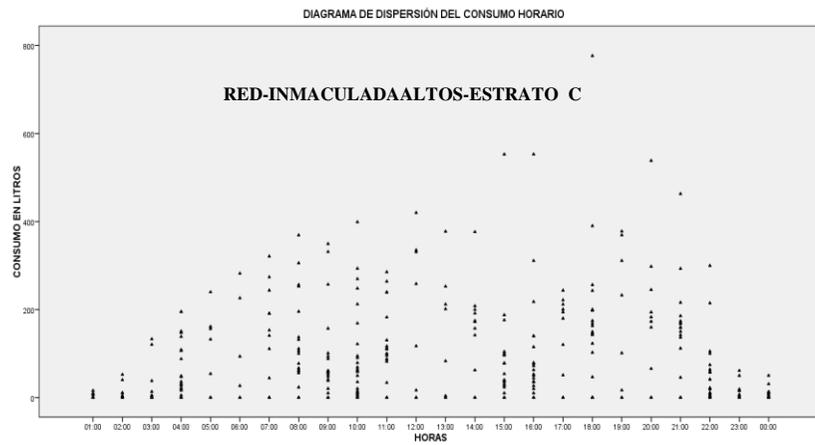
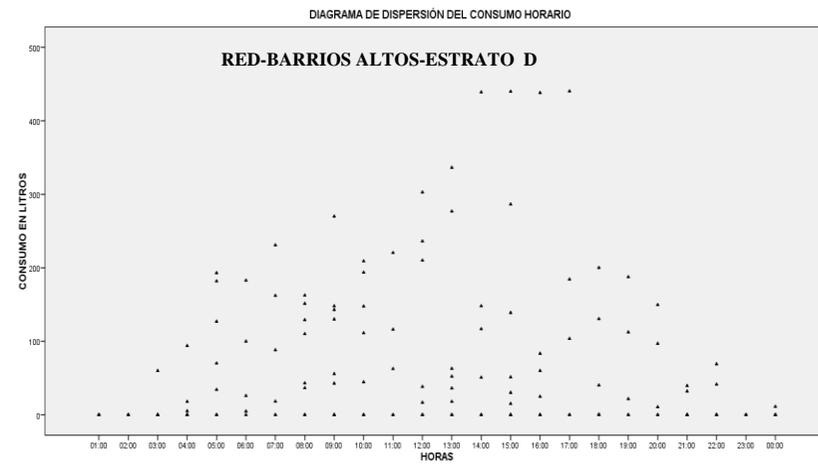
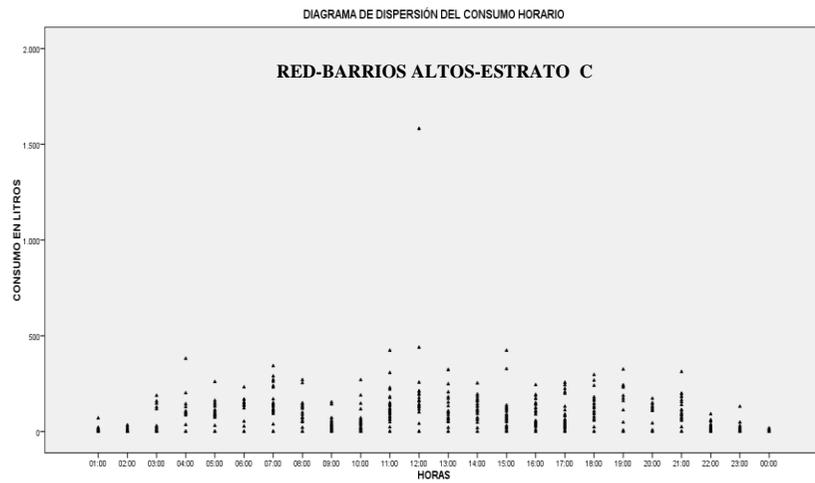


Fuente. (Llamuca P. & Vallejo J., 2022)

