



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD INGENIERIA
CARRERA INGENIERIA CIVIL

**“ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE CONSUMO HORARIO
RESIDENCIAL DE AGUA POTABLE EN LOS CANTONES BAÑOS Y
PELILEO”**

Trabajo de Titulación para optar al título de Ingeniero Civil

Autores:

Macas Vilema, Jefferson Vladimir
Rodas Mayorga, Cristopher Eloy

Tutor:

Ing. María Gabriela Zúñiga Rodríguez Mgs.

Riobamba, Ecuador. 2023

DERECHOS DE AUTORÍA

Nosotros, **Macas Vilema Jefferson Vladimir** con cédula de ciudadanía **0604212787**, y **Rodas Mayorga Cristopher Eloy** con cédula de ciudadanía **1600489874** autores del trabajo de investigación titulado: **"ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE CONSUMO HORARIO RESIDENCIAL DE AGUA POTABLE EN LOS CANTONES BAÑOS Y PELILEO"**, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mí exclusiva responsabilidad.

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

En Riobamba, 1 de marzo 2023.



Jefferson Vladimir Macas Vilema

C.I:0604212787



Cristopher Eloy Rodas Mayorga

C.I:1600489874

DICTAMEN FAVORABLE DEL TUTOR Y MIEMBROS DE TRIBUNAL;

Quienes suscribimos, catedráticos designados Tutor y Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación **"ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE CONSUMO HORARIO RESIDENCIAL DE AGUA POTABLE EN LOS CANTONES BAÑOS Y PELILEO"**, presentado por **Macas Vilema Jefferson Vladimir** con cédula de identidad número **0604212787**, y **Rodas Mayorga Cristopher Eloy** con cédula de identidad número **1600489874**, 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 1 de marzo de 2023.

Ing./Mgs. Diego Javier Barahona Rivadeneira
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO



Ing./Mgs. Nelson Estuardo Patiño Vaca
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Ing./Mgs. Alfonso Patricio Arellano Barriga.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Ing./Mgs. María Gabriela Zúñiga Rodríguez
TUTORA



DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a dios quien ha sido mi guía, fortaleza y permitirme haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mis padres Juan y María por ser el pilar fundamental en mi vida, con su amor, paciencia y esfuerzo, me han permitido llegar a cumplir hoy mi sueño anhelado, gracias a ellos que me inculcaron los valores más importantes el esfuerzo, dedicación y la valentía, de no temer las adversidades que se me presente en el camino porque Dios y mi familia está conmigo siempre. A mi hermana Paulina por el cariño y comprensión y por ser el apoyo incondicional durante todo este proceso.

Jefferson Vladimir Macas Vilema

Principalmente a Dios que me ha guiado por el camino del conocimiento y del saber para poder culminar mis metas. A mis padres Eloy y Miriam por estar para mí siempre brindándome apoyo, aconsejándome para ser una mejor persona y sobre todo por ser mi soporte para superar cualquier obstáculo en la vida sin importar las circunstancias. A mis hermanas Gabriela, Tannia y Miriam, porque me han ayudado inculcándome enseñanzas y valores para poder ser un gran profesional.

Cristopher Eloy Rodas Mayorga

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios y a la Virgen María por protegerme y bendecirme durante mi carrera estudiantil y darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida universitaria.

A mi padre Juan por el apoyo incondicional ya que él es mi motor que impulsa mis sueños y esperanzas para ser una persona llena de valores y así poder triunfar y llegar a las metas propuestas.

A mi madre María por el amor y la confianza depositada en mi persona que me fomento el deseo de superación y de triunfo en la vida lo que me ha contribuido para la culminación de esta etapa universitaria

A mi hermana Paulina ya que ella estaba presente con consejos de superación durante mi etapa universitaria para no decaer en el intento.

Un agradecimiento a mi compañero de tesis Cristopher, a la Universidad Nacional de Chimborazo, a todos mis profesores de la carrera de Ingeniería Civil y sobre todo a la Ingeniera Gabriela Zúñiga por toda la colaboración brindada, durante la elaboración de este proyecto.

Jefferson Vladimir Macas Vilema

A Dios por otorgarme la capacidad, la sabiduría y la voluntad de seguir adelante cumpliendo mis objetivos.

A mi madre Miriam que ha sido pilar fundamental en mi vida, siempre estando pendiente de mí, ayudándome, apoyándome y confiando plenamente.

A mi padre Eloy por el sacrificio y las enseñanzas que me ha dado para ser una mejor persona y un gran profesional.

A mis hermanas por siempre apoyarme día a día.

Un agradecimiento a mi compañero de tesis Jefferson, a la Universidad Nacional de Chimborazo, a todos mis profesores de la carrera de Ingeniería Civil y sobre todo a la Ingeniera Gabriela Zúñiga por permitirnos realizar esta investigación y guiarnos en todo momento.

Cristopher Eloy Rodas Mayorga

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	9
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	11
Antecedentes	11
Planteamiento del problema.....	13
Objetivos	14
General.....	14
Específicos.....	14
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.	15
Conceptos Generales	15
Consumo de agua potable.....	15
Gestión de demanda.....	15
Variaciones de consumo.....	16
Factores que influyen el consumo de agua	16
Tipo de medidores de aguas para uso residencial.....	17
a) Medidores de chorro único.....	17
b) Medidores de chorro múltiple	17
c) Medidores de pistón rotativo múltiple.....	17
La estratificación urbana como indicador socioeconómico.....	17
Estado del Arte.....	18
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.	20
Tipo de Investigación.....	20
Métodos y técnicas de recolección de datos	21
Población de estudio y tamaño de muestra	21
Población	21
Muestra	21
Procesamiento y análisis de datos	22
Delimitación de la muestra para lectura de medidores.....	22
Medición horaria de los volúmenes horarios de agua potable	27
Descripción del equipo de medición de caudales	27
Procesamiento y análisis estadístico	28
Validación de datos.....	30

Representación de curva horaria	31
Procesamiento para digitalización los resultados mediante un sistema de información geográfica	32
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	33
Estratificación.....	33
Número de usuarios	33
Unidades Sanitarias.....	34
Unidades de almacenamiento.....	35
Nivel de servicio	38
4.2. Curvas de consumo horario residencial	38
Consumos horarios máximos por estratos	38
Consumos horarios máximos por redes de distribución	41
Consumos horarios máximos por red de distribución	45
Curva de consumo horario máximos por cantón.....	45
Comparativa de coeficientes máximos de modulación horario de cada estrato vs normativa	48
Estimación de la curva de modulación horaria	49
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	51
Conclusiones	51
Recomendaciones	52
BIBLIOGRAFÍA.....	53
ANEXOS	56

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1: Tipos de medidores existentes en los cantones Baños y Pelileo	28
---	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación de los cantones Baños de Agua Santa y San Pedro de Pelileo	12
Figura 2: Esquema metodológico	20
Figura 3: Estratificación socioeconómica del cantón Baños de Agua Santa	23
Figura 4: Estratificación socioeconómica del cantón Pelileo	24
Figura 5: Identificación de medidores de agua potable cantón Baños de Agua Santa	25
Figura 6: Identificación de medidores de agua potable cantón Pelileo	26
Figura 7: Planilla de registro para la toma de datos de volúmenes de los medidores	27
Figura 8: Tabulación datos iniciales cantón Baños estrato A	29
Figura 9: Tabulación datos iniciales cantón Pelileo estrato A	29
Figura 10: Validación de datos del cantón Baños estrato A	30
Figura 11: Validación de datos del cantón Pelileo estrato A	31
Figura 12: Porcentaje de estratificación socioeconómica de manzanas del cantón Baños y Pelileo	33
Figura 13: Número de habitantes por vivienda del cantón Baños y Pelileo	34
Figura 14: Aparatos Sanitarios	35
Figura 15: Tipos y características de almacenamiento	36
Figura 16: Consumo horario residencial del cantón Baños por estratos	40
Figura 17: Consumo horario residencial – Redes de Distribución Baños.....	41
Figura 18: Consumo horario residencial del cantón Pelileo	44
Figura 19: Consumo horario residencial – Red Tambo.....	45
Figura 20: Curva horaria residencial de los cantones Analizados.	46
Figura 21: Factores máximos de consumo horario – cantón Baños	48
Figura 22: Factores máximos de consumo horario – cantón Pelileo	49
Figura 23: Curva de modulación horaria (kh) Baños	50
Figura 24: Curva de modulación horaria (kh) Pelileo	50

RESUMEN

El agua es el elemento más abundante en la tierra y es el entorno perfecto a lo largo de la vida. El uso de este recurso depende de varios factores naturales, hábitos y costumbres del ser humano, este recurso natural se lo utiliza en diversas actividades como en el uso doméstico, uso agrícola e industrial. El presente proyecto de investigación tuvo como objetivo analizar el comportamiento del consumo horario de agua potable en zonas residenciales urbanas de los cantones Baños y Pelileo, se realizó un estudio de estratificación socioeconómico, después de aplicar un análisis estadístico y la caracterización de las manzanas de la zona residencial se ha obtenido 4 estratificaciones socioeconómicas, cabe recalcar que los cantones Baños y Pelileo se caracterizan por ser turísticos, comerciales, agrícolas y ganaderos. Una vez identificados los estratos se procedió a realizar encuestas a los usuarios de los predios y a tomar lectura de los medidores residenciales de agua potable en un lapso de una semana, durante 24 horas, el consumo horario varía dependiendo de algunos factores presentes ya sea si poseen algún tipo de almacenamiento, cantidad de aparatos sanitarios, tipo de vivienda u otros factores externos. Mediante las curvas de consumo se obtuvo que el consumo máximo horario residencial en el cantón Baños es de $Q_{m\acute{a}x} = 120 \text{ lt/h}$ y en el cantón Pelileo $Q_{m\acute{a}x} = 100 \text{ lt/h}$ estos consumos representan los hábitos de las poblaciones estudiadas. Los coeficientes de modulación horarios (Kh_{max}) obtenidos son 2,72 y 2,77 respectivamente.

Palabras claves: agua potable, consumo horario, estratificación, hábitos, medidores residenciales.

ABSTRACT

Water is the most abundant element on earth, and it is the perfect environment throughout life. The use of this resource depends on several natural factors, habits, and customs of human beings, this natural resource is used in various activities such as domestic use, agricultural and industrial use. The objective of this research project was to analyze the behavior of hourly consumption of drinking water in urban residential areas of Baños and Pelileo cantons. A study of socioeconomic stratification was conducted, after applying statistical analysis and characterization of the blocks of the residential area, 4 socioeconomic stratifications were obtained, it should be noted that Baños and Pelileo cantons are characterized by being tourist, commercial, agricultural and livestock. Once the strata were identified, we proceeded to survey the users of the properties and to take readings of the residential meters of drinking water in a period of one week, for 24 hours, the hourly consumption varies depending on some factors present, whether they have some type of storage, number of sanitary devices, type of housing or other external factors. The consumption curves showed that the maximum hourly residential consumption in the canton of Baños is $Q_{max}=120$ lt/h and in the canton of Pelileo $Q_{max}=100$ lt/h. These consumptions represent the habits of the populations studied. The hourly modulation coefficients (Kh_{max}) obtained are 2.72 and 2.77 respectively.

Keywords: drinking water, hourly consumption, stratification, habits, residential meters.



Reviewed by:
Lic. Jenny Freire Rivera
ENGLISH PROFESSOR
C.C. 0604235036

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Antecedentes

El agua dulce es el recurso más importante de la humanidad, origen integral de todas las actividades sociales, económicas y ambientales, condición de toda la vida en nuestro planeta, es un factor positivo o exclusivo de todas las sociedades y tecnologías, junto con una fuente potencial de felicidad o miseria, cooperación o conflicto (Guambaña Pulgarín M, 2018).

Es un derecho primordial que incluye la OMS el acceso al agua potable, garantizando una alimentación y una vivienda adecuada, depende la estimación correcta de la demanda de agua potable ya que una persona necesita al menos 50 litros de agua por día para satisfacer las necesidades básicas y 100 litros para satisfacer de manera óptima todas las necesidades (UNICEF, 2018).

Por ello, es importante que las personas cuenten con un sistema de agua potable eficiente y adecuado para satisfacer todas sus necesidades básicas. El servicio de agua potable puede verse afectado por la falta de información en el país sobre la estructura de la oferta y la demanda, lo que ha llevado a estimaciones de datos aproximadas e inexactas para el diseño de los sistemas de abastecimiento de agua, lo que genera un posible desabastecimiento (Hinojoza & Saltos, 2020).

Los requisitos máximos para el consumo de agua residencial son de gran importancia en el estudio de los sistemas de agua potable, donde la demanda máxima de agua es una de las condiciones de operación más importantes del sistema. Tener en cuenta la máxima demanda residencial al diseñar o renovar la red de agua (Hinojoza & Saltos, 2020).

Con el pasar del tiempo la población mundial ha ido creciendo de manera constante y con ello la necesidad de crear obras de ingeniería para abastecer de agua potable a poblaciones que día tras día requieren agua en mayor cantidad y mejor calidad, para satisfacer sus necesidades básicas (Tipan Jinde, 2017).

No existe una demanda adecuada que satisfaga el consumo horario residencial en la parte urbana de los cantones ya que no hay un plan territorial que tome en cuenta las

diferentes consideraciones y criterios para poder diseñar un sistema de abastecimiento de agua potable aceptable.

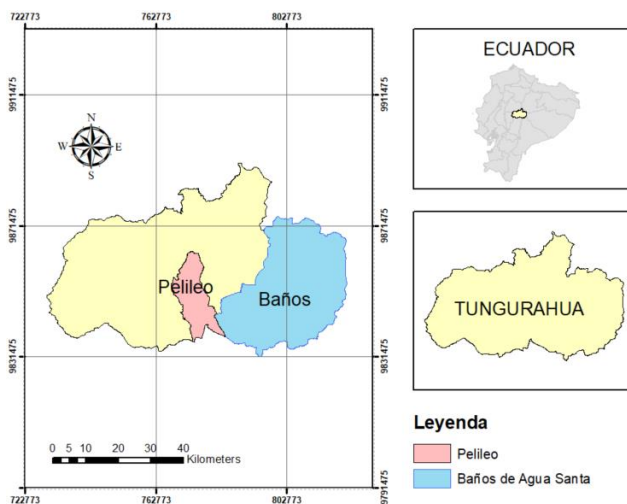
La estimación del consumo de agua potable es una condición indispensable para planificar y diseñar los sistemas de abastecimiento, para cubrir con todas las necesidades de la población por ende esta investigación tiene como objetivo el estudio del comportamiento de consumo horario residencial de agua potable en los cantones Baños y Pelileo donde recaudaremos información de lecturas horarias de medidores para una mejor gestión del abastecimiento de agua potable en dichos cantones.

El cantón de Baños está situado en las faldas del volcán Tungurahua a una altura de 1 820 metros sobre el nivel del mar. Se encuentra a 40 kilómetros al este de Ambato en la provincia de Tungurahua y cuenta con abundantes recursos hídricos. Se caracteriza por una alta humedad y la temperatura habitual oscila entre 15, 19 y 25 °C. (GADBAS, 2020). Cuenta con una población total de 20 018 habitantes, de los cuales 12 995 pertenecen al sector urbano (INEC, 2010).

El cantón Pelileo ubicado en el centro del Ecuador al sur occidente de la provincia de Tungurahua a 25 km de Ambato tiene una superficie de 2 020 km². La temperatura media anual varía entre 14° C y 17° C (GAD-Pelileo, 2020). Tiene una población total de 56 573 habitantes de los cuales 10 103 pertenecen al sector urbano (INEC, 2010), como se muestra en la Figura 1.

Figura 1:

Ubicación de los cantones Baños de Agua Santa y San Pedro de Pelileo



Fuente: (Macas & Rodas, 2022)

Planteamiento del problema

Los valores de la dotación y las variaciones de consumo influyen en el abastecimiento del agua, dado que los volúmenes de almacenamiento pueden no ser acordes a la realidad, entonces toma importancia el uso adecuado de coeficientes de variación diaria y horaria de la demanda para el diseño del sistema de abastecimiento. Los coeficientes de variación de la demanda expresan la relación entre el gasto máximo y el gasto medio que conduciría la tubería. Obtenidos de esta manera para cierta tubería los coeficientes de variación y curva de variación de la demanda se asumen válidos para cualquier otra tubería de la red, siendo su uso del coeficiente diario para la captación, conducción y reservorio y del horario para la aducción y red de distribución (Huaquisto & Chambilla, 2019).

Los cantones mencionados anteriormente no cuentan con datos e información suficiente de los consumos horarios por lo cual se desea hacer un estudio y análisis para realizar una curva de consumo horario e indicadores del gasto máximo y mínimo de agua con la finalidad de generar información necesaria que sea utilizada para realizar nuevos diseños, nueva red de distribución de agua potable y mejorar la gestión del abastecimiento de agua potable.

Objetivos

General

- Analizar el consumo horario de agua potable en las zonas residenciales basados en datos obtenidos en campo en el cantón Baños y Pelileo.

Específicos

- Identificar los sectores de distribución de la red y determinar las zonas residenciales del sistema abastecimiento del 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 Baños y Pelileo.
- Obtener indicadores como el gasto máximo y mínimo de agua por hora.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.

Conceptos Generales

Consumo de agua potable

El consumo de agua en algunas zonas ha tenido grandes impactos ambientales. En los países como Estados Unidos, China y la India el agua subterránea se está consumiendo más rápido de lo que se puede reponer, y los niveles freáticos siguen cayendo, algunos ríos como Río Colorado y el Río Amarillo a menudo se secan antes de llegar al mar. Dado que el suministro de agua dulce es esencial para la supervivencia y el desarrollo de la humanidad ha sido motivo de conflictos y disputas, por tal motivo a medida que aumenta la necesidad del líquido las negociaciones sobre la asignación y gestión de recursos son muy importantes. Ecuador es uno de los países más ricos en agua de Sudamérica con 43 500 metros cúbicos por persona al año (2,5 veces más que la media del mundo), sin embargo, la región andina es la que más retraso tiene en suministros de agua y drenaje (ESPÍN, 2012).

Gestión de demanda

La correcta estimación de la demanda de agua potable es fundamental para la planificación y diseño del sistema de abastecimiento, lo que determina en gran medida las inversiones requeridas y la calidad del servicio. El orden puede cambiar anual, estacional, semanal y diariamente. La variación anual es la necesidad de cambio durante varios años debido a la dinámica demográfica, los estilos de vida cambiantes, y más recientemente, el cambio climático. La variación estacional está influenciada por las diferencias en el clima de las estaciones; La variación semanal muestra un carácter cíclico en un patrón diario particular, similar de día a día, con alguna variación para los fines de semana y festivos (Tzatchkov & Alcocer-Yamanaka, 2016).

El continuo crecimiento de la población y la necesidad de satisfacer las necesidades hídricas para satisfacer sus necesidades básicas tiene en cuenta estrategias de gestión que promuevan el manejo del agua, tales como: exigencias normativas medidas funcionarias campañas de información y/o educación, implementación de nuevas tecnologías y control de infraestructura. La gestión de la demanda implica cambiar la forma tradicional de hacer frente, basada únicamente en la predicción y la entrega, por una gestión integral

y estratégica relacionada con el cambio del comportamiento de los usuarios y las prácticas gubernamentales (Manco Silva et al., 2012).

Variaciones de consumo

El objetivo principal del sistema de agua potable es proporcionar una presión constante, eficiente y suficiente para un determinado grupo de la población.

Para ello, es fundamental que los cálculos y el diseño de todos los componentes trabajen en conjunto de forma permanente y en todo momento, incluso si se producen cambios en el consumo de agua (Usua, 2020).

El consumo de agua potable de la población puede variar anual, mensual, diaria y horariamente. Las más importantes son las mediciones horarias y diarias. Estas diferencias se pueden expresar en función del consumo medio (Q_m).

Asimismo, en una semana determinada notaremos, periódicamente, que hay días de máximo consumo (normalmente el lunes) y días de mínimo consumo (normalmente el domingo), y más aún si tomamos una fecha determinada, también será cierto que el consumo de agua mostrará una diferencia en cada hora, dando las horas máximas de consumo y las horas mínimas de consumo (Arocha, 1980).