Anexo 7

Diagramas de dispersión totales

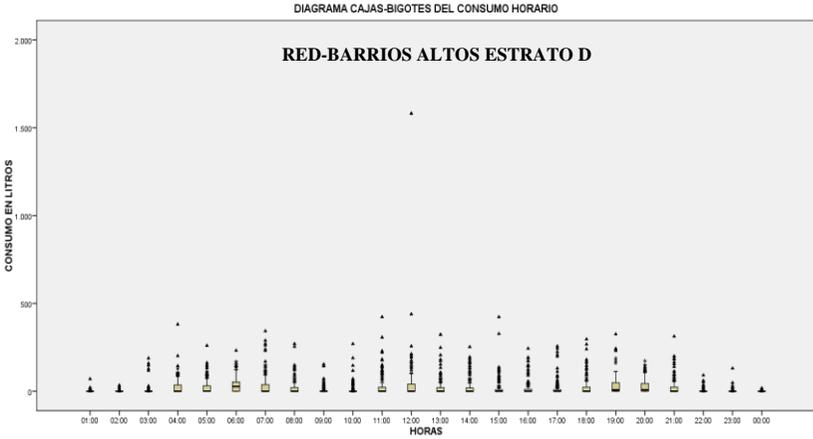
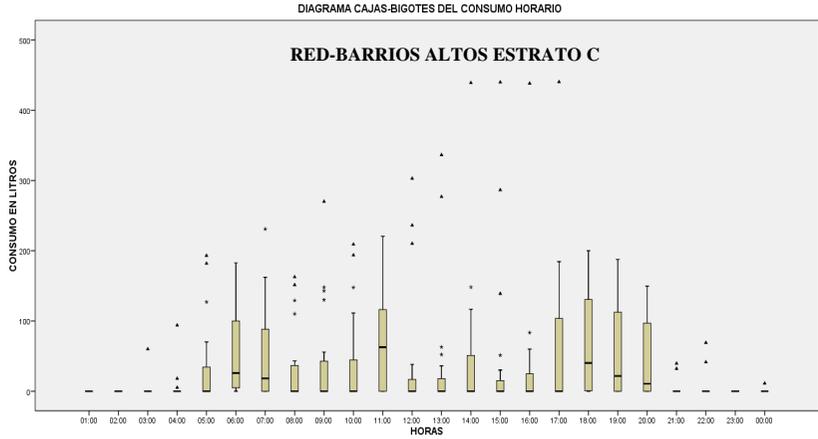
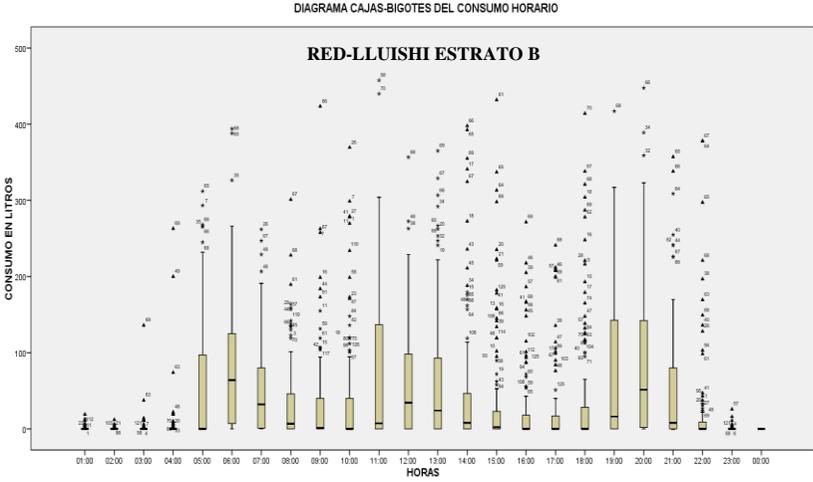
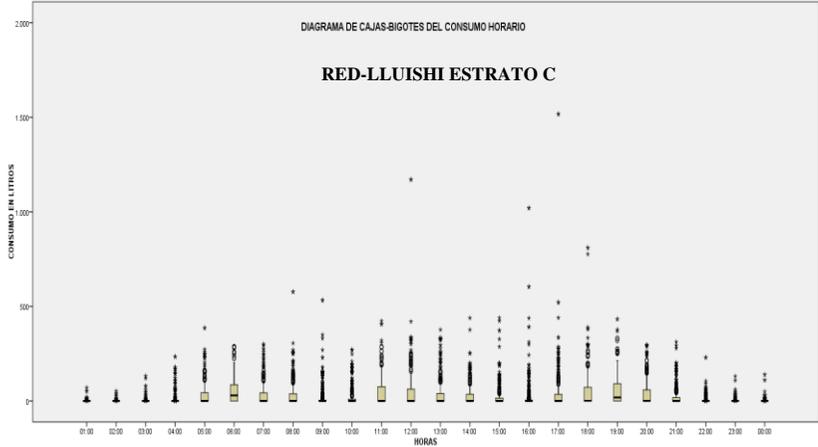


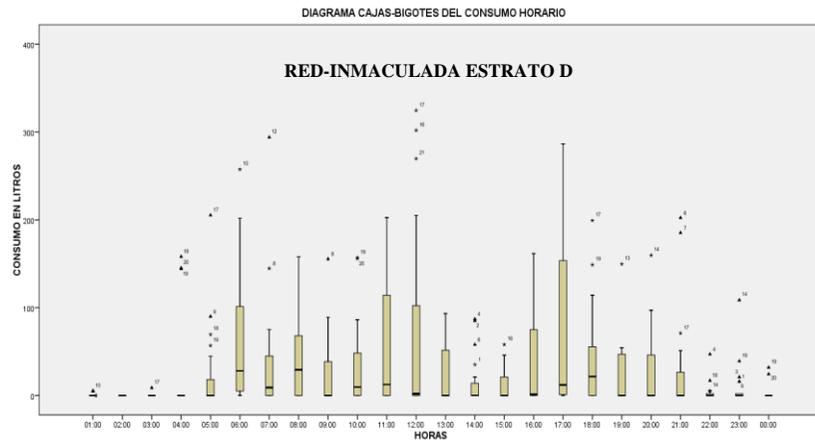
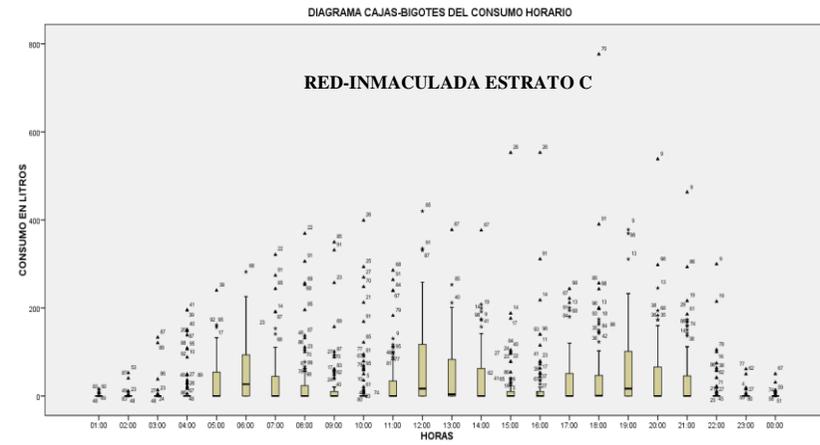
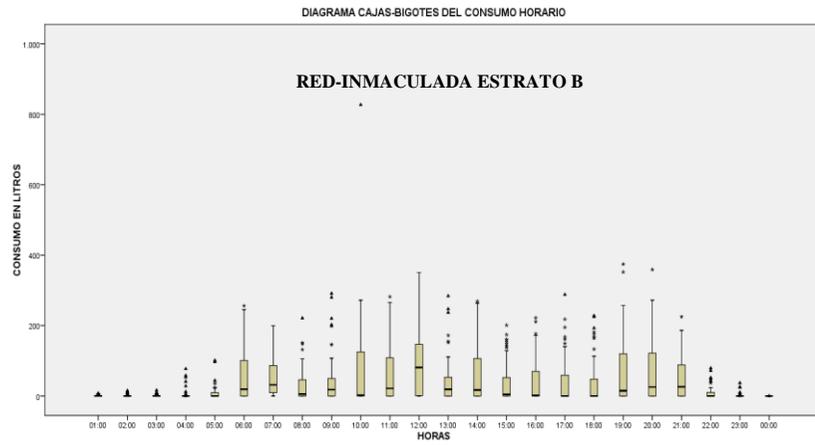


Fuente. (Llamuca P. & Vallejo J., 2022)