Factores que influyen el consumo de agua

El consumo de agua potable está determinado por variables como: climatológicas, sociodemográficas y socioeconómicas que se dividen en: factores del clima, números de unidades sanitarias, tipos de almacenamiento, número de personas por familia, tamaño de la población, casas con jardines, número de veces que lavan la ropa, número de veces que cocinan en casa, etc. Cada una de estas variables afectaría el consumo de agua potable con diferencia en los rangos de la población, en general las variables socioeconómicas han sido pocas veces estudiadas por los investigadores por lo tanto la información no actualizada acerca del consumo de agua potable de la población disminuye el desarrollo de algunos países (Arellano et al., 2018).

Tipo de medidores de aguas para uso residencial

a) Medidores de chorro único

Se enmarcan en la categoría de medidores de velocidad. Su funcionamiento se basa en la incidencia tangencial de un chorro de agua sobre la turbina alojada en el interior de la carcasa. Su óptimo funcionamiento es en posición horizontal, así la turbina se apoya sobre el extremo del eje en un solo punto, lo que hace que el rozamiento sea menor y los errores de medida a caudales bajos no se vean alterados (Manco Silva, 2014).

b) Medidores de chorro múltiple

Son medidores de velocidad, se utilizan en la medición del consumo residencial, comercial y en redes de riego; en estos medidores el agua incide sobre la turbina en toda su periferia. Están diseñados para funcionar con el eje de la turbina vertical, en esta posición se consigue menor resistencia y se reduce el desgaste de las piezas móviles.

c) Medidores de pistón rotativo múltiple

Son medidores volumétricos, se usan habitualmente para la medición del consumo en usuarios residenciales. Estos registran el consumo mediante el cómputo del número de llenados y vaciados de una cámara de volumen conocido. El elemento móvil lo constituye un pistón que gira excéntricamente alrededor del eje de la cámara de medición. A la vez que se llena el compartimiento de la derecha, se vacía el situado a la izquierda. En cada rotación del pistón atraviesa la cámara de medición el mismo volumen de agua. Este principio de funcionamiento es el que permite mayor exactitud en la medición. De hecho, medidores clase D que existen actualmente en el mercado utilizan esta tecnología de medición. La exactitud depende de los ajustes entre la cámara y el pistón, ya que los errores de medición tienen origen en las fugas existentes entre ambos elementos.

La estratificación urbana como indicador socioeconómico

Las ciudades sufren actualmente diversas desigualdades que afectan directamente la distribución y el acceso equitativo a los servicios básicos como lo es el agua potable y diversas oportunidades que ofrecen las ciudades. Aparece la expansión e intensificación de la política urbana neoliberal ha agravado el retraso en el cumplimiento de las obligaciones sociales de la población, en especial la vivienda y el empleo, así como la priorización de los intereses que demanda el mercado y la consecuente compensación económica. En este

sentido, las ciudades experimentan un recrudecimiento de la desigualdad y la segregación urbana asociadas a aparatos estatales complacientes alineados con los intereses corporativos (Zavattiero & Ortiz, 2019).

Estado del Arte

En el Ecuador la norma de agua potable no se encuentra actualizada, donde se especifica que los coeficientes horarios de diseño de abastecimiento utilizados tienen un rango de 2 a 2.30 como nos indica la norma, debido a que todos los datos obtenidos de las empresas son mensuales y no muestra un enfoque realista del consumo horario residencial, por tal motivo se requiere un estudio basado en un factor K_h y una curva de consumo para así poder estimar adecuadamente los coeficientes horarios a través de las curvas de variación o modelos matemáticos ya que es indispensable para un diseño y proyección de una red de agua potable, puesto que estos valores representan el gasto máximo y medio que se transportará en la tubería (Tzatchkov & Alcocer-Yamanaka, 2016).

Según Ramos et al., (2019), menciona que antes de los años noventa y hasta el momento hay una falta de planificación y gestión de los recursos hídricos porque no han arrojado resultados satisfactorios debido a la falta de investigación de los principales impulsores de las tendencias del consumo de agua en sus hogares y sus cambios. Esta tendencia comenzó a revertirse en los años noventa, cuando esto se ve facilitado por el desarrollo de la tecnología y su aplicación en la medición y la magnificación de la capacidad de almacenamiento de datos, esto continúa hasta el día de hoy y ha llevado a que se encuentren muchos estudios en la actualidad acerca del modelo de consumo.

Una investigación realizada en Cuba determinada por contadores electrónicos nos indica que el horario de menor consumo de agua es en las mañanas de 06h00 a 09h00 y en las noches desde las 21h00 a 1h00, se observa un consumo del 19 % en el horario de 1 am a 6 am, manifiestan varios autores por su experiencia en el consumo de este horario, en la parte doméstica casi siempre se deben a las fugas de agua, además el mayor consumo se da en la noche y sucede de 17h00 a 21h00 (Ramos et al., 2019).

Según Huaquisto & Chambilla (2019), las horas pico en la zona urbana de Salcedo - Puno se dan en la mañana, entre las 6h00 y 7h00 con $Q_{m\acute{a}x} = 9.63 \text{ l/h}$ y entre las 7h00 y 8h00 con $Q_{m\acute{a}x} = 10.61 \text{ l/h}$, también el consumo máximo horario se presenta entre las

11h00 y 12h00 con $Q_{\text{máx}} = 7.99 \text{ l/h}$. En horas de la tarde, a partir de las 14h00 horas en adelante, el servicio de agua es casi nulo no presentándose consumo en los registros. El coeficiente de variación diaria $K1 = 1.33$, sin embargo, el coeficiente de variación horaria $K2 = 3.80$.

Según ARCE (2021), en la ciudad de Huaraz, el coeficiente diario es $K1 = 1.0933$ y el horario es $K2 = 1.355$ de tal manera que al contar con el $K1$ y $K2$ reales se podría usar los valores reales para optimizarse los diseños y que estos puedan ser más eficientes.

Según Calderón & Tello (2022), el estudio realizado en la provincia de Chimborazo en el cantón Colta el horario pico es en la mañana a las 8h00 con $Q_{\text{máx}} = 150 \text{ l/h}$, tarde a las 13h00 con $Q_{\text{máx}} = 130 \text{ l/h}$ y noche a las 21h00 con $Q_{\text{máx}} = 110.00 \text{ l/h}$, mientras que en que en el cantón Penipe el horario pico es en la tarde de 13h00 a 15h00 con $Q_{\text{máx}} = 85.25 \text{ l/h}$, en la noche a las 21h00 con $Q_{\text{máx}} = 76.00 \text{ l/h}$ y en la mañana a las 8h00 con $Q_{\text{máx}} = 68.00 \text{ l/h}$. Los coeficientes máximos de modulación horaria en Colta de $Kh_{\text{máx}} = 2.72$ y Penipe de $Kh_{\text{máx}} = 2.89$ son valores que reflejan la realidad de las poblaciones en estudio.

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.

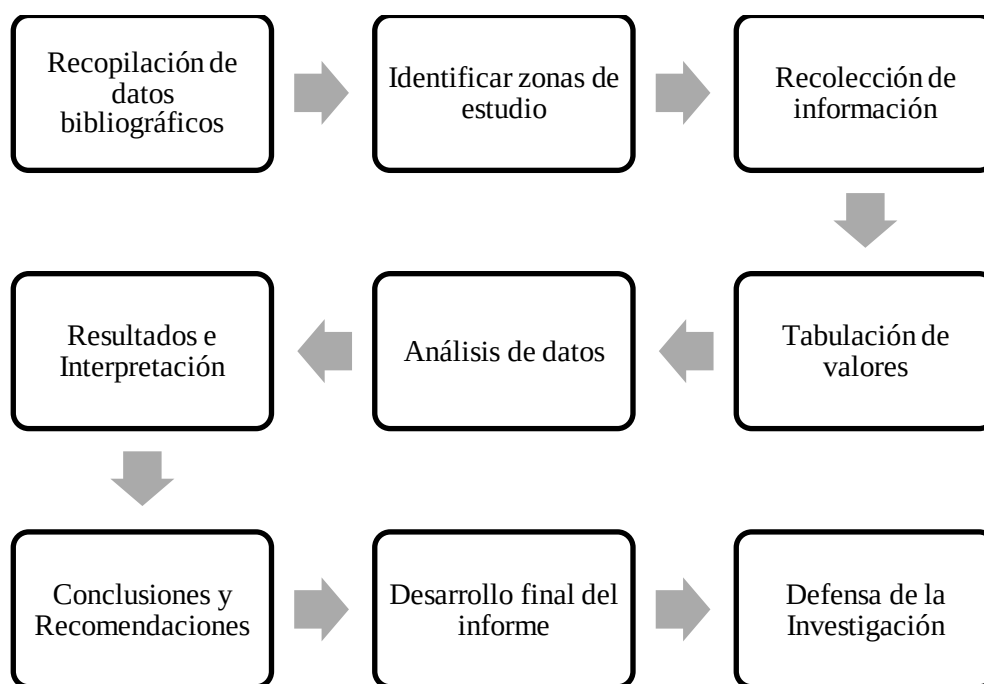
Tipo de Investigación

La investigación realizada es del tipo exploratoria, analítica y descriptiva. Exploratoria debido a que se procede a realizar encuestas y mediciones de caudales del consumo de agua potable en las residencias de la cabecera cantonal de Baños y Pelileo. Analítica debido a que los datos que obtenemos en la medición en campo los trasladamos a una hoja de cálculo para poder encontrar la curva de consumo horario en cada estrato. Descriptiva dado que una vez obtenidas las gráficas de consumo y sus patrones tabulamos los resultados.

La investigación utilizará un método mixto debido a que se realiza en la parte cuantitativa la toma de lecturas de los diferentes medidores de las casas de la cabecera cantonal y cualitativa por las encuestas que realizamos para caracterizar el tipo de zona y obtener los estratos.

En la Figura 2 observamos el proceso de nuestra investigación.

Figura 2:
Esquema metodológico



Fuente: (Macas & Rodas, 2022)

Métodos y técnicas de recolección de datos

El método de (Arellano et al., 2012), se empleó para la caracterización urbanística y socioeconómica detallando poblaciones menores a 150 000 habitantes. En el cantón Baños y en el cantón Pelileo se evaluaron 60 manzanas de la cabecera cantonal, se analizaron los siguientes parámetros: número de edificaciones, número de pisos, estado de fachadas, tipo de calzada y servicios que dispone la vivienda, asignándoles un puntaje. Una vez obtenidos los datos los tabulamos con el programa Microsoft Excel para determinar el estrato socioeconómico al que pertenece Figura 3 y Figura 4.

Para el tamaño de las muestras utilizamos el método Muestreo probabilístico aleatorio simple de (Borja, 2012).

Población de estudio y tamaño de muestra

Población

Los registros establecidos en los cantones de Baños y Pelileo de residencias actualizados hasta agosto del 2 022 proporcionados por los GADS municipales de los mismos nos indican que el cantón Baños posee 4 975 casas residenciales y el cantón Pelileo posee 5 352 casas residenciales. Para su debido cálculo procedemos a identificar las muestras según su nivel socioeconómico mediante el método (Arellano et al., 2012).

Muestra

Para el cálculo muestra se lo realizó mediante la siguiente ecuación, que representa la curva de “Población vs número mínimo de muestras” según (Arellano & Cabezas, 2014).

$$Y = -5 * 10^{-9}X^2 + 17 * 10^{-4}X + 36.056$$

Donde:

Y: Número de muestras

X: Población urbana

La muestra mínima calculada para el cantón Baños es de 60 muestras y para el cantón Pelileo es de 60 muestra, por temas de falta de colaboración de los habitantes se optó por

incrementar un 30% a la muestra y dejando en un valor exacto de 100 viviendas para cada cantón.

La muestra que se representa al final es tipo estratificada por lo tanto para identificar el porcentaje del estrato referente al total utilizamos la siguiente ecuación:

$$\%Mz\ i = \frac{\text{Número de manzanas } i}{\text{Número de manzanas residenciales}}$$

Donde:

i = Estrato socioeconómico

% Mz i = Porcentaje de manzanas del estrato i respecto al total

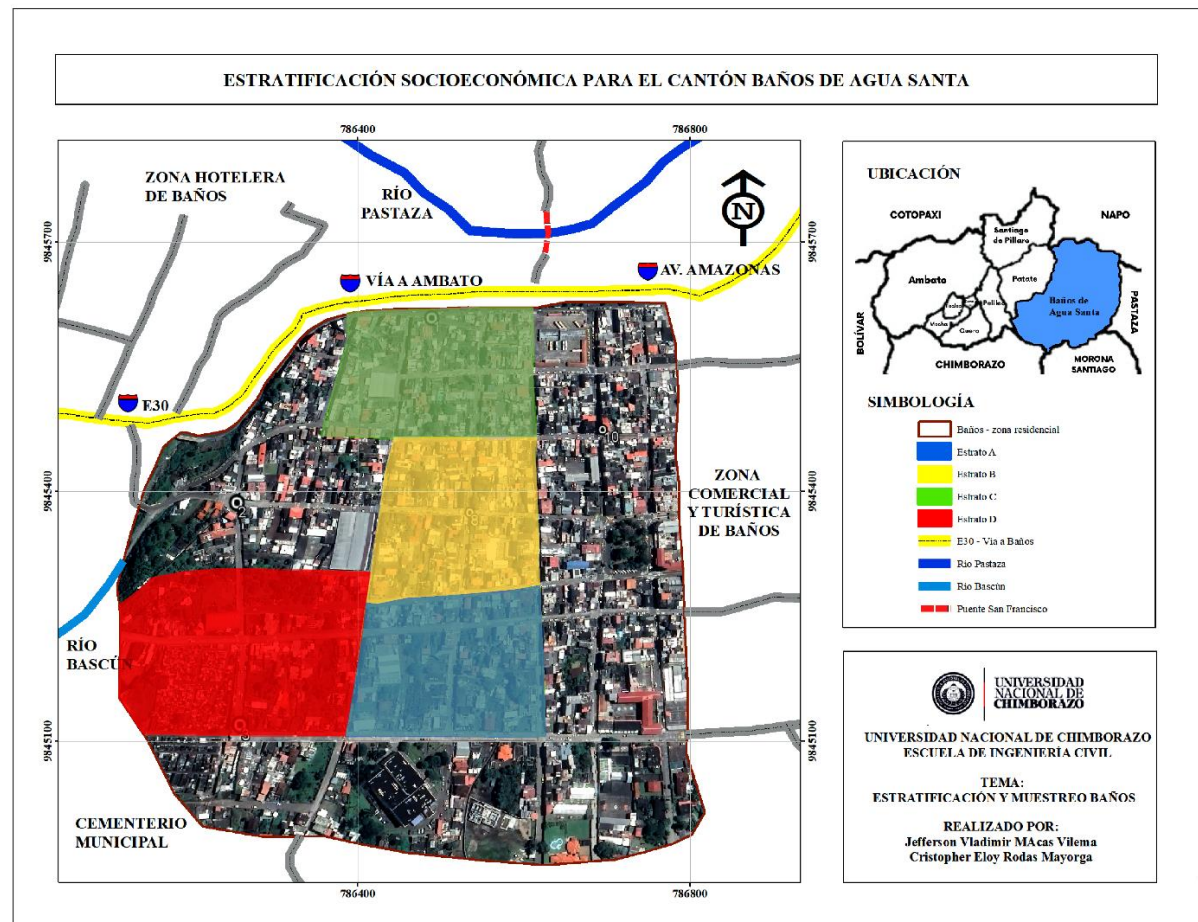
Procesamiento y análisis de datos

Delimitación de la muestra para lectura de medidores

Para la muestra de toma de lecturas de los medidores de agua potable identificamos las viviendas que cuentan con tanque elevado o cisterna para descartarlas debido a que no nos proporcionan un consumo real de agua potable y nos alteran nuestros resultados. En Baños y en Pelileo se obtuvo un muestreo de 25 viviendas por estrato (en total 100) Figura 5 y Figura 6.

Figura 3:

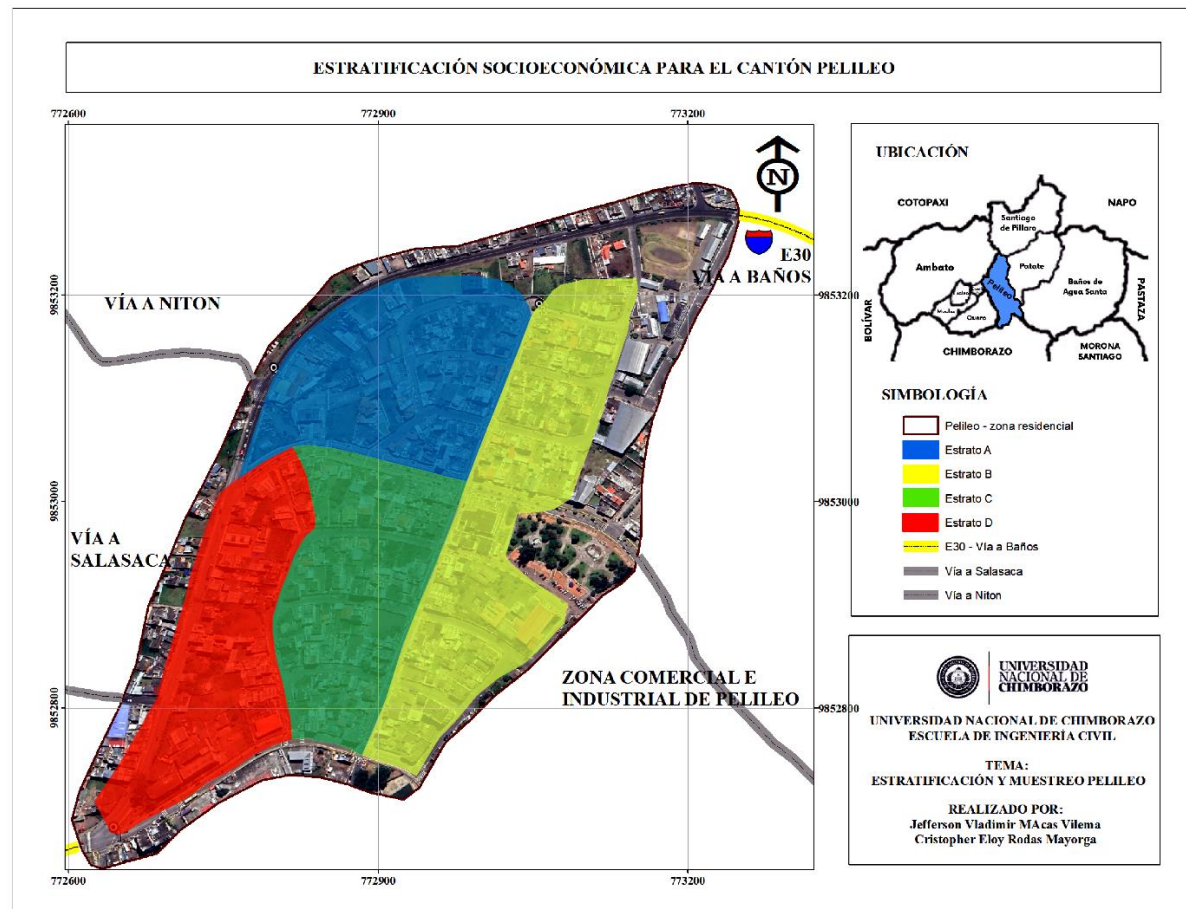
Estratificación socioeconómica del cantón Baños de Agua Santa



Fuente: (Macas & Rodas, 2022)

Figura 4:

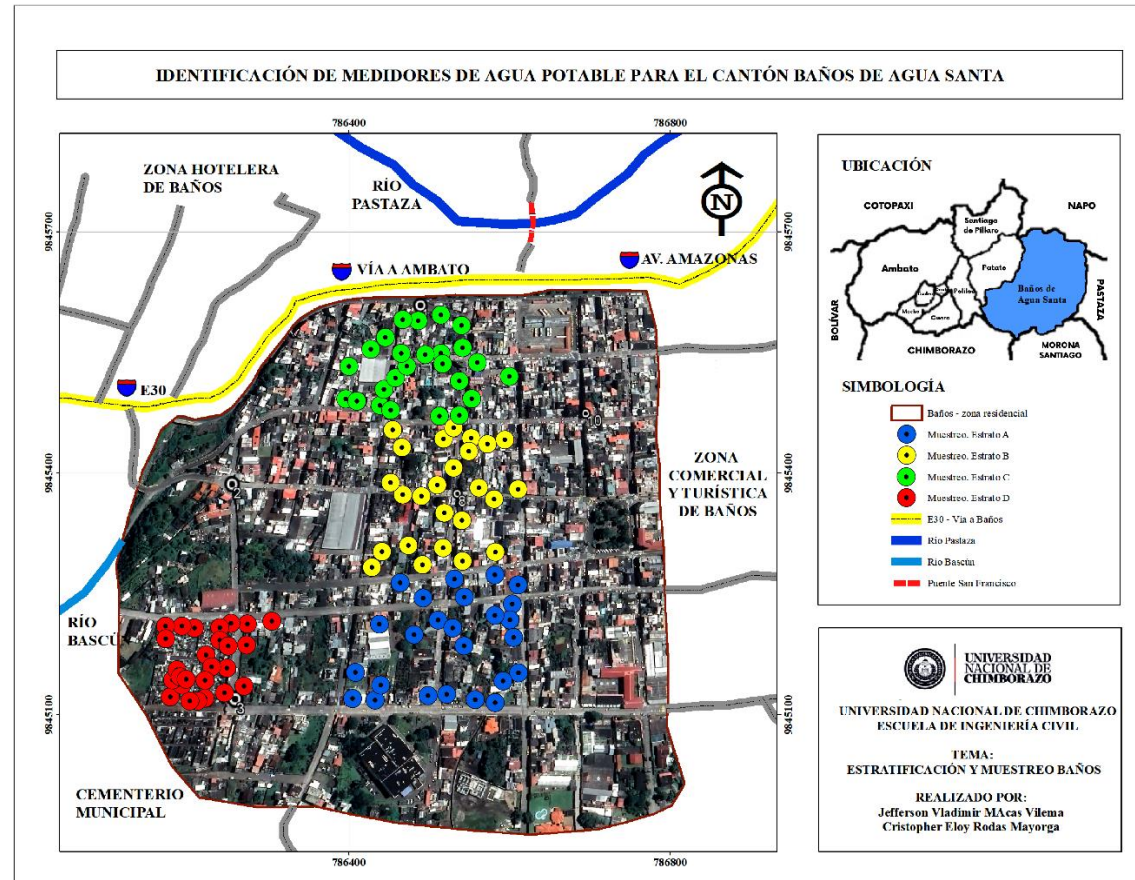
Estratificación socioeconómica del cantón Pelileo



Fuente: (Macas & Rodas, 2022)

Figura 5:

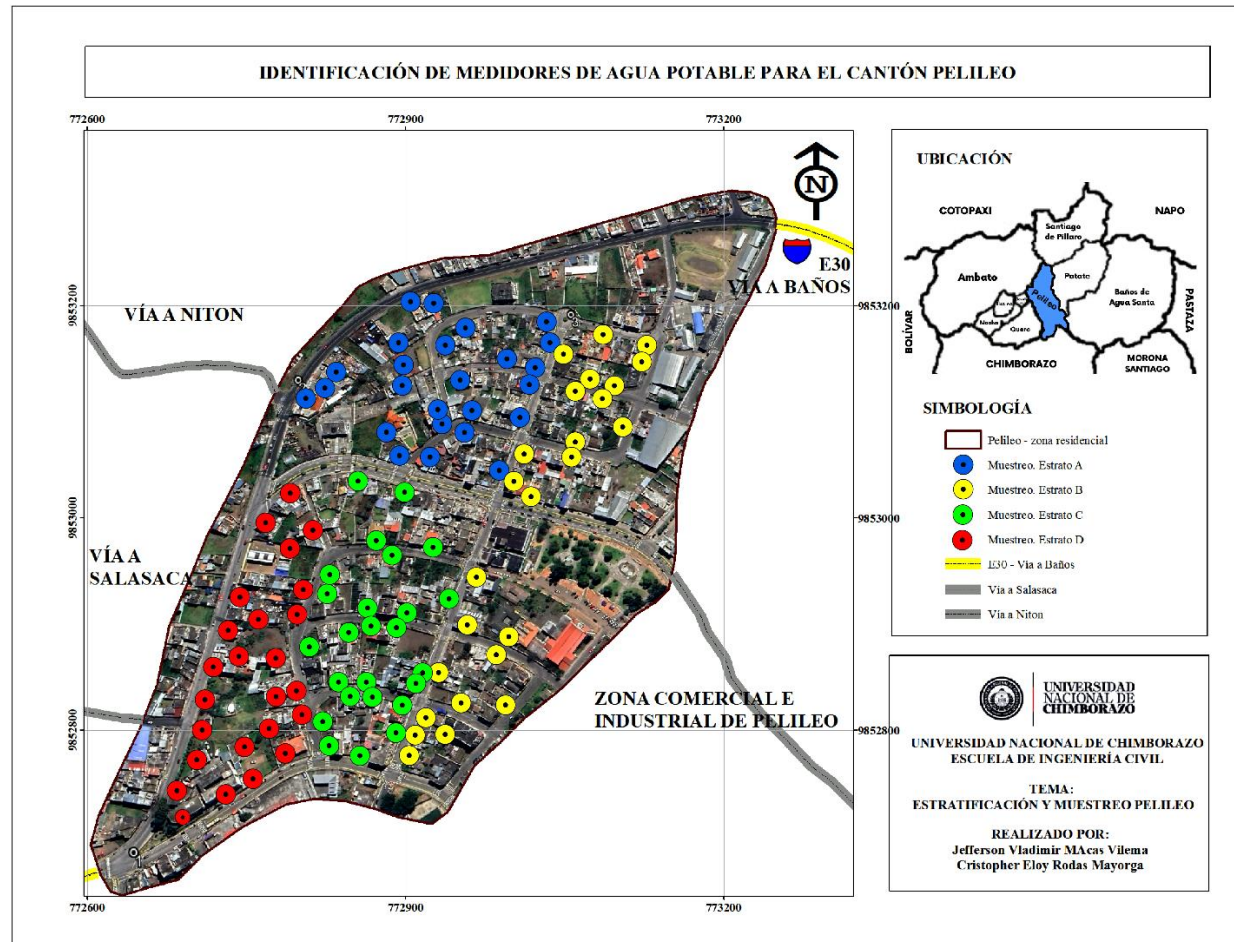
Identificación de medidores de agua potable cantón Baños de Agua Santa



Fuente: (Macas & Rodas, 2022)

Figura 6:

Identificación de medidores de agua potable cantón Pelileo



Fuente: (Macas & Rodas, 2022)

Medición horaria de los volúmenes horarios de agua potable

Para recolectar los volúmenes horarios de agua potable se empleó una plantilla en donde registramos las lecturas de cada medidor seleccionado anteriormente durante 7 días las 24 horas del día. En la Figura 7 podemos observar el registro utilizado para la toma de datos de los volúmenes de los medidores:

Figura 7:

Planilla de registro para la toma de datos de volúmenes de los medidores

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD INGENIERIA CARRERA INGENIERIA CIVIL										CARRERA DE INGENIERIA CIVIL			
Proyecto de Investigación: "Estudio del comportamiento de consumo horario residencial de agua potable en los cantones Baños y Pelileo"															
Registro "Consumo Horario Residencial de Agua Potable del Cantón Baños y Pelileo"															
Dirección Predio:				Coordenadas:				N° de Vivienda:				N° de Habitantes			
Hora de Registro	Días de Registro														
	Lunes		Martes		Miércoles		Jueves		Viernes		Sábado		Domingo		
	m3	lt	m3	lt	m3	lt	m3	lt	m3	lt	m3	lt	m3	lt	
0:00:00	1:00:00														
1:00:00	2:00:00														
2:00:00	3:00:00														
3:00:00	4:00:00														
4:00:00	5:00:00														
5:00:00	6:00:00														
6:00:00	7:00:00														
7:00:00	8:00:00														
8:00:00	9:00:00														
9:00:00	10:00:00														
10:00:00	11:00:00														
11:00:00	12:00:00														
12:00:00	13:00:00														
13:00:00	14:00:00														
14:00:00	15:00:00														
15:00:00	16:00:00														
16:00:00	17:00:00														
17:00:00	18:00:00														
18:00:00	19:00:00														
19:00:00	20:00:00														
20:00:00	21:00:00														
21:00:00	22:00:00														
22:00:00	23:00:00														
23:00:00	0:00:00														

Fuente: (Macas & Rodas, 2022)

Descripción del equipo de medición de caudales

Los medidores de Baños y Pelileo registran los metros cúbicos y los litros en los últimos dígitos ya sea 3 o 2 dependiendo del medidor por eso la lectura del medidor varía en algunas viviendas. En la Tabla 1 se muestra algunos medidores que son utilizados en Baños y Pelileo:

Tabla 1:

Tipos de medidores existentes en los cantones Baños y Pelileo

BAÑOS	PELILEO
SAGA  A blue water meter with a black top cover and a white face. The cover is open, showing the internal mechanism. The face has a digital display and a red needle.	SAGA  A blue water meter with a black top cover and a white face. The cover is open, showing the internal mechanism. The face has a digital display and a red needle.
AHS  A grey water meter with a white top cover and a white face. The cover is open, showing the internal mechanism. The face has a digital display and a red needle.	AHS  A grey water meter with a white top cover and a white face. The cover is open, showing the internal mechanism. The face has a digital display and a red needle.

Fuente. (Macas & Rodas, 2022)

Procesamiento y análisis estadístico

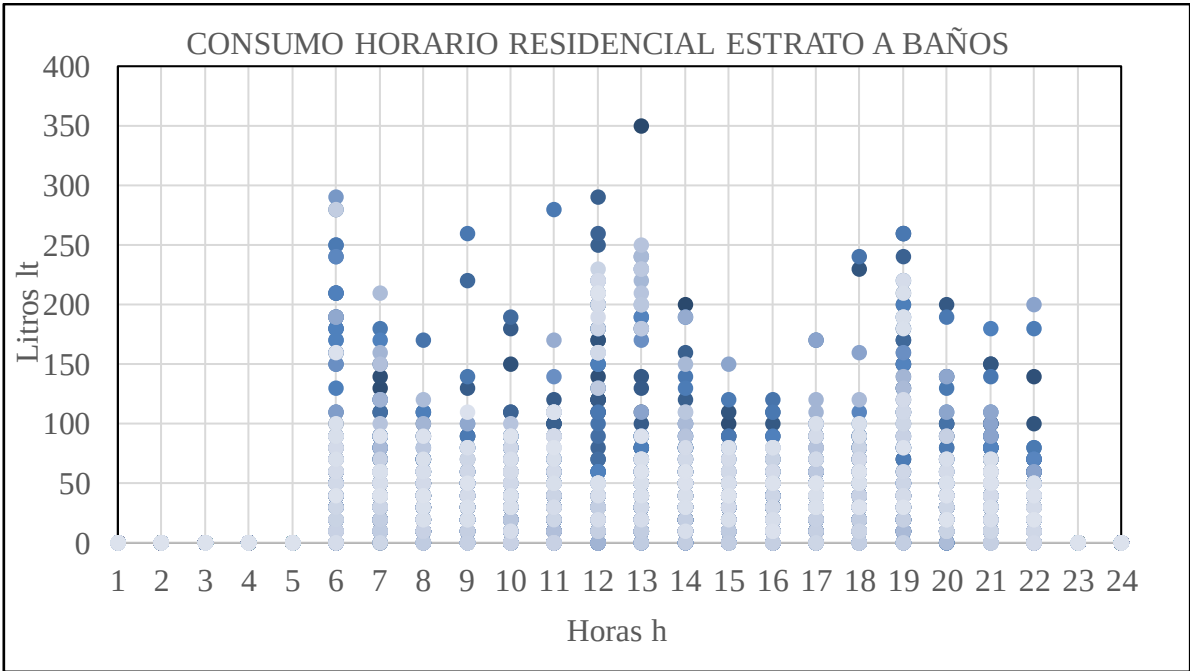
Tabulación de datos iniciales

Los datos obtenidos en la lectura en campo durante 7 días las 24 horas del día por cada estrato los analizamos e identificamos los patrones de consumo horario.

En la Figura 8 se representa el consumo horario de un estrato.

Figura 8:

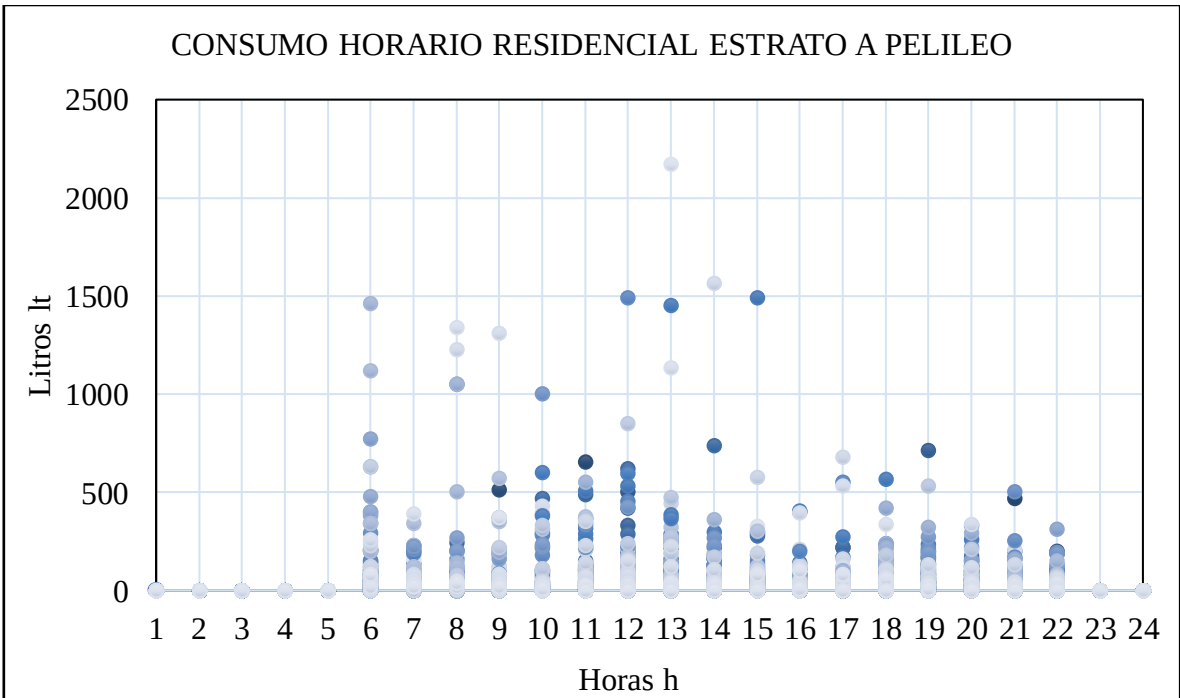
Tabulación datos iniciales cantón Baños estrato A



Fuente: (Macas & Rodas, 2022)

Figura 9:

Tabulación datos iniciales cantón Pelileo estrato A



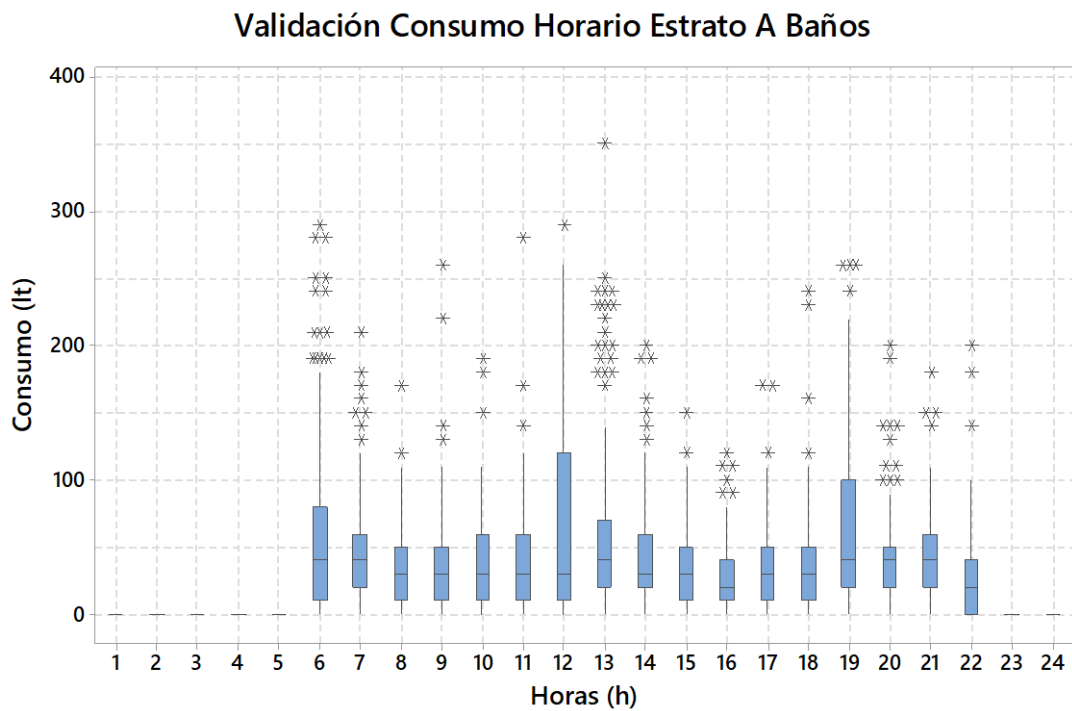
Fuente: (Macas & Rodas, 2022)

Validación de datos

Se ha evaluado mediante el software Minitab 18 de diagramas de cajas y bigotes la tabulación de los datos obtenidos con el fin de eliminar los valores que no corresponden a un rango establecido donde se ha optado por tomar el cuartil Q3 como se aprecia en la Figura 10 y en la Figura 11.

Figura 10:

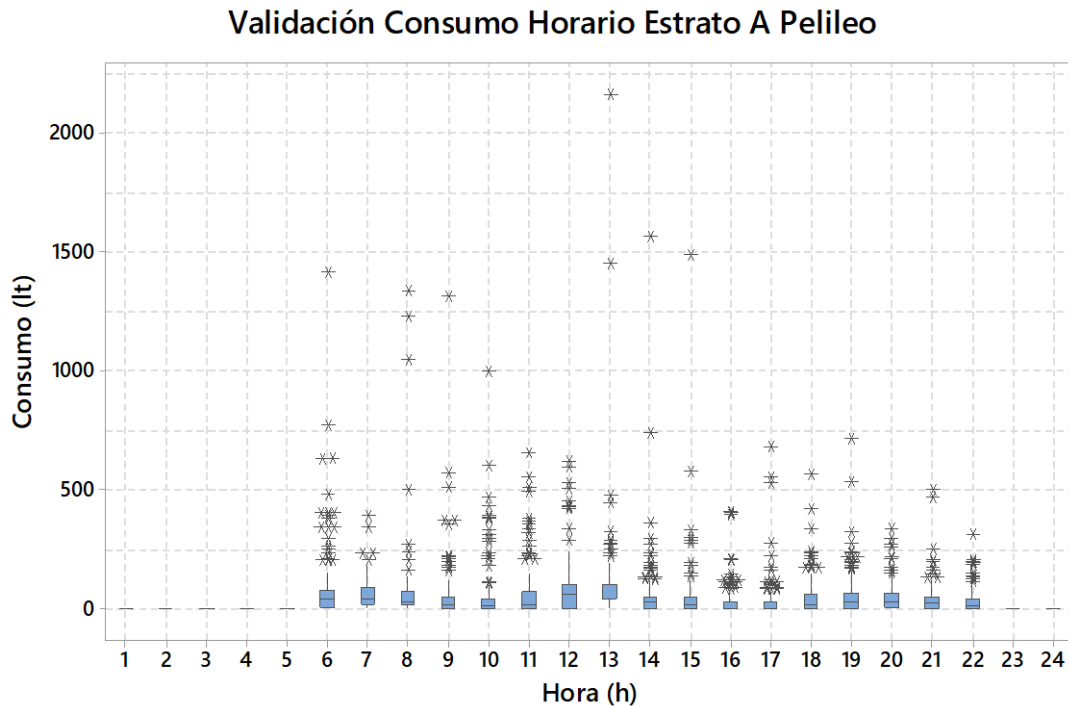
Validación de datos del cantón Baños estrato A



Fuente: (Macas & Rodas, 2022)

Figura 11:

Validación de datos del cantón Pelileo estrato A



Fuente: (Macas & Rodas, 2022)

Representación de curva horaria

Se ha optado por seleccionar el cuartil Q3 para poder representar cada hora con el fin de obtener las curvas horarias de cada estrato.