Anexo 8

Diagramas de cajas-bigotes

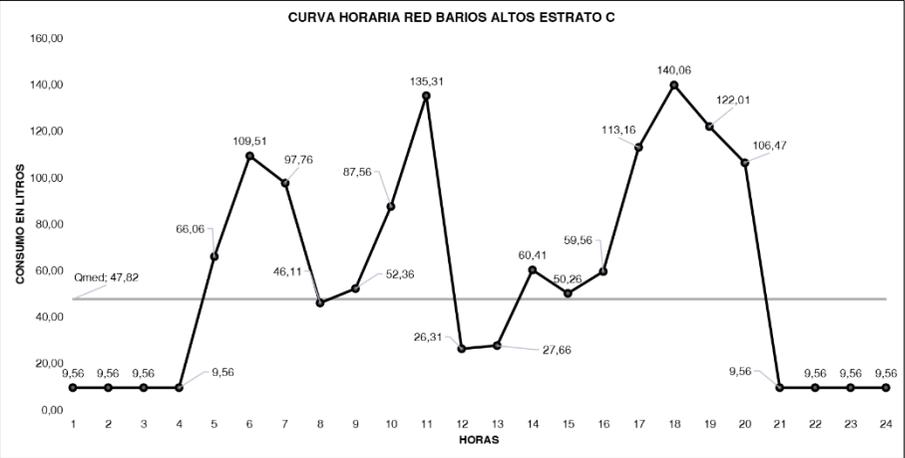
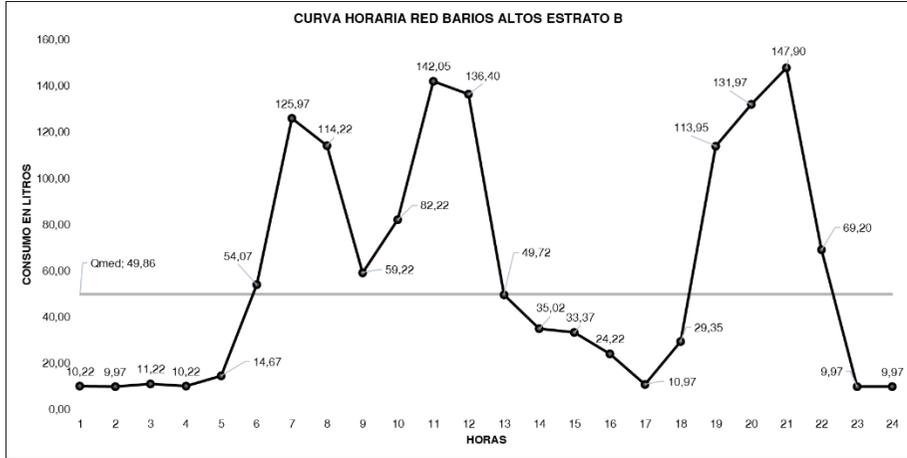
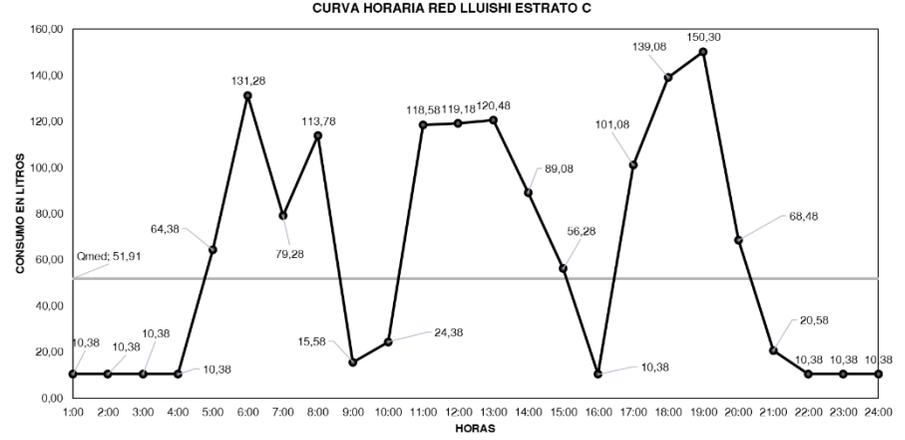
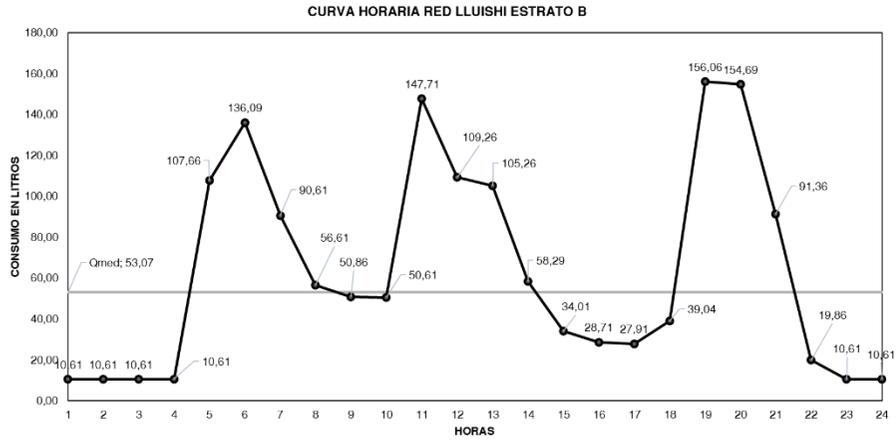