Se ha calculado el caudal medio de los consumos horarios de agua potable en el cantón Baños y Pelileo como se expresa en la siguiente ecuación:

$$Q_{medio} = \frac{Q_{h1} + Q_{h2} + Q_{h3} + Q_{h4} + Q_{h5} + Q_{h6} + Q_{h24}}{24}$$

Donde:

- Q medio = caudal medio
- Q_h = consumo de agua en una hora

Según Estrada (2019), el *Qfondo* representa las posibles fugas y pérdidas durante las horas de la madrugada donde no se registran consumo alguno y se expresa con la siguiente ecuación:

$$Q_{fondo} = 20\% * Q_{medio}$$

Donde:

- Q_{fondo} = caudal de fondo
- Q_{medio} = caudal medio

Coeficiente de modulación horario (Kh)

El coeficiente de modulación horario se lo realiza para analizar cómo funciona el sistema de agua potable mediante la siguiente ecuación:

$$Kh = \frac{Q_h}{Q_{medio}}$$

Donde:

- Kh = coeficiente de modulación por hora
- Q_h = consumo de agua en una hora
- Q_{medio} = caudal medio

Procesamiento para digitalización los resultados mediante un sistema de información geográfica

Mediante el software ARCGIS diferenciamos las escalas de colores de los consumos horarios en las viviendas seleccionadas, para ello mediante un GPS o una aplicación móvil obtenemos las coordenadas UTM en el cantón Baños y Pelileo.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

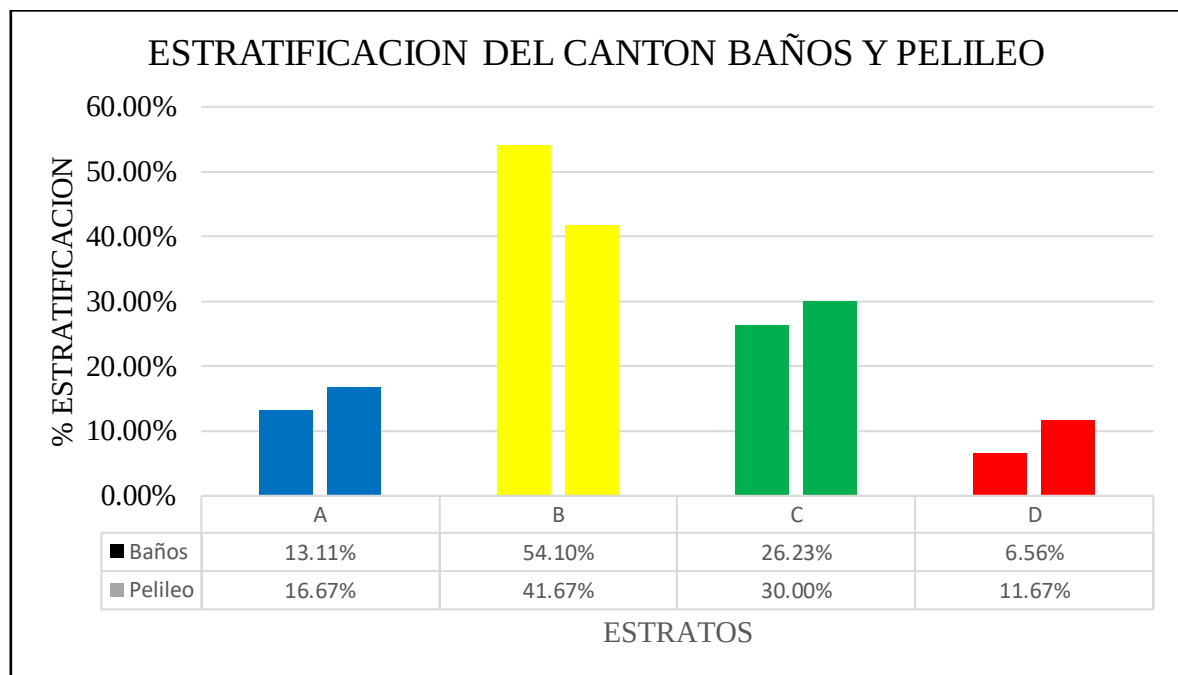
4.1. Principales factores que inciden en el consumo de agua potable

Estratificación

En los cantones Baños y Pelileo se categorizó las manzanas en 4 estratos socioeconómicos, donde cada estrato tiene un rango establecido, mediante las encuestas realizadas obtenemos como que resultados que tanto en el cantón Baños como en Pelileo predomina el estrato B (de ingresos mayores que el promedio) como se muestra en la Figura 12.

Figura 12:

Porcentaje de estratificación socioeconómica de manzanas del cantón Baños y Pelileo



Fuente: (Macas & Rodas, 2022)

Según Huaquisto & Chambilla (2019), los factores económicos son fundamentales, debido a que aumenta el nivel económico, el consumo de agua en muchos casos también aumenta, bajo la influencia de factores hídricos fuera de la casa (en el jardín, piscina, lavadora, etc.).

Número de usuarios

La cantidad de habitantes que existen en una vivienda es el principal factor que se puede analizar para el consumo de agua potable en la zona de estudio, lo que a su vez nos

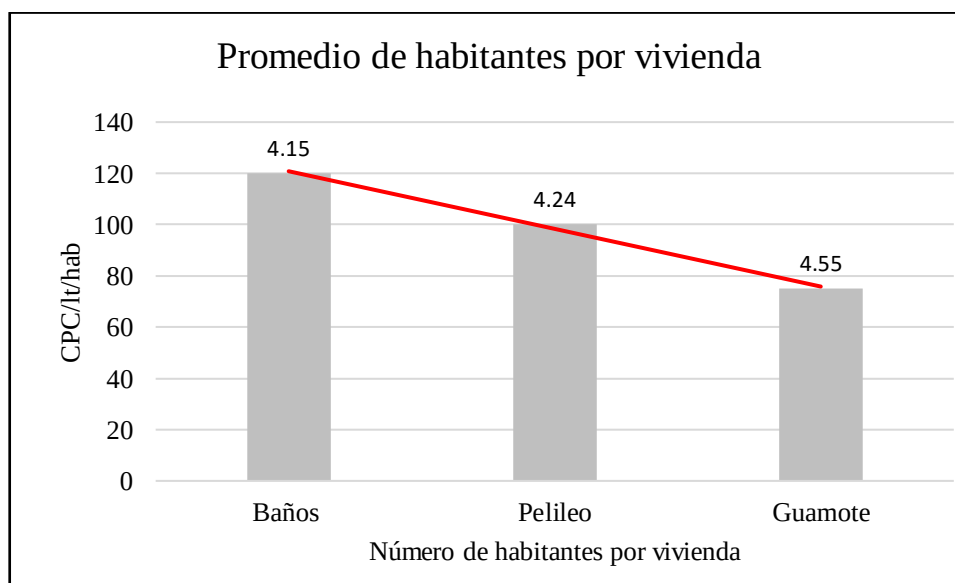
permite determinar la demanda per cápita por estratos donde podamos asociar de manera más equilibrada la dotación de cada vivienda.

En el cantón Baños tenemos un promedio de 4,15 *habitantes/vivienda* y en el cantón Pelileo tenemos un promedio de 4,24 *habitantes/vivienda* representando un 38% y un 28,8% del total respectivamente. Según (Izurieta-Recalde et al., 2022), el consumo per cápita de agua potable se reduce cuando se aumenta el número de habitantes en una vivienda. Esto nos indica que el consumo de agua potable será elevado a comparación de otras ciudades como lo es Guamote en donde por vivienda habitan varias personas, Como se observa en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Según Huaquisto & Chambilla (2019), nos menciona que en algunos casos el consumo de agua potable es mayor en los hogares de 5 a 8 personas ya que poseen un alto ingreso económico, pero a diferencia de los hogares con mayor número de usuarios, el consumo es menor porque se pueden controlar mejor los factores de costo, se permite que la empresa de servicios públicos regule el consumo.

Figura 13:

Número de habitantes por vivienda del cantón Baños y Pelileo



Fuente: (Macas & Rodas, 2022)

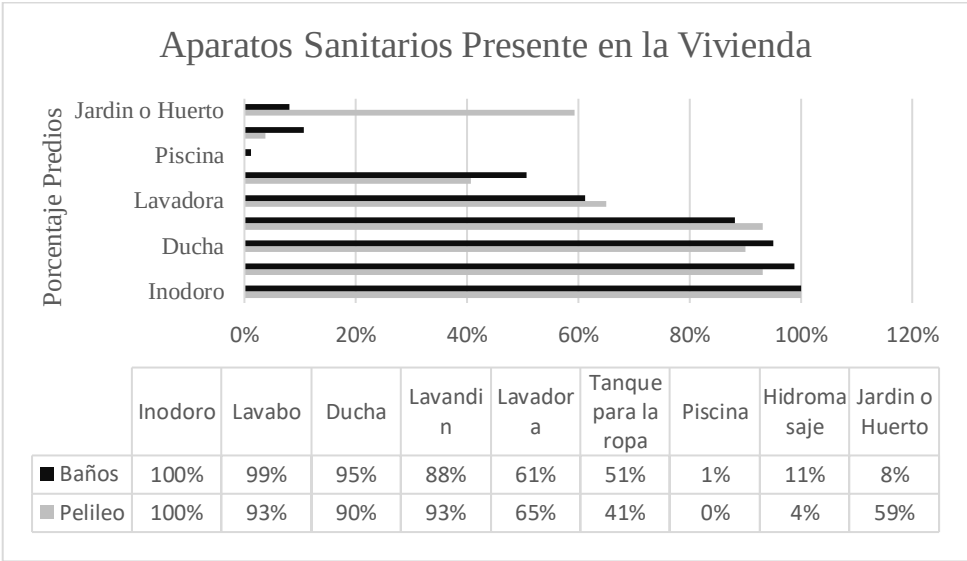
Unidades Sanitarias

La cantidad de aparatos sanitarios nos ayuda a analizar el consumo diario de agua potable por predio. Se determina que los aparatos sanitarios utilizados en las viviendas de

Baños y Pelileo son de uso diario, tales como inodoros, lavabos, duchas, lavandin, en proporciones del 100% a 88% pero lavadoras del 61% al 65%, hidromasaje del 4% al 11% y piscinas del 0% al 1% debido a que las personas prefieren ir a balnearios y no consumir demasiada agua ya que el mantenimiento tiene un costo elevado. Como se observa en la Figura 14.

Figura 14:

Aparatos Sanitarios



Fuente: (Macas & Rodas, 2022)

Según Pérez Silva (2017), la cantidad de aparatos sanitarios (AS) por vivienda puede caracterizar más fácilmente una vivienda tipo. Por ejemplo, si tiene hasta 6 (AS) es una vivienda unifamiliar, hasta 11 (AS) es una vivienda bifamiliar y más de 16 (AS) es un edificio residencial.

De acuerdo Arellano (2019), sugiere la introducción de un modelo matemático para determinar tarifas diferenciadas, ya que, a mayor cantidad de unidades sanitarias disponibles, mayor tarifa y, a su vez, mayor consumo de agua.

Unidades de almacenamiento

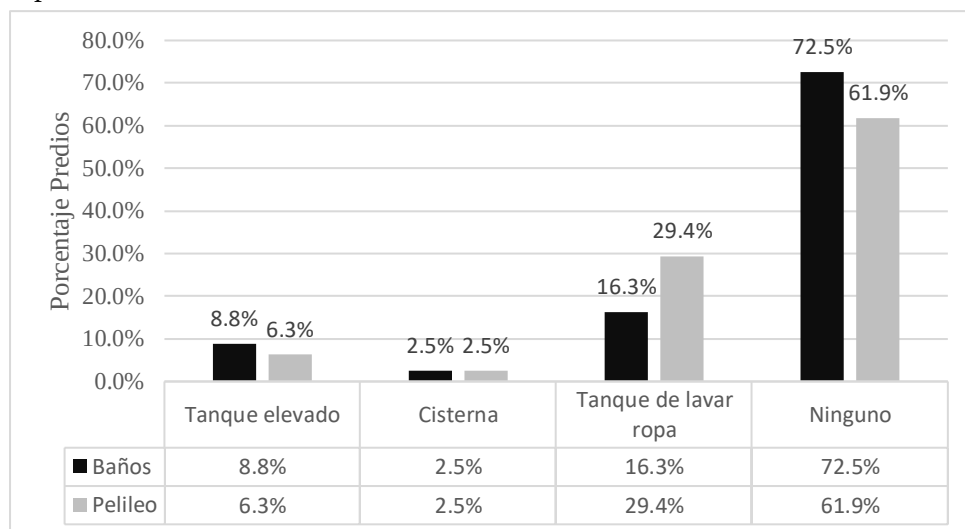
En el cantón Baños se aprecia un resultado del 8,8% en viviendas con tanques elevados y un 2,5% en cisternas, por otro lado, en el cantón Pelileo se aprecia un 6% en viviendas con tanques elevados y 3% en cisternas, por lo tanto, en el cantón Baños representan conexión directa un 73% y en el cantón Pelileo un 62%, algunos domicilios

poseen tanques de lavar ropa con un porcentaje del 16% en Baños y un 29% en Pelileo, como se muestra en la Figura 15.

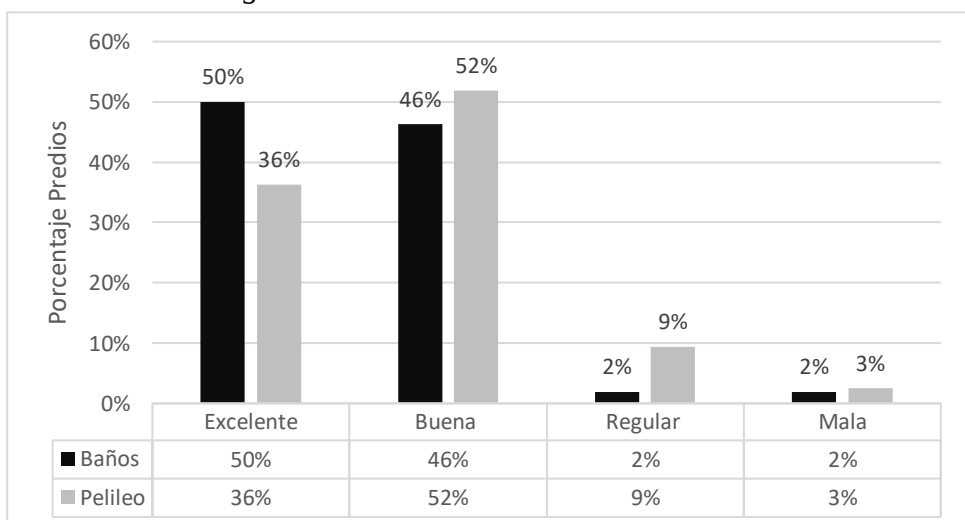
Figura 15:

Tipos y características de almacenamiento

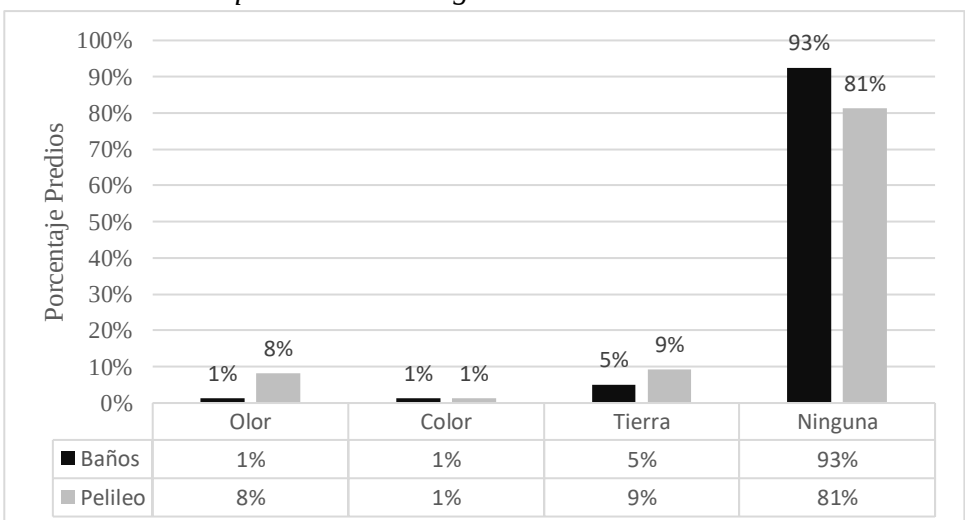
15.a. Tipo de almacenamiento



15.b. La Calidad del Agua



15.c. Características que Presenta el Agua



Fuente: (Macas & Rodas, 2022)

Se analizó las unidades de almacenamiento, debido a que representan un consumo variado y que no se identifica el consumo real en horas, ya que las viviendas que poseen tanques elevados o cisternas no tendrán el mismo consumo con viviendas que tienen conexión directa desde el medidor hasta sus aparatos sanitarios, cabe recalcar que las viviendas que tienen unidades de almacenamiento tendrán un consumo elevado en horas específicas hasta abastecer completamente a su domicilio.

Nivel de servicio

En los cantones Baños y Pelileo el servicio de agua potable es constante al 100%, debido a que cuentan con fuentes naturales de agua, tanto superficiales como subterráneas, que permite un adecuado diseño de los sistemas de abastecimiento de agua potable, mejorando así la calidad de vida, la salud y el desarrollo de las personas.

Sin embargo, algunos factores externos afectan la calidad del agua potable como, por ejemplo: el origen de las cuencas hidrográficas afectadas por el cambio climático, desastres naturales (derrumbes), etc., dándonos un porcentaje del 50% excelente y 46% buena en el cantón Baños, mientras que en el cantón Pelileo un porcentaje del 36% excelente y 52% buena, un porcentaje muy bajo del 2% mala en Baños y en Pelileo un porcentaje del 3% como mala. Como se muestra en la Figura 15.b.

Las encuestas realizadas sobre las características presentes en el agua potable nos dan como resultado que en el cantón Baños el 93% y en el cantón Pelileo el 81% del agua potable no presenta ninguna anomalía y es apta para el consumo humano, mientras que en un porcentaje mínimo las personas manifestaron que rara vez presenta propiedades y características como olor, color y tierra, esto se refleja por los desastres o fenómenos naturales (derrumbes que ocasionan roturas de tuberías, inundaciones). Como se muestra en la Figura 15.c.

4.2. Curvas de consumo horario residencial

Consumos horarios máximos por estratos

En el cantón Baños el estrato A presenta un consumo elevado a las 6h00, a las 12h00 y a las 19h00, con un caudal máximo comprendido entre 80,00 l/h y 120,00 l/h.

En el estrato B presenta un consumo elevado a las 9h00, a la 13h00 y a las 21h00 con un caudal máximo comprendido entre 60,00 l/h a 70,00 l/h.