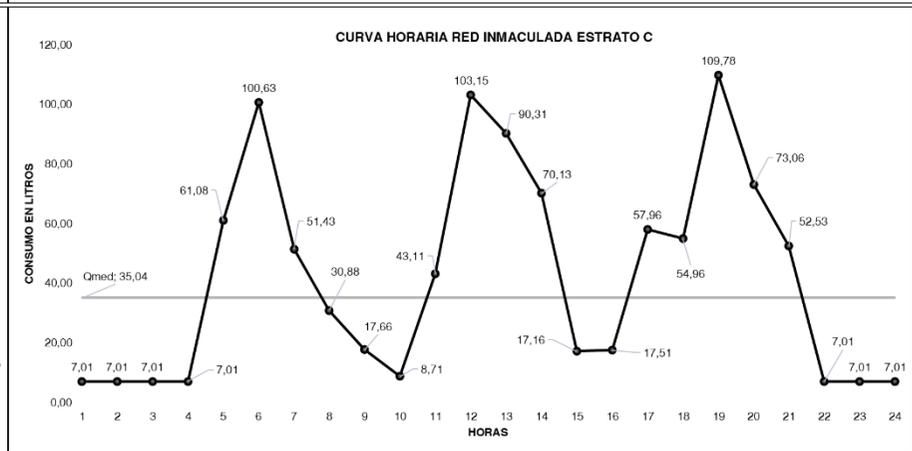
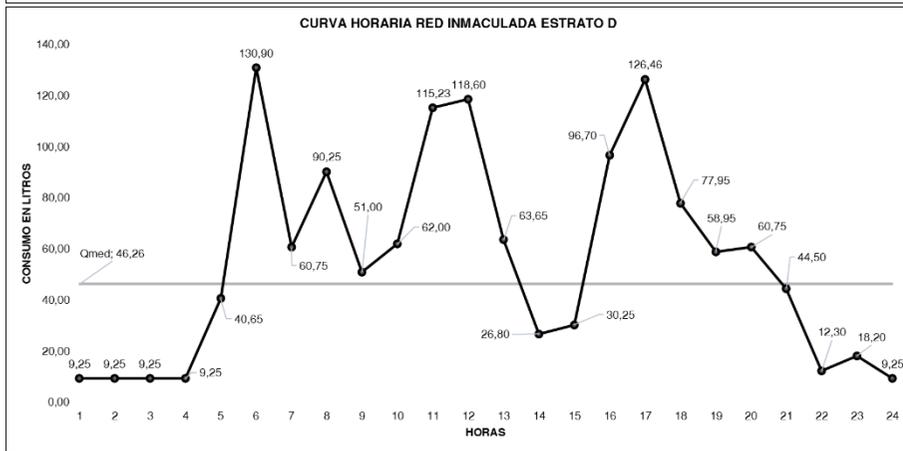
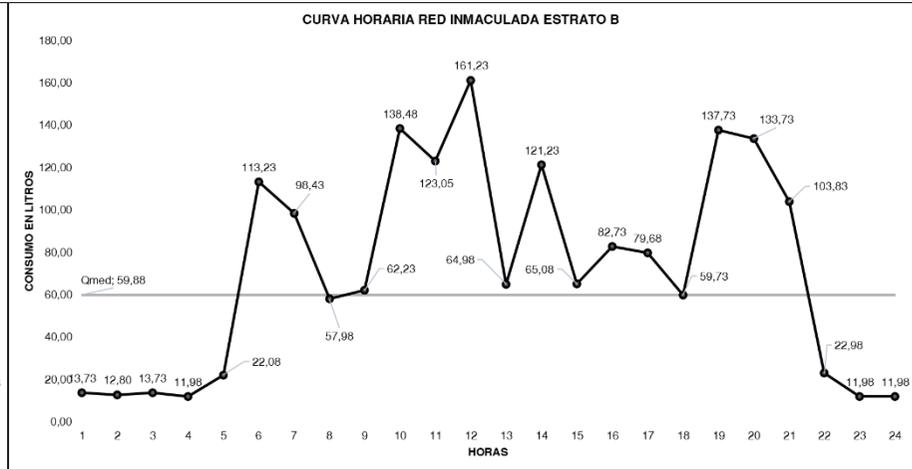
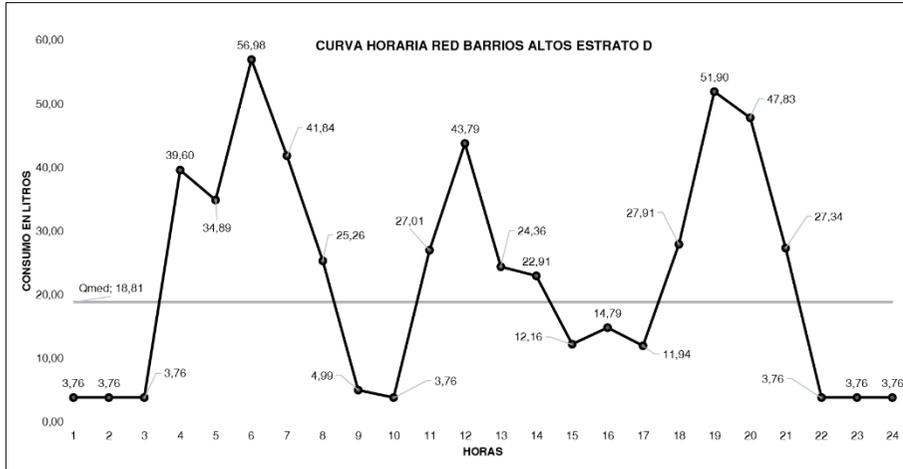