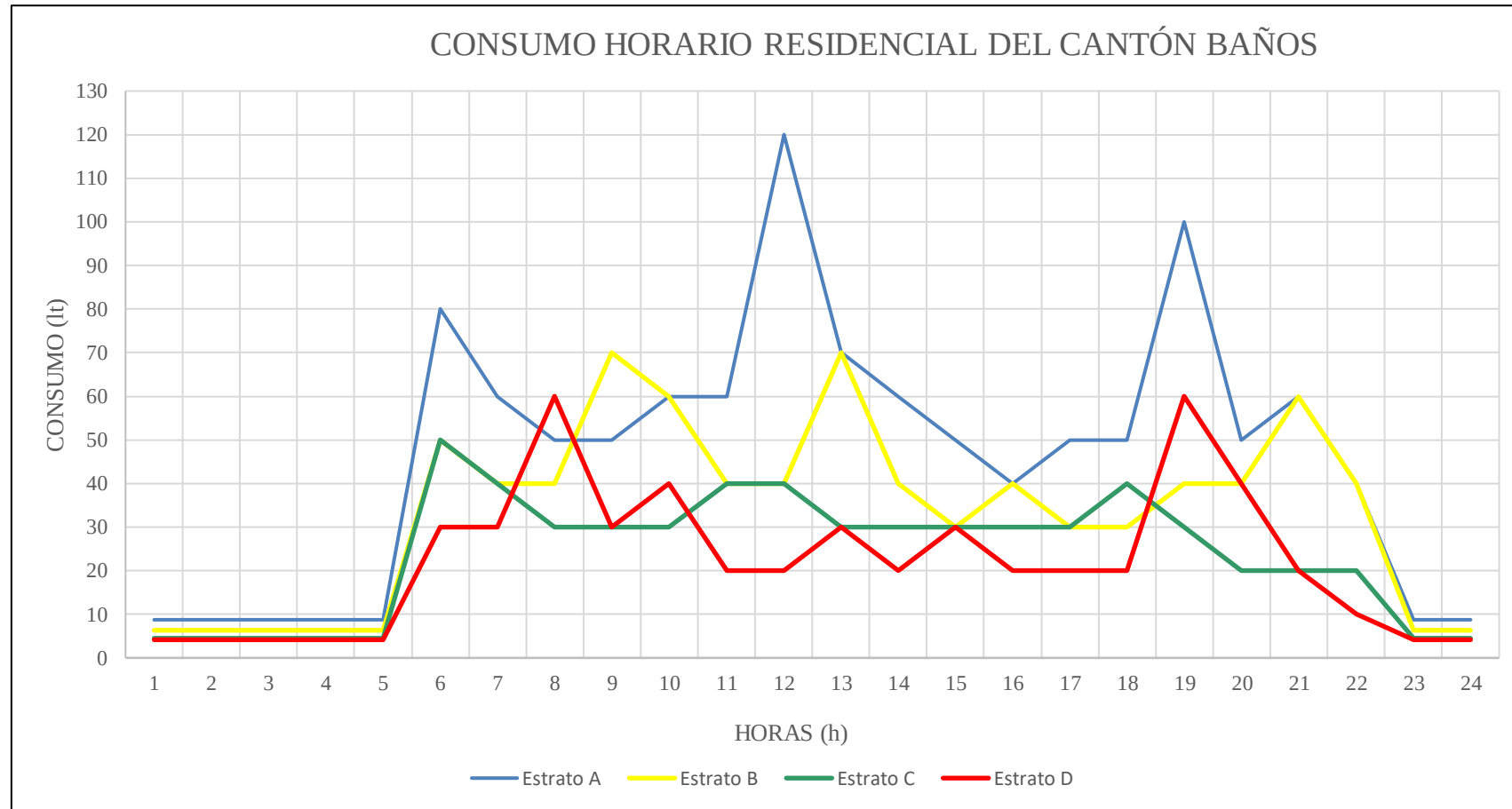
En el estrato C presenta un consumo elevado a las 6h00, de 11h00 a 12h00 y a las 18h00 con un caudal máximo comprendido entre 40,00 l/h a 50,00 l/h.

En el estrato D presenta un consumo elevado a las 8h00 y a las 19h00 con un caudal máximo comprendido entre 30,00 l/h a 60,00 l/h.

Existe un patrón entre los estratos A, B y C, donde su consumo se asemeja al medio día debido a que el cantón Baños es un lugar pequeño y los habitantes prefieren ir almorzar a su domicilio por ende existe un consumo alto de agua ya que se utiliza los aparatos sanitarios. Como se muestra en la Figura 16

Figura 16:

Consumo horario residencial del cantón Baños por estratos



Fuente: (Macas & Rodas, 2022)

Consumos horarios máximos por redes de distribución

En el cantón Baños se presentan 2 redes de distribución de agua potable, la primera es la red de Nahuazo que abarca los barrios Obrero y Terminal mientras que la otra red de Punzán abarca los barrios San José y Raposal.

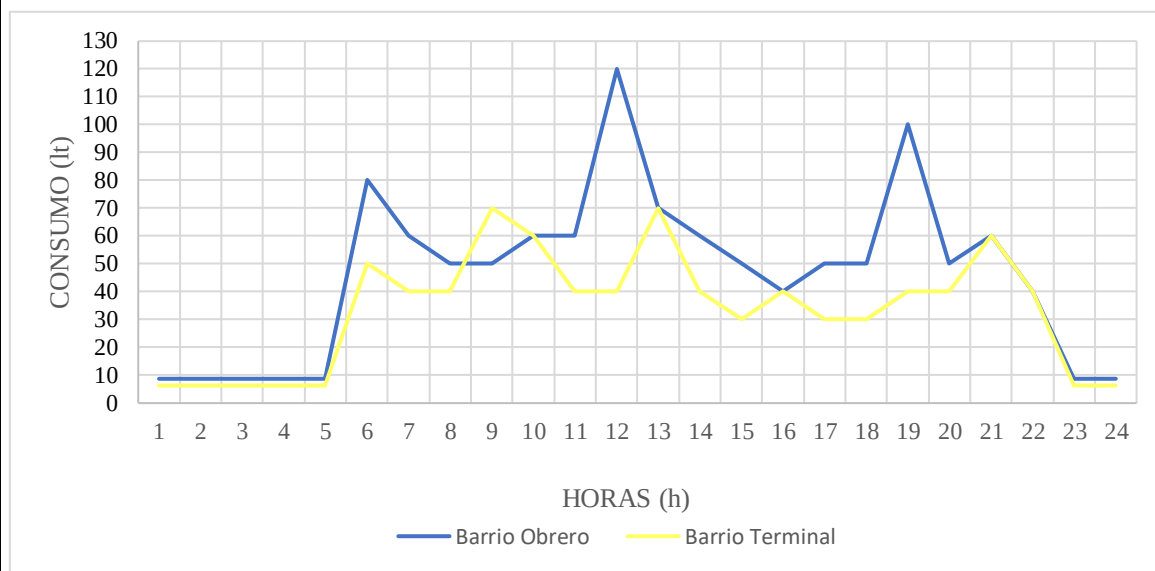
En la red Nahuazo el barrio Obrero presenta un mayor consumo a las 6h00, 12h00 y 19h00 debido a que se presenta el estrato A, y este a su vez tiene un índice alto de unidades sanitarias. Como se muestra en la Figura 17.a.

En la red Punzán el Barrio San José presenta un mayor consumo a las 8h00 y a las 19h00 debido a las costumbres y hábitos de trabajo de sus usuarios. Como se muestra en la Figura 17.b.

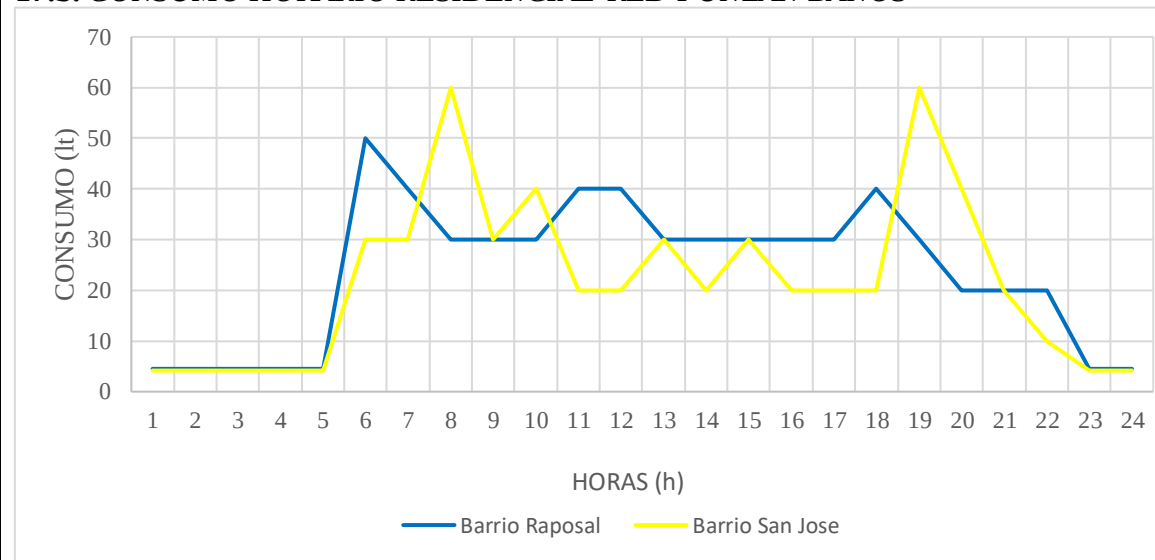
Figura 17:

Consumo horario residencial – Redes de Distribución Baños

17.a. CONSUMO HORARIO RESIDENCIAL-RED NAHUAZO BAÑOS



17.b. CONSUMO HORARIO RESIDENCIAL-RED PUNZÁN BAÑOS



Fuente: (Macas & Rodas, 2022)

En el cantón Pelileo se obtiene que el estrato A presenta un consumo elevado a las horas pico que son a las 7h00 de la mañana, 12h00 a 13h00 de la tarde y de 19h00 a 20h00 de la noche con su respectivo caudal máximo comprendido de 65,00lt/h a 100,00lt/h.

El estrato B presenta un consumo elevado a las 6h00,10h00 de la mañana,14h00 de la tarde y a las 18h00 de la tarde con su respectivo caudal máximo comprendido de 60,00 lt/h a 80,00 lt/h.

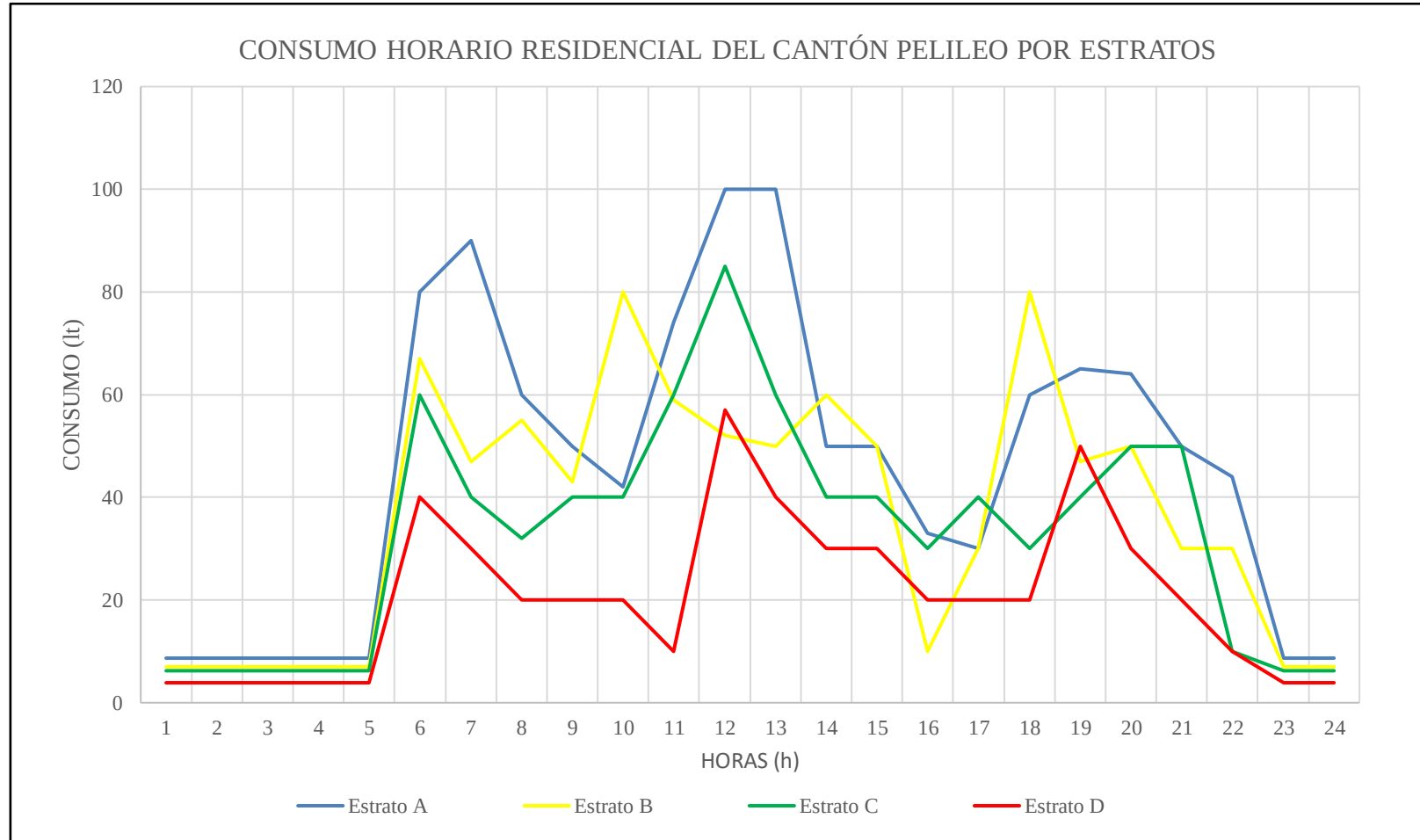
El estrato C presenta un consumo elevado desde las 6h00 de la mañana, a las 12h00 y a las 20h00 a 21h00 con su respectivo caudal máximo comprendido de 40.00 lt/h a 85,00 lt/h.

El estrato D presenta un consumo elevado de 6h00 de la mañana, a las 12h00 del medio día, y a las 19h00 de la noche con su respectivo caudal máximo comprendido de 40,00 lt/h a 57,00 lt/h.

Podemos observar que los habitantes del cantón Pelileo tienen un consumo 3 veces al día en horas pico, en la mañana, en la tarde y en la noche los aparatos sanitarios son utilizados de manera de constante y por ende elevan el consumo diario de agua potable. Como se muestra en la Figura 18.

Figura 18:

Consumo horario residencial del cantón Pelileo



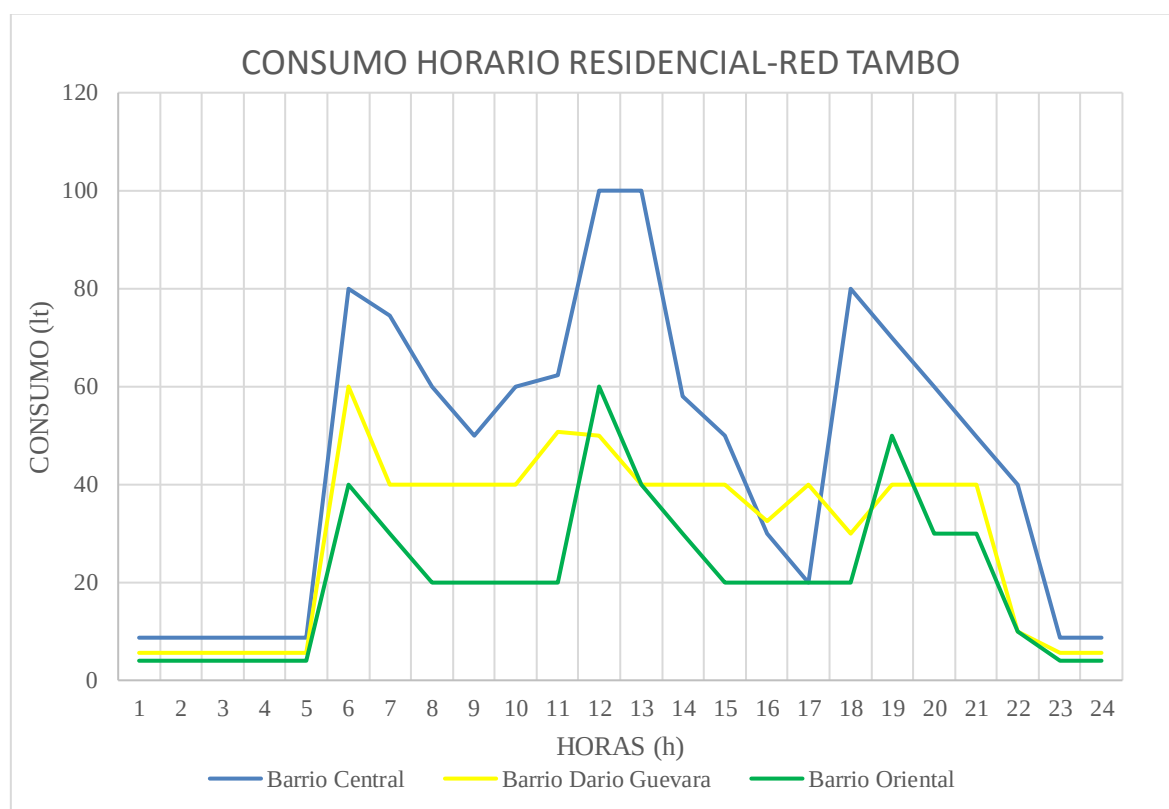
Fuente: (Macas & Rodas, 2022)

Consumos horarios máximos por red de distribución

En el cantón Pelileo se presenta una sola red de distribución de agua potable en la zona urbana de la cabecera cantonal llamada red Tambo que abarca los barrios: barrio Central, barrio Darío Guevara y barrio Oriental.

En la red Tambo el barrio Central presenta un mayor consumo a las 6h00, 12h00 a 13h00 y 18h00 debido a que el barrio está ubicado en el centro de la ciudad y generalmente los habitantes en su hora de almuerzo acuden a sus casas, por ende, el consumo se incrementa considerablemente. Como se muestra en la Figura 19.

Figura 19:
Consumo horario residencial – Red Tambo



Fuente: (Macas & Rodas, 2022)

Curva de consumo horario máximos por cantón

En la Figura 20.a el consumo horario máximo según las redes de distribución de la cabecera cantonal de Baños se observa a la hora pico de flujo mayor a las 6h00 con un caudal

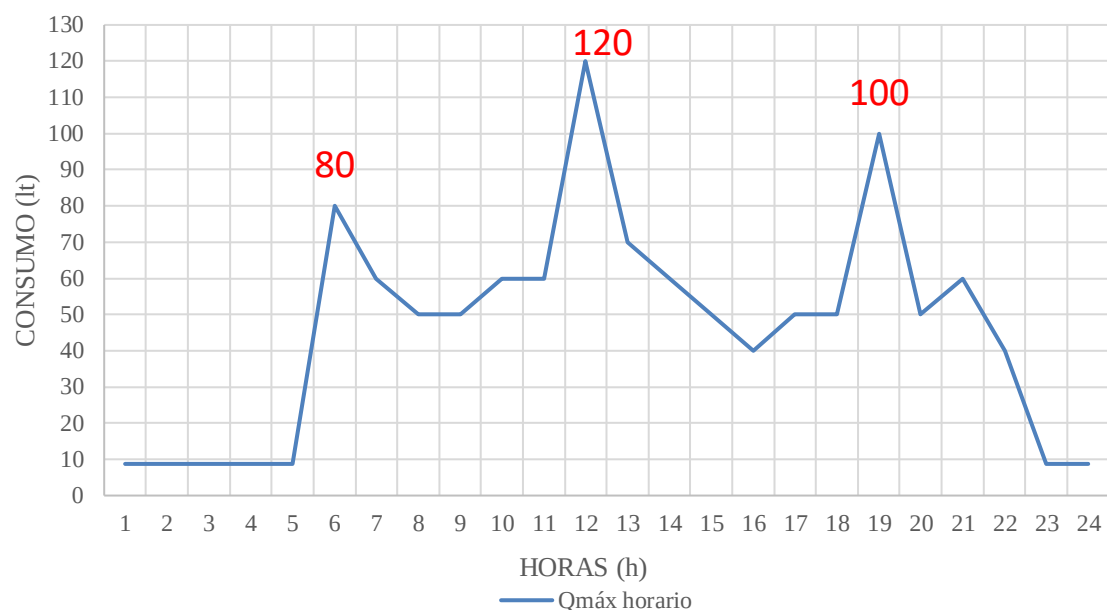
máximo horario de 80,00 lt/h, al medio día con un caudal máximo horario de 120,00 lt/h y a las 19h00 con un caudal máximo horario de 100,00 lt/h.

En la Figura 20.b el consumo horario máximo según la red de distribución de la cabecera cantonal de Pelileo se observa a la hora pico de flujo mayor a las 6h00 con un caudal máximo horario de 80,00 lt/h, desde las 12h00 hasta las 13h00 con un caudal máximo horario de 100,00 lt/h y a las 18h00 con un caudal máximo horario de 80,00 lt/h.

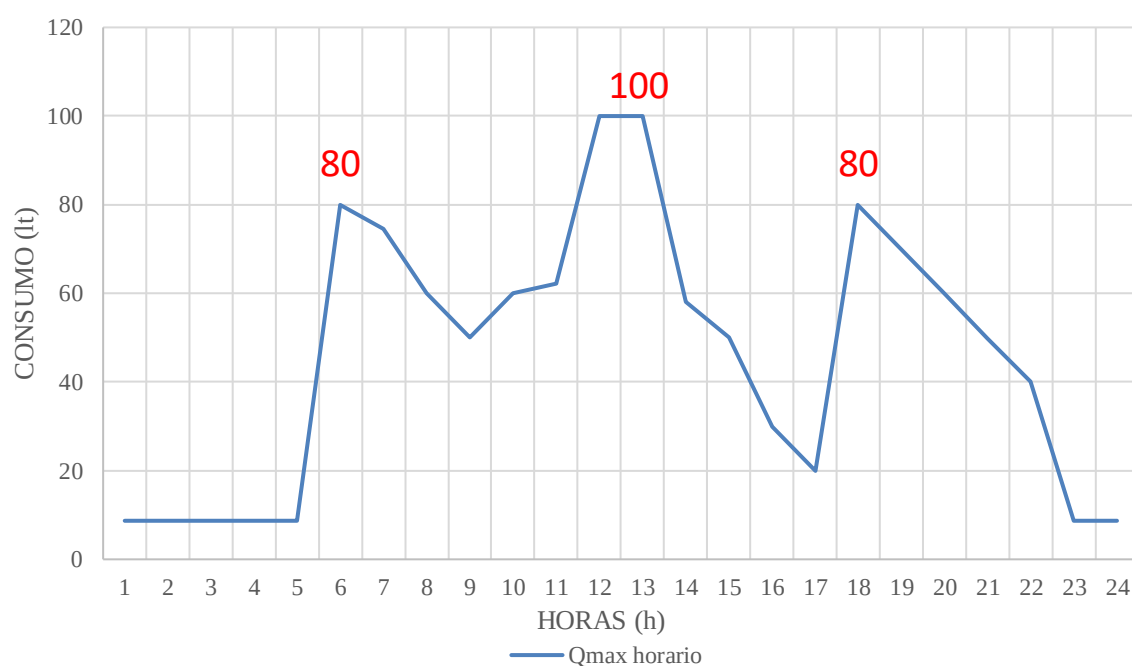
Figura 20:

Curva horaria residencial de los cantones Analizados.

23.a. Curva horaria residencial del cantón Baños



23.b. Curva horaria residencial del cantón Pelileo



Fuente: (Macas & Rodas, 2022)

El consumo de agua potable en los cantones Baños y Pelileo se elevan en horas pico debido a que los usuarios tienen hábitos y costumbres como: aseo diario antes de ir a trabajar, almorzar en su domicilio, agricultura, ganadería, que tienen los habitantes mediante actividades cotidianas en donde los aparatos sanitarios son utilizados de manera frecuente y por ende todo esto influye en el consumo de agua potable.

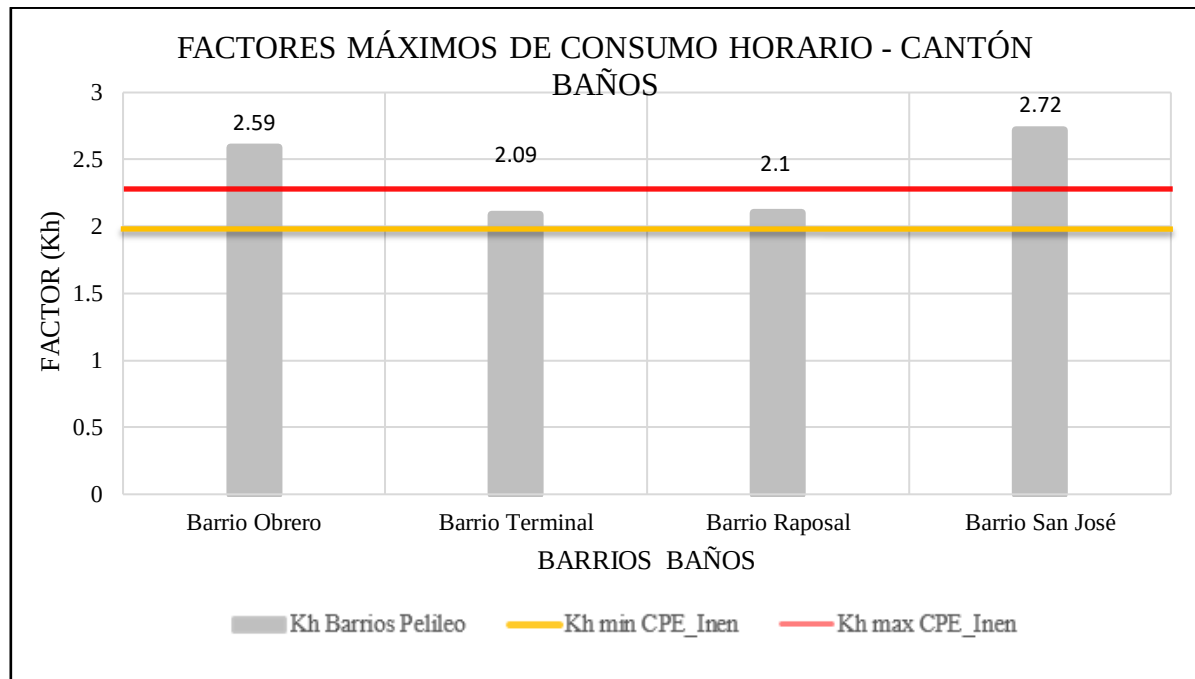
Comparativa de coeficientes máximos de modulación horario de cada estrato vs normativa

Para realizar una comparativa entre los coeficientes máximos de modulación horario (Kh máx) de cada barrio de Baños y Pelileo con el rango de 2,00 a 2,30 que nos indica la normativa (CPE INEN 5, 1992).

En el cantón Baños el barrio Terminal perteneciente a la red Nahuazo se encuentra dentro del rango de la normativa con un Kh máx de 2,09 respectivamente, mientras que el barrio Obrero supera el rango máximo que nos indica la normativa debido a que consumen una mayor cantidad de agua con un valor de 2,59, esto se da porque los usuarios poseen más aparatos sanitarios y sus hábitos y costumbres son más elevadas que los habitantes del otro barrio. En la red Punzán el barrio Raposal se encuentra dentro del rango de la normativa con un Kh máx de 2,1 respectivamente, mientras que el barrio San José supera el rango máximo que nos indica la normativa con un valor de 2,72, además de que Baños es un lugar turístico los usuarios a veces reciben visitas de familiares u otras personas, también cuentan con jardines o hidromasajes en algunas viviendas. Como se observa en la Figura 21.

Figura 21:

Factores máximos de consumo horario – cantón Baños

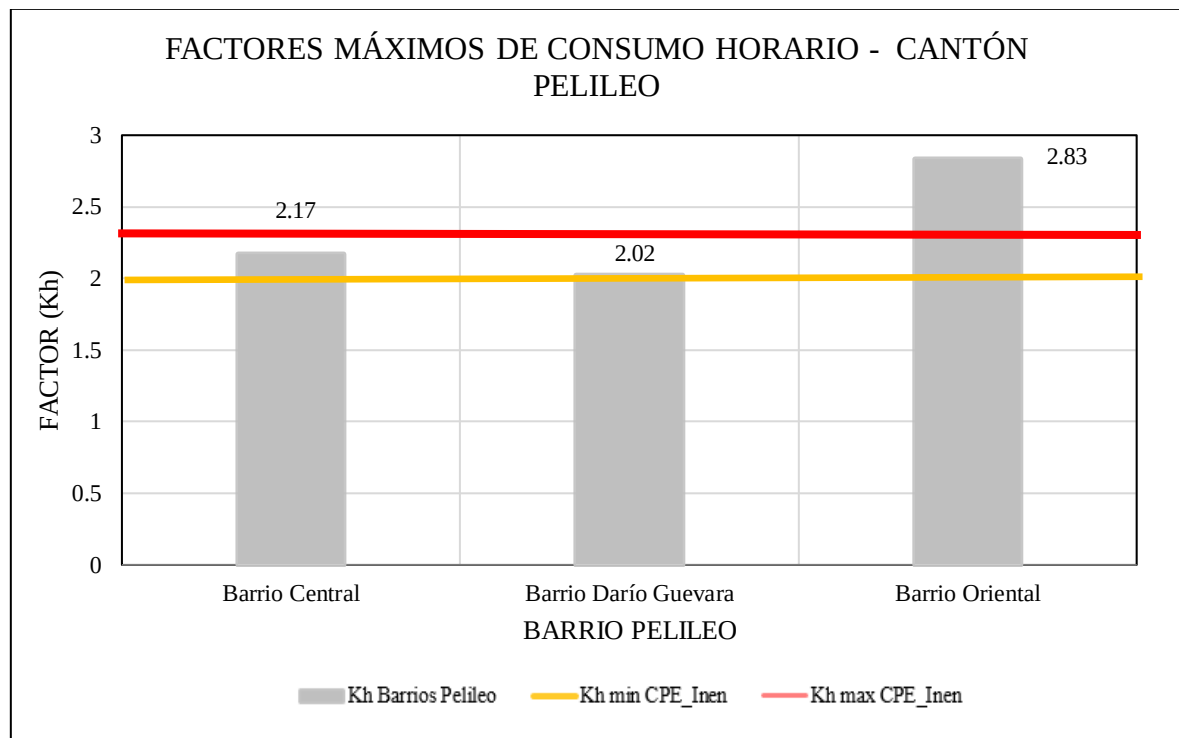


Fuente: (Macas & Rodas, 2022)

En el cantón Pelileo los barrios Central y Darío Guevara pertenecientes a la red Tambo se encuentran dentro del rango de la normativa con un Kh máx de 2,17 y 2,02 respectivamente, mientras que el barrio Oriental supera el rango máximo que nos indica la normativa con un valor de Kh máx de 2,83 esto se da porque el barrio se encuentra en una zona agrícola y algunos usuarios utilizan el agua para regar las plantas frutales para que no se marchiten y florezcan para poder comercializarlas en el mercado, y algunos habitantes utilizan el agua para alimentar a sus animales domésticos. Como se observa en la Figura 22.

Figura 22:

Factores máximos de consumo horario – cantón Pelileo



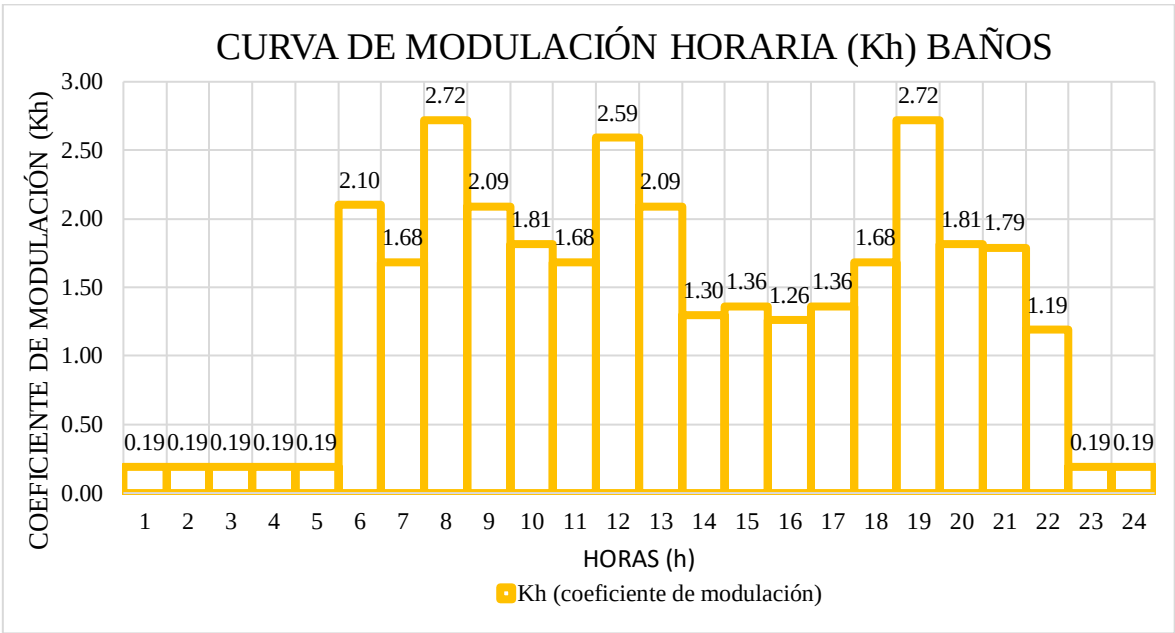
Fuente: (Macas & Rodas, 2022)

Estimación de la curva de modulación horaria

En la Figura 23 y Figura 24 se observa las curvas de modulación horario de los cantones Baños y Pelileo, debido a que es importante conocer el comportamiento del sistema de agua potable mediante representaciones de modelos matemáticos para poder comprobar el funcionamiento neto de la red experimentando varios factores como: diferencia de presiones y cargas, velocidad.

Figura 23:

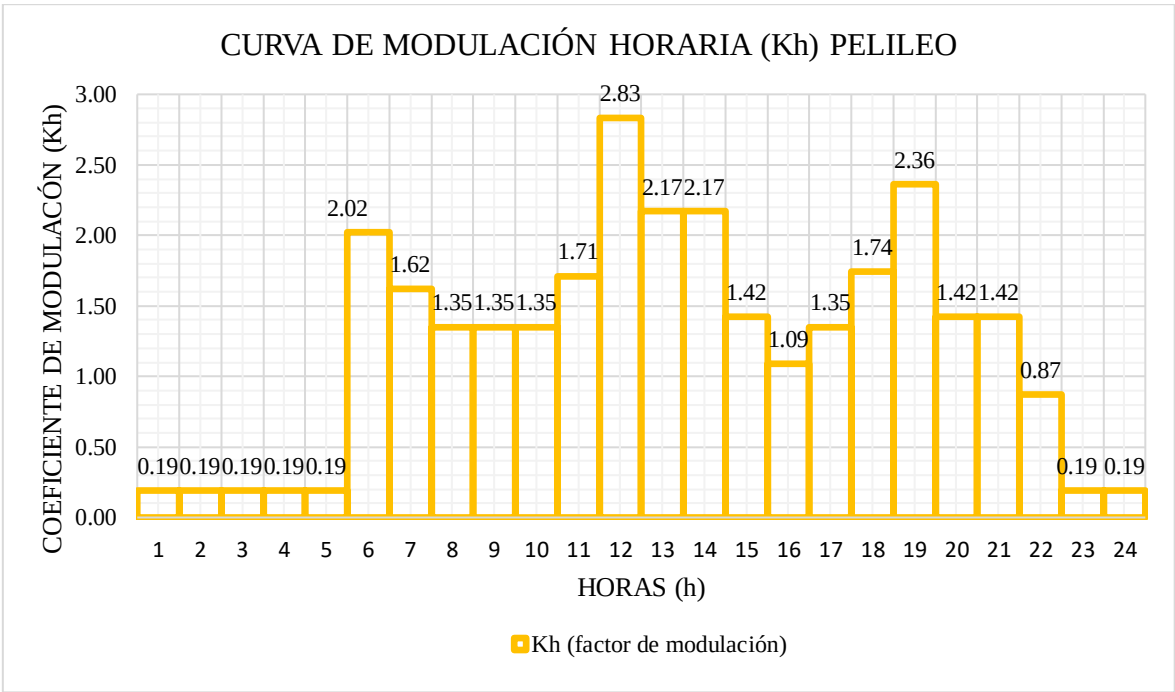
Curva de modulación horaria (kh) Baños



Fuente: (Macas & Rodas, 2022)

Figura 24:

Curva de modulación horaria (kh) Pelileo



Fuente: (Macas & Rodas, 2022)

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- En los cantones Baños y Pelileo se analizó e identificó que presentan cuatro estratificaciones socioeconómicas, debido a que los 2 cantones cuentan con zonas comerciales, turísticos, agrícolas y tienen una gastronomía diversa por ende se tomó en consideración descartar todos estos lugares mencionados y enfocarnos solo en los domicilios residenciales de la cabecera cantonal de Baños y Pelileo. Tanto en el cantón Baños como en Pelileo el estrato que predomina es el B (mayores ingresos que el promedio) con el 54,10% y el 41,67% respectivamente.
- Se realizó el análisis de las encuestas hechas en campo obteniendo en el cantón Baños un porcentaje del 91,9% en casas unifamiliares y en el cantón Pelileo un 56,9%, existe un porcentaje del 70% y del 52% en las edificaciones de 2 plantas, también podemos mencionar que hay un promedio de 4 personas por vivienda en ambos cantones, esto se relaciona con el consumo de agua potable ya que si existe un mayor número de plantas las unidades sanitarias y los usuarios se incrementarían elevando el consumo generado en el predio.
- El promedio de usuarios de los cantones Baños y Pelileo es de *4 habitantes/vivienda* en la tarde y en la noche, mientras que en la mañana disminuye a *2 habitantes/vivienda* el promedio de usuarios, ya que salen a sus respectivos trabajos y a sus labores académicos, el consumo de agua es poco elevado ya que presenta tres picos de consumo en horas pico, esto se da por el motivo que es una ciudad pequeña y pueden ir y venir al hogar a consumir sus alimentos en comparación con otras ciudades grandes su consumo sería mínimo y no presentaría picos ya que les queda lejos el trabajo.
- Se determinó que en los cantones Baños y Pelileo el servicio de agua potable es constante, es decir, hay agua potable las 24 horas del día, esto representa que ambos cantones tienen un diseño de distribución óptimo por ende el 72,5% y 61,9% respectivamente no poseen ningún tipo de almacenamiento externo, el porcentaje restante poseen cisternas y tanques elevados para prevenir la falta de agua cuando ocurra algún desastre natural o rotura de tuberías, la calidad del agua está en un promedio de excelente y buena por lo tanto las personas de Baños y Pelileo no tienen

quejas continuas o motivos acerca del agua que consumen sin embargo en algunos casos existe material orgánico o exceso de cloro en el agua.