Fuente. (Llamuca P. & Vallejo J., 2022)

Anexo 9

Curvas de consumo horario

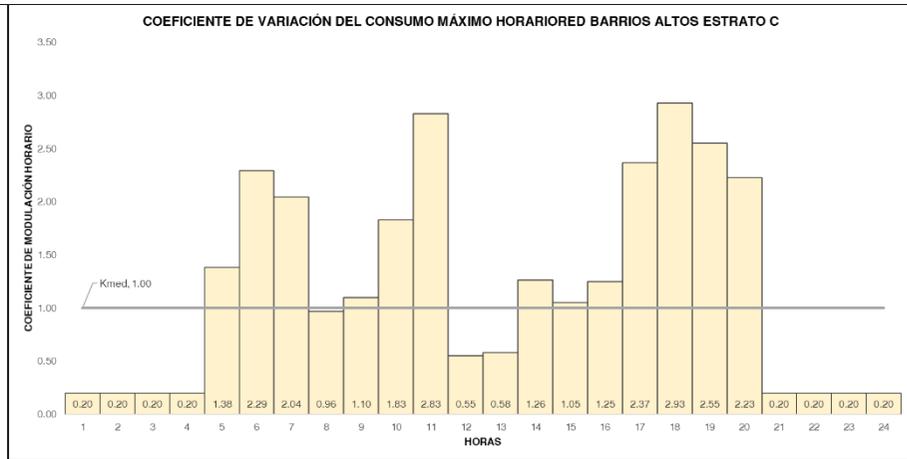
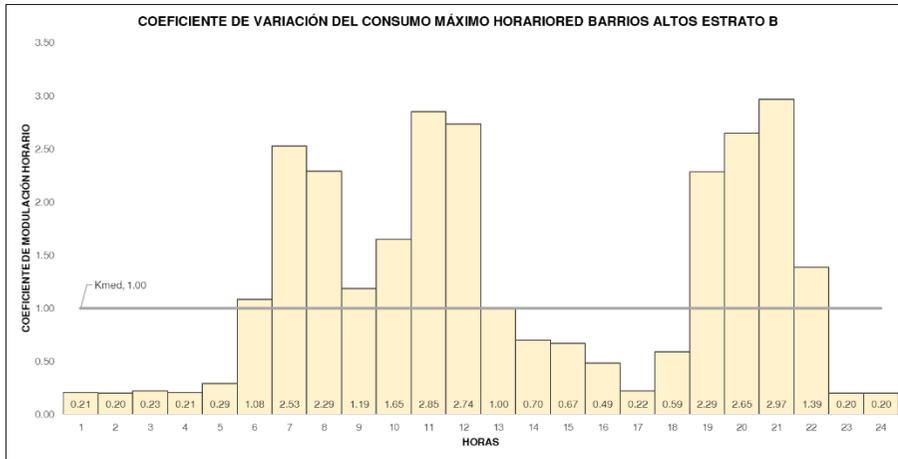
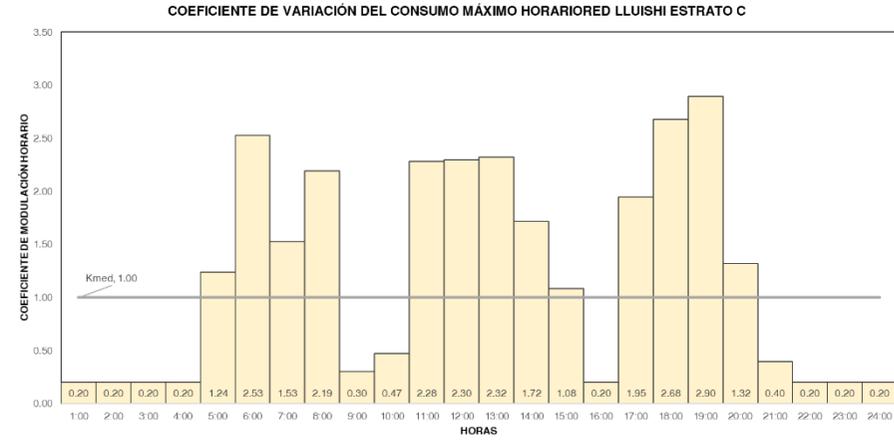
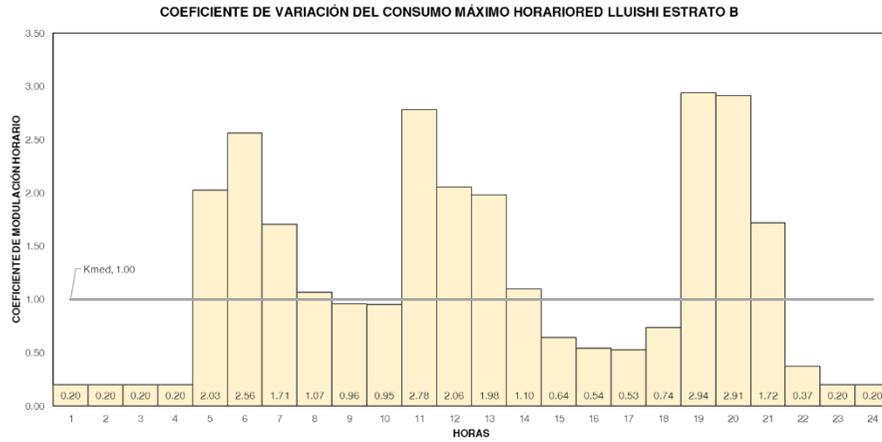


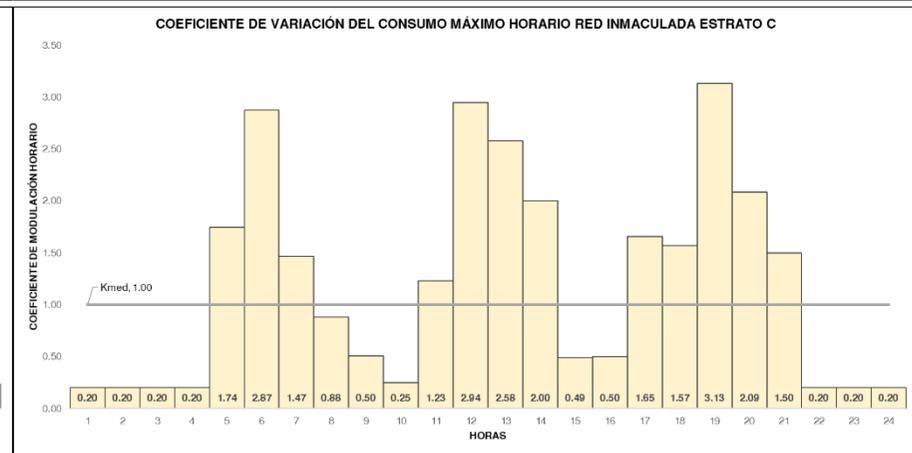
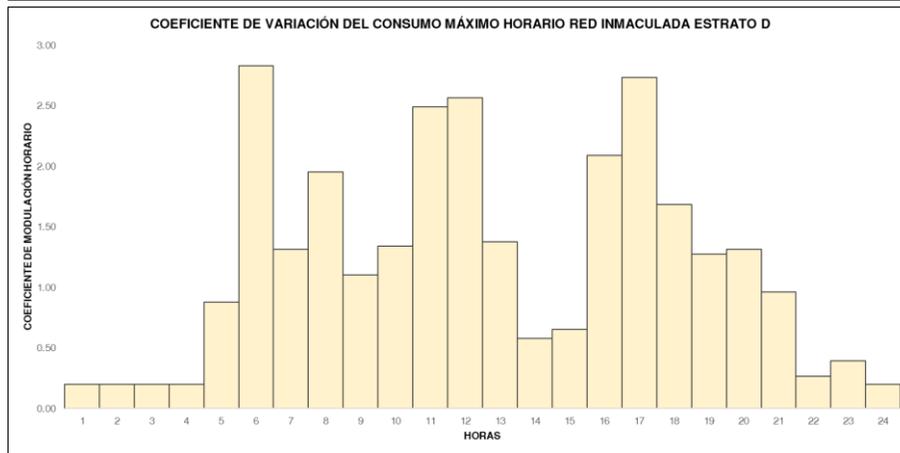
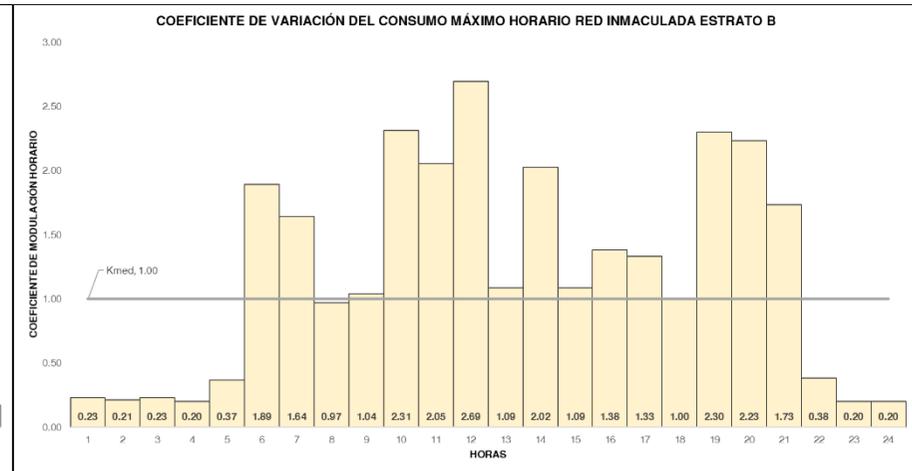
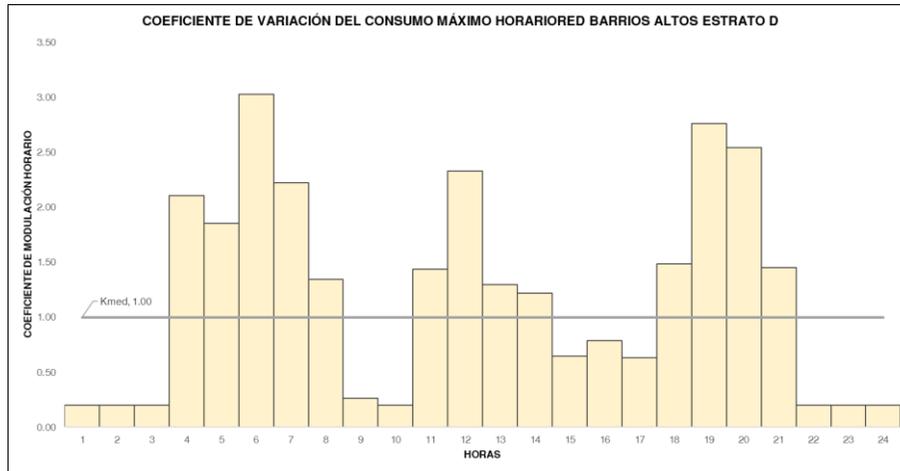


Fuente. (Llamuca P. & Vallejo J., 2022)

Anexo 10

Coefficientes de variación del consumo horario





Fuente. (Llamuca P. & Vallejo J., 2022)