- Se realizó las curvas horarias residenciales de demanda de agua potable en donde se refleja que el consumo máximo se da en las horas pico debido a que los usuarios realizan actividades cotidianas en su hogar a dichas horas, mediante el estudio realizado obtuvimos que en el cantón Baños las horas de mayor consumo son: en la mañana a las 6h00 con un $Q_{m\acute{a}x} = 80 \text{ lt/h}$, a medio día con un $Q_{m\acute{a}x} = 120 \text{ lt/h}$ y en la noche a las 19h00 con un $Q_{m\acute{a}x} = 100 \text{ lt/h}$, mientras que en el cantón Pelileo las horas de mayor consumo son: en la mañana a las 6h00 con un $Q_{m\acute{a}x} = 80 \text{ lt/h}$, desde las 12h00 a 13h00 con un $Q_{m\acute{a}x} = 100 \text{ lt/h}$ y en la noche a las 18h00 con un $Q_{m\acute{a}x} = 80 \text{ lt/h}$. Existe diferencias entre los consumos de agua potable debido a que cada usuario tiene diferentes hábitos como: desayunar o almorzar en el hogar o en el trabajo y la cena algunas personas prefieren consumir comida rápida y también los fines de semana algunas personas prefieren salir a pasear o visitar a sus familiares de otros cantones aledaños disminuyendo así el consumo de agua en algunas horas del día.
- Los coeficientes de modulación horario máximos obtenidos en Baños es de $Kh_{m\acute{a}x} = 2,72$ y en Pelileo $Kh_{m\acute{a}x} = 2,83$ nos indican que los diseños de los sistemas de abastecimiento sobrepasan a los de la normativa que son de 2,00 a 2,30 por lo cual no son recomendables ya que la norma no es actualizada y es necesario utilizar los resultados analizados en este proyecto de investigación porque se los realizaron con datos actuales y reales.

Recomendaciones

- Se recomienda para la etapa de recolección de datos que se disponga de todos los permisos correspondientes y pertinentes además de una socialización con los encargados del departamento de agua potable y con los usuarios de los predios para que no exista ningún inconveniente al momento de realizar las lecturas de los medidores residenciales.
- Se recomienda implementar nuevos equipos que faciliten la toma de lecturas de los medidores para así realizar el trabajo de una manera más rápida y sin riesgo por la delincuencia u otros factores.

BIBLIOGRAFÍA

- ARCE, P. P. L. (2021). *Universidad privada de tacna facultad de ciencias empresariales*. 0–113.
- Arellano, A. (2019). Efectos de la gestión y la calidad del agua potable en el consumo del agua embotellada. *Novasinerгия Revista Digital De Ciencia, Ingeniería Y Tecnología*, 2(1), 15–23. <https://doi.org/10.37135/unach.ns.001.03.02>
- 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. *Novasinerгия Revista Digital De Ciencia, Ingeniería Y Tecnología*, 1(1), 23–32. <https://doi.org/10.37135/unach.ns.001.01.03>
- Arellano, A., & Cabezas, L. (2014). *PRODUCCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS Y/O DE CONSUMO DE AGUA POTABLE EN ESTUDIOS DE PRODUCCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS Y / O*. July 2020. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.29466.26560>
- Arellano, A., Gavilanes, A., & Gonzáles, C. (2012). *MÉTODO DE CARACTERIZACIÓN URBANÍSTICA Y SOCIOECONÓMICA PARA Ing . M . Sc . Alfonso Arellano Barriga Judith Catherine González Bautista DIRECTOR DEL PROYECTO: July 2020*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.17722.21446>
- Arocha, S. (1980). *ABASTECIMIENTO_DE_AGUAS_SIMON_AROCHA_CAP.pdf*.
- Borja. (2012). *Chiclayo, 2016 Metodología de la Investigación Científica para ingenieros 2 Ing. Manuel Borja Suárez*.
- Calderón, E., & Tello, I. (2022). *Estudio del comportamiento de consumo horario residencial de agua potable en los cantones Colta y Penipe*. 8.5.2017, 2003–2005.
- 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. *Instituto Ecuatoriano de Normalización*, 21.
- ESPÍN, V. E. R. (2012). “*Cantidad de agua potable de la red de distribución y su incidencia en la satisfacción de los usuarios de la ciudad de palora, cantón palora, provincia de*

- morona santiago.* ” <https://www.ptonline.com/articles/how-to-get-better-mfi-results>
- Estrada, H. (2019). Trabajo Fin de Máster Trabajo Fin de Máster. *Universidad Zaragoza*, 1–45.
- GAD-Pelileo. (2020). *Gad Municipal del Cantón San Pedro de Pelileo*. GAD Municipal Del Cantón San Pedro de Pelileo. <https://pelileo.gob.ec/portal/>
- GADBAS. (2020). *Gobierno Autonomo Descentralizado Municipal de Baños de Agua Santa - Youretro - Joomla Magazine Template*. <https://municipiobanos.gob.ec/banos/index.php/es/>
- Guambaña Pulgarín M. (2018). *Hábitos de consumo de agua potable en las parroquias rurales del cantón Cuenca, factores y estrategias*. 212.
- Hinojoza, L., & Saltos, A. (2020). *Comparación entre los consumos de agua potable durante la cuarentena del 2020 y los registros históricos en Chimborazo y Bolívar*. 49. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/7331>
- Huaquisto, S., & Chambilla, I. (2019). Análisis Del Consumo De Agua Potable En El Centro Poblado De Salcedo, Puno. *Investigacion & Desarrollo*, 19(1), 133–144. <https://doi.org/10.23881/idupbo.019.1-9i>
- INEC. (2010). *Base de datos -Censo de Población y Vivienda*. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/base-de-datos-censo-de-poblacion-y-vivienda/>
- Izurieta-Recalde, C. W., Arellano-barriga, A. P., & Chimborazo, D. (2022). *Carlos Wladimir Izurieta-Recalde*. 7(1), 809–829.
- Manco Silva, D. G. (2014). *Eficiencia en el consumo de agua de uso residencial : Análisis desde la demanda. Estudio de caso Pereira, Risaralda - Colombia*. 85. <http://hdl.handle.net/11059/4212>
- Manco Silva, D. G., Guerrero Erazo, J., & Ocampo Cruz, A. M. (2012). Eficiencia En El Consumo De Agua De Uso Residencial. *Efficiency of Residential Water Consumption.*, 11(21), 23–38.

<http://ezproxy.uniandes.edu.co:8080/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=96444238&lang=es&site=eds-live&scope=site>

- Pérez Silva, D. E. (2017). *Trabajo Experimental Previo a La Obtención Del*. 1–101.
- 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.
- Tipan Jinde, J. C. (2017). Estudio del consumo de agua potable en sectores residenciales de la zona centro de la ciudad de Ambato y su incidencia en la curva de consumo diario. *Repo.Uta.Edu.Ec*, 115.
[https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/26837/1/Tesis 1181 - Tipán Jinde Julio César.pdf](https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/26837/1/Tesis%201181%20-%20Tip%C3%A1n%20Jinde%20Julio%20C%C3%A9sar.pdf)
- Tzatchkov, V. G., & Alcocer-Yamanaka, V. H. (2016). *Stochastic Method Water Demand Variation Modelling. Water Technology and Sciences*. 7(3), 115–133.
<http://www.scielo.org.mx/pdf/tca/v7n3/2007-2422-tca-7-03-00115.pdf>
- UNICEF. (2018). *Instrumento De Mejora Del Agua, El Saneamiento Y La Higiene En Los Establecimientos De Salud “Wash Fit.”*
- Usua, E. (2020). *Determinación de los coeficientes de variación de consumo horario y diario de agua potable en la ciudad de Huaraz, 2018*. 222.
- Zavattiero, G., & Ortiz, L. (2019). Urbanización y clases sociales. La experiencia de la desigualdad en la estructuración del área metropolitana de Asunción. *Hábitat y Sociedad*, 12, 91–114. <https://doi.org/10.12795/habitatysociedad.2019.i12.06>

ANEXOS

Anexo 1:

Encuestas realizadas a los habitantes de Baños y Pelileo

ENCUESTA SOBRE EL ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DEL CONSUMO HORARIO RESIDENCIAL DE AGUA POTABLE EN LOS CANTONES BAÑOS Y PELILEO

La presente encuesta es parte de un proyecto de investigación, sobre el consumo horario residencial de agua potable. Por lo cual le solicitamos de su colaboración al leer detenidamente las preguntas y conteste con la verdad, ya que de ello depende el éxito de nuestra presente investigación de tesis.

Nombre del Propietario

Nombre del barrio o sector

Coordenadas del Predio

1.- ¿Qué tipo de vivienda posee, número de pisos o departamentos?

Residencia unifamiliar ☐ Residencia bifamiliar ☐ Mas de dos familias ☐

Pisos ☐

Departamentos ☐

2.- ¿Cuántas personas habitan en su domicilio?

3.- ¿Posee medidor de agua?

Si ☐ No ☐

4.- ¿El servicio de agua potables es continuo?

Si ☐ No ☐

Una vez al día ☐ De dos a tres veces al día ☐

5.- ¿Qué tipo de almacenamiento posee?

Tanque elevado ☐ Cisterna ☐ Tanque para lavar ropa ☐

6.- ¿La calidad del agua que le brindan para su consumo es?

Excelente ☐ Buena ☐ Regular ☐ Mala ☐

7.- ¿Características que presenta el servicio de Agua Potable?

Tiene Olor ☐ Tiene Color ☐ Tiene Sabor ☐ Tiene Tierra ☐

8.- ¿Qué tipo de aparatos sanitarios utiliza y la cantidad de aparatos sanitarios que existe en su domicilio?

Aparatos Sa.	Si	No	Número de Aparatos
Inodoros	☐	☐	☐
Lavabos	☐	☐	☐
Duchas	☐	☐	☐
Lavandín	☐	☐	☐
Lavadora	☐	☐	☐
Tanque para la ropa	☐	☐	☐
Piscina	☐	☐	☐
Hidromasaje	☐	☐	☐
Jardín y/o huerta	☐	☐	☐

Fuente: (Macas & Rodas, 2022)

Anexo 2:
Aplicación de Encuestas a los habitantes de Baños y Pelileo

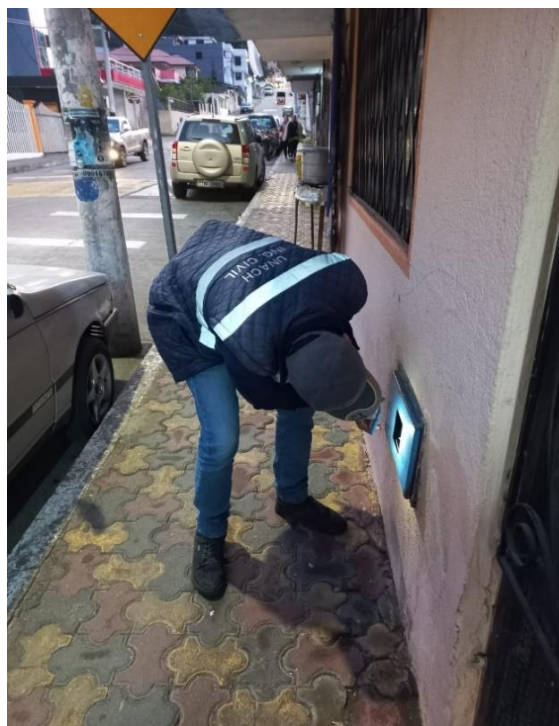
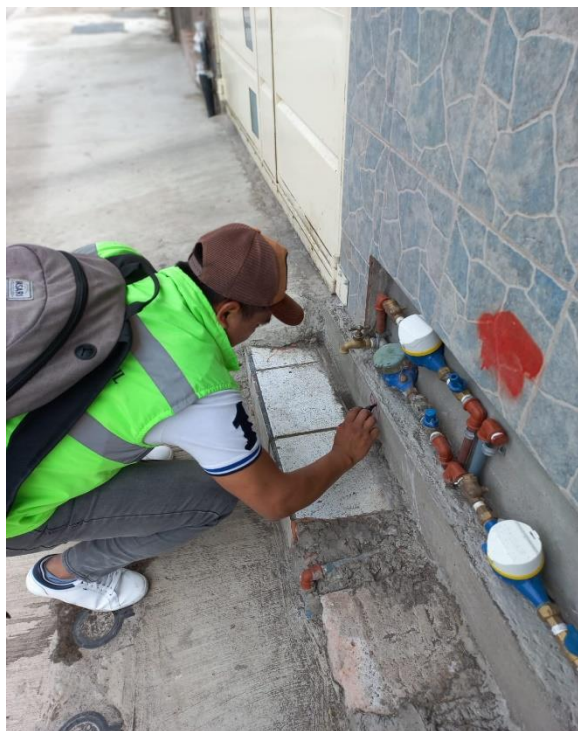




Fuente: (Macas & Rodas, 2022)

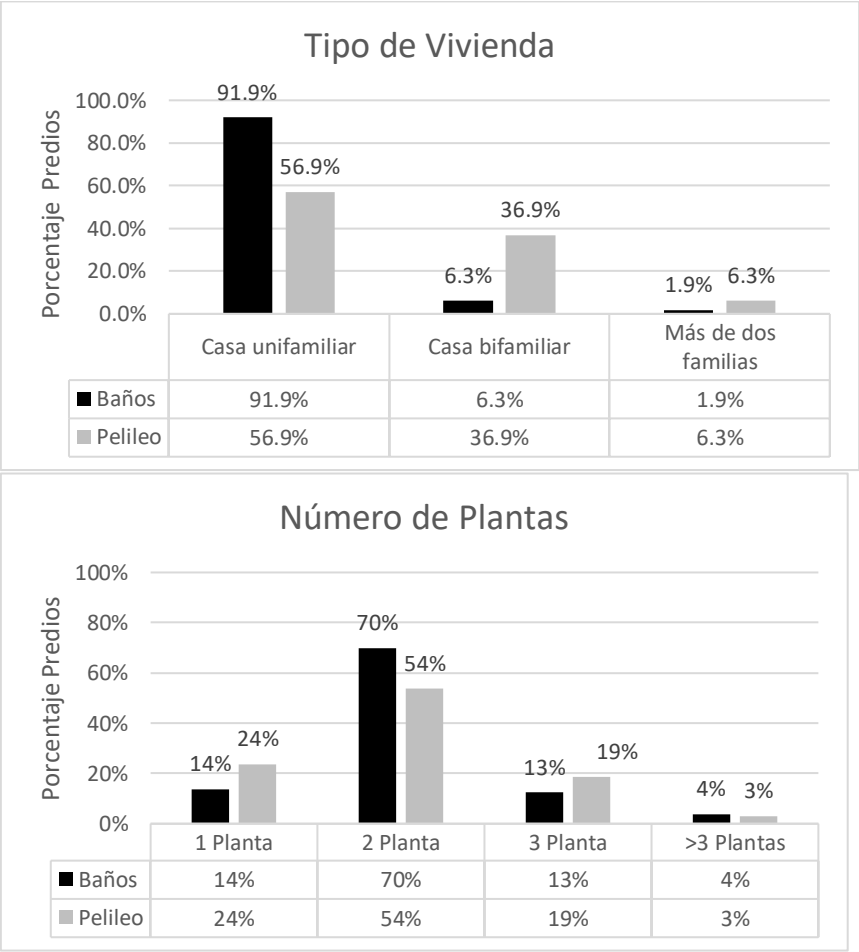
Anexo 3:
Toma de datos

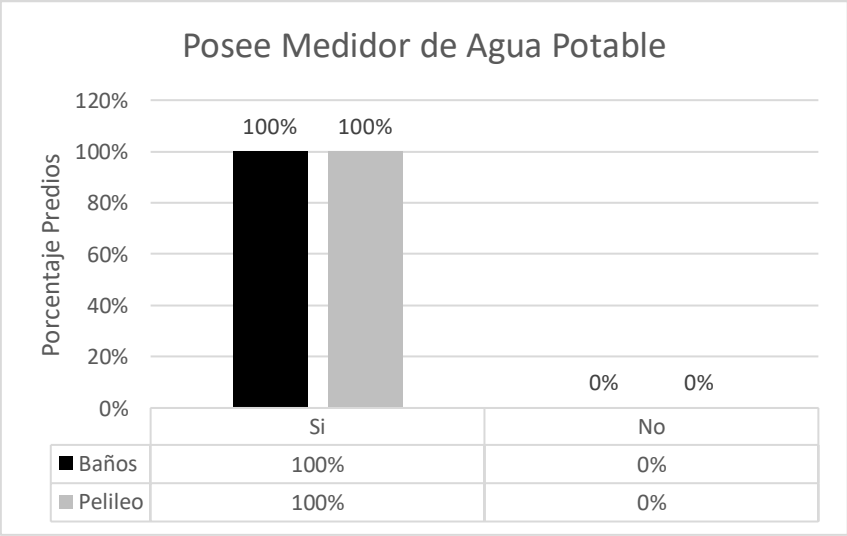
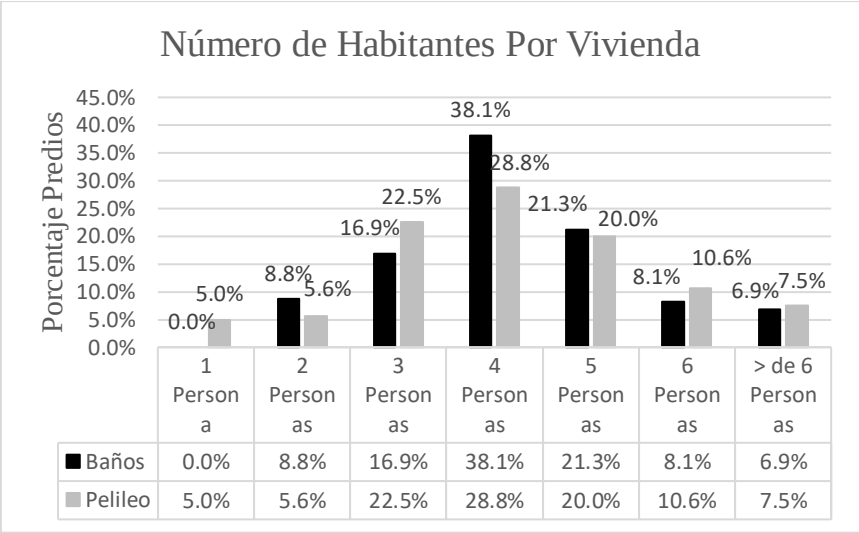




Fuente: (Macas & Rodas, 2022)

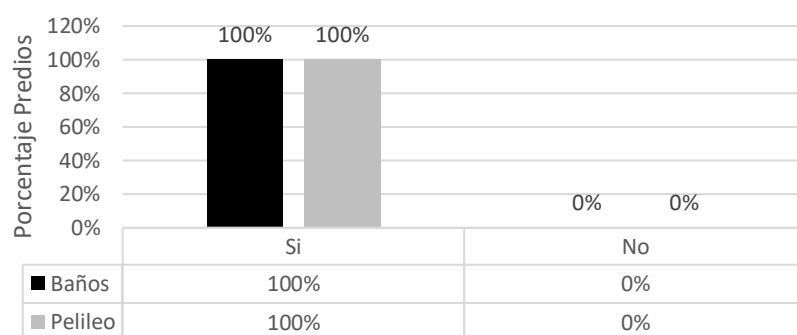
Anexo 4:
Resultados de la encuesta



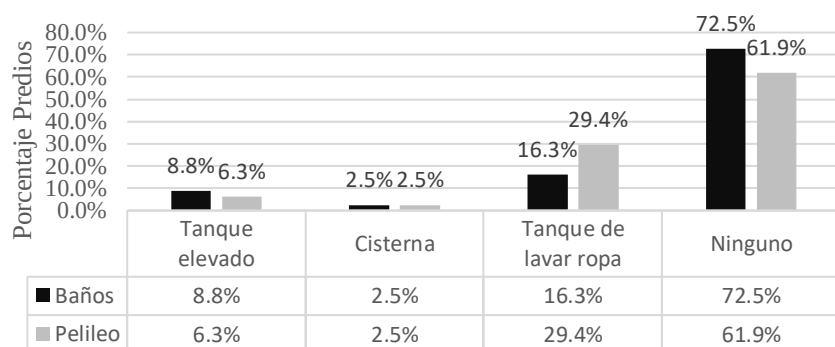


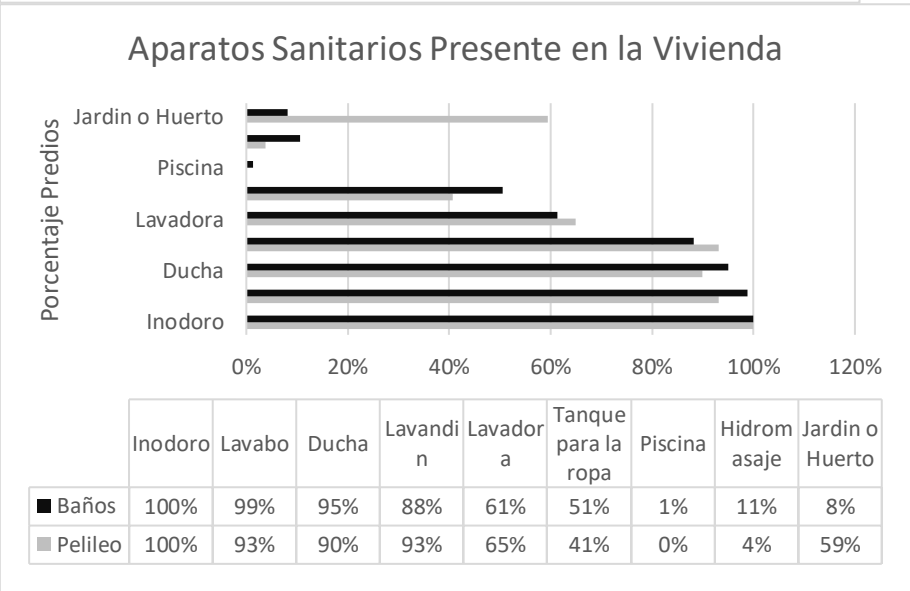
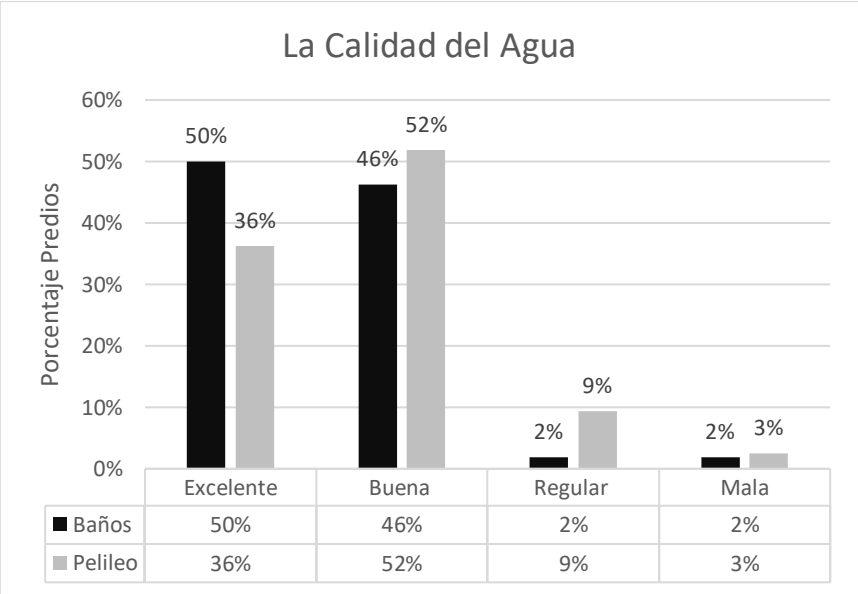
Fuente: (Macas & Rodas, 2022)

El Servicio de Agua Potable es Continuo



Qué Tipo de Almacenamiento Posee

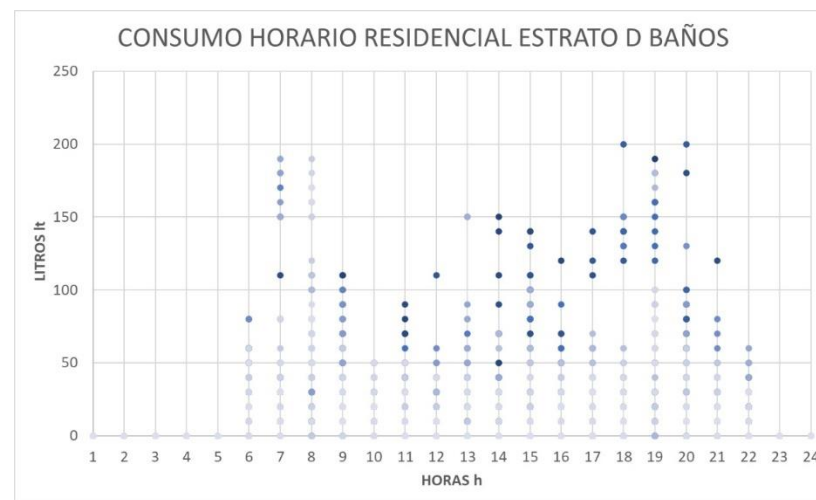
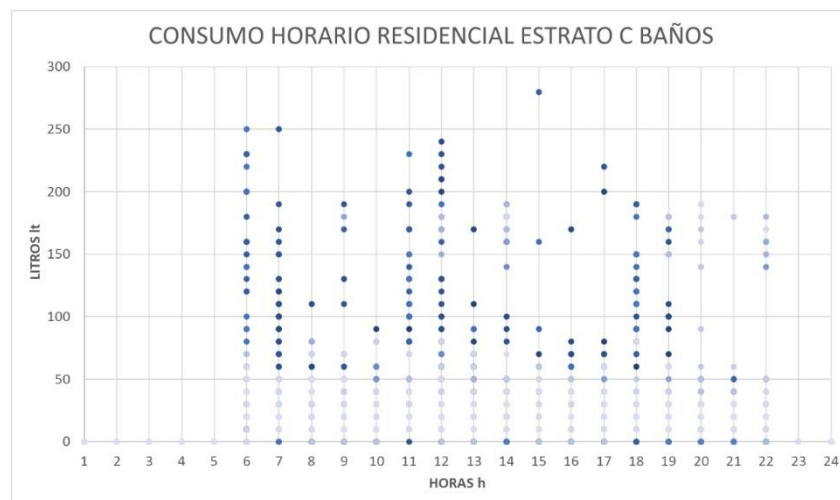
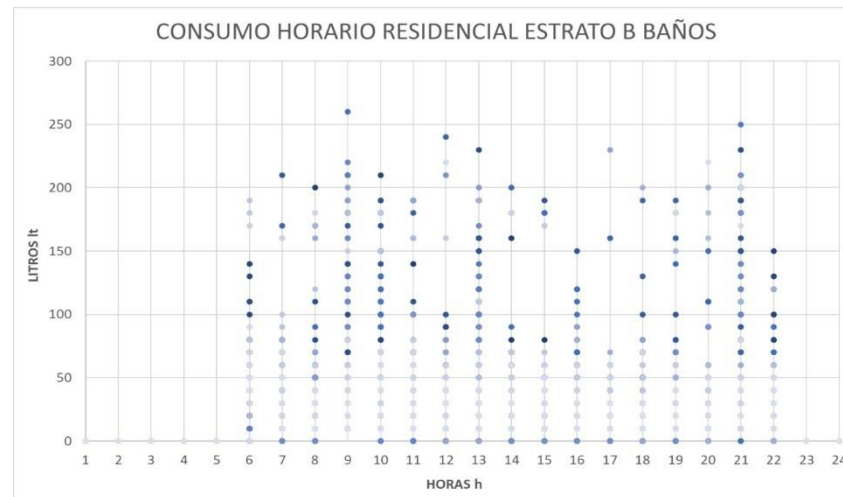
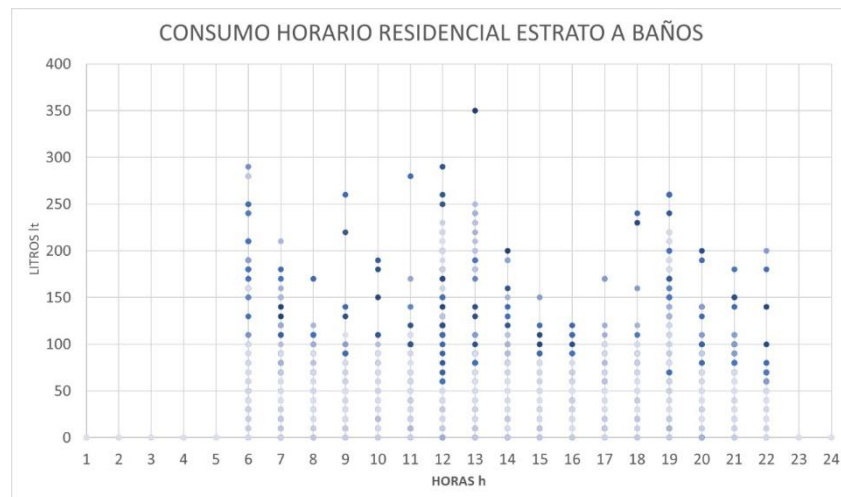


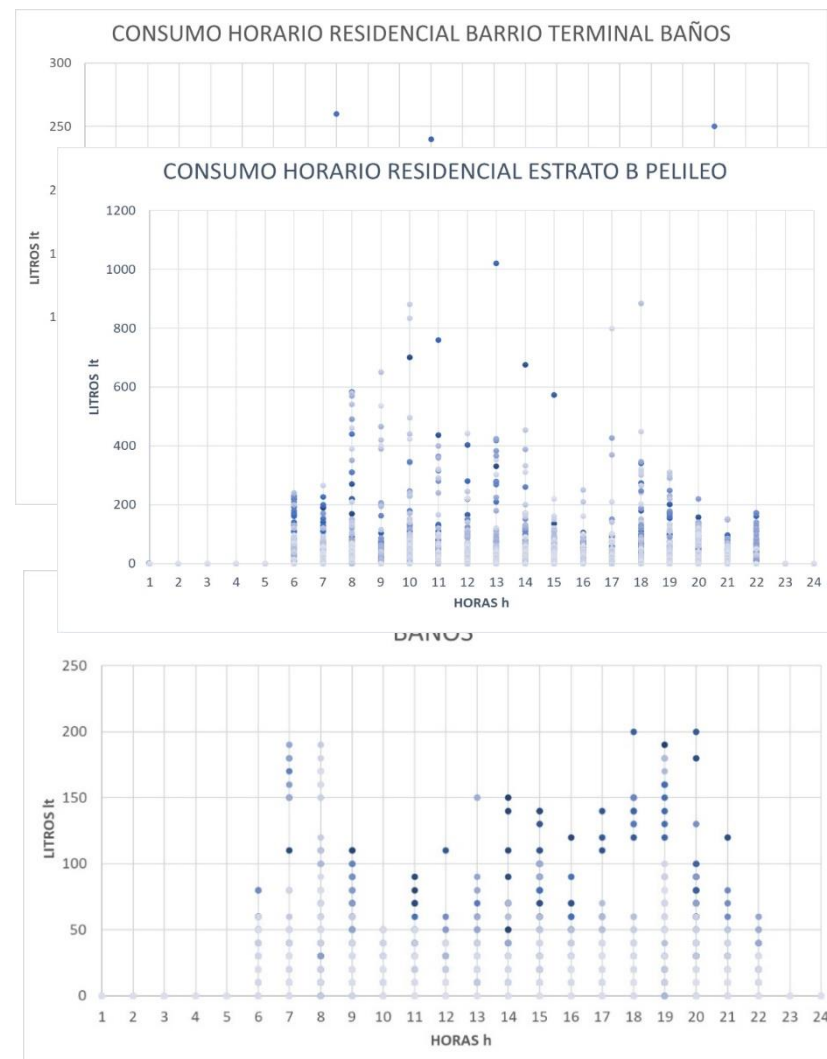
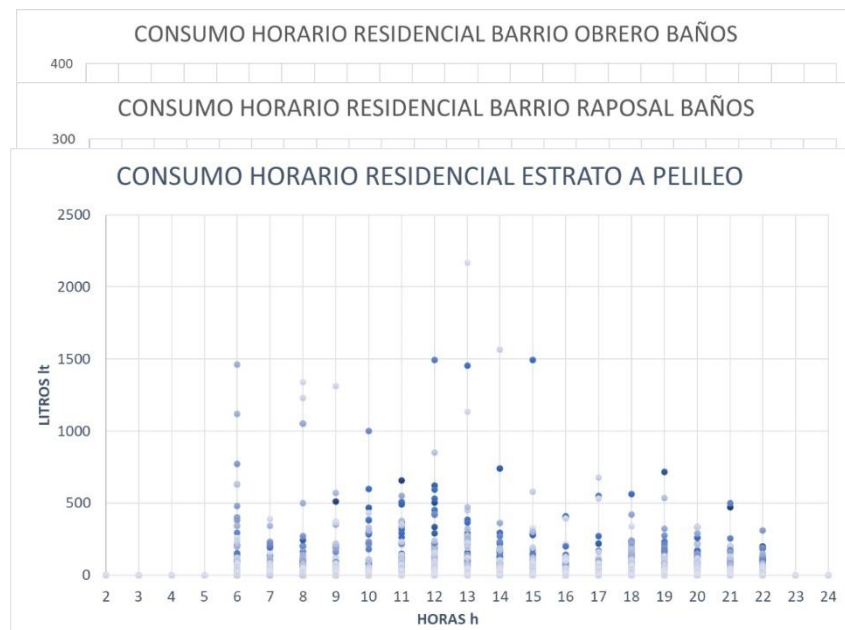


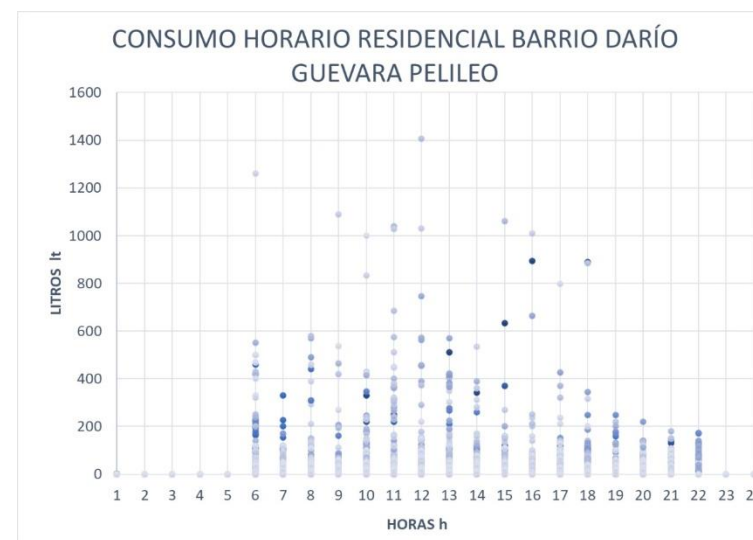
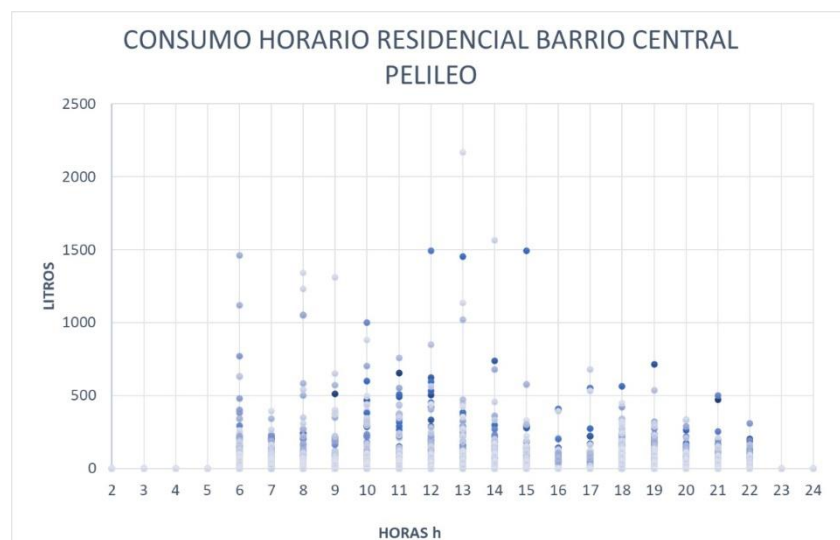
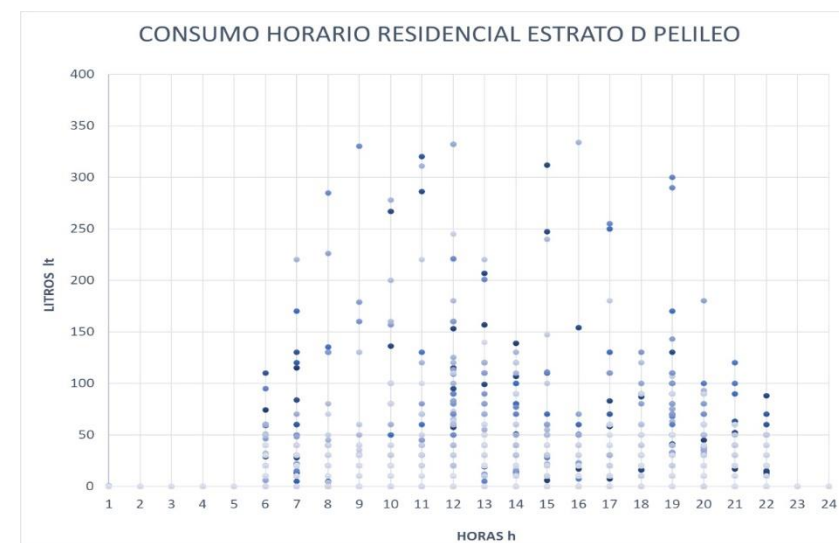
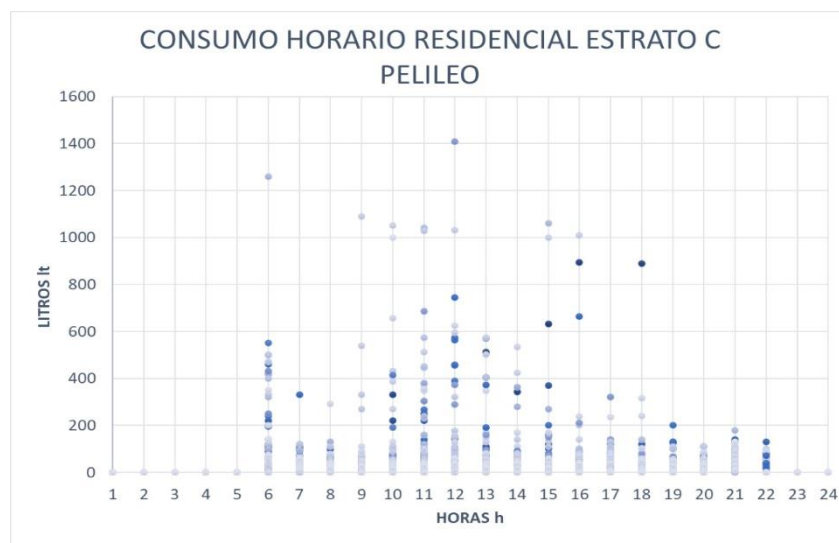
Fuente: (Macas & Rodas, 2022)

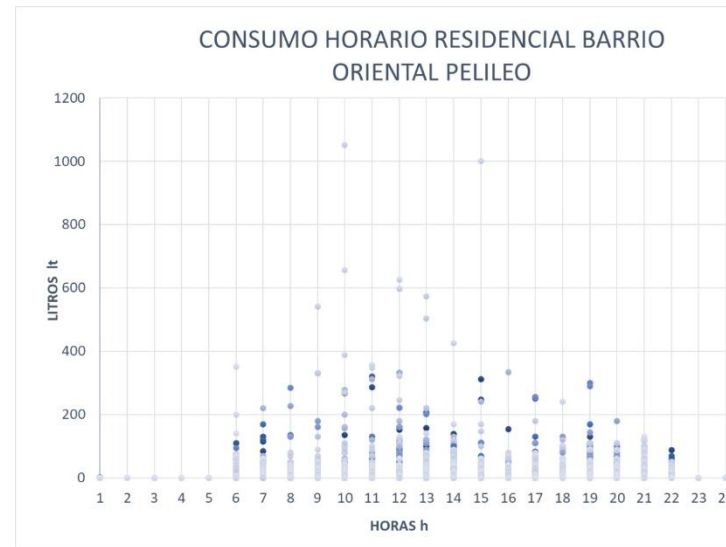
Anexo 5:

Curvas de datos iniciales de los estrato y barrios de Baños y Pelileo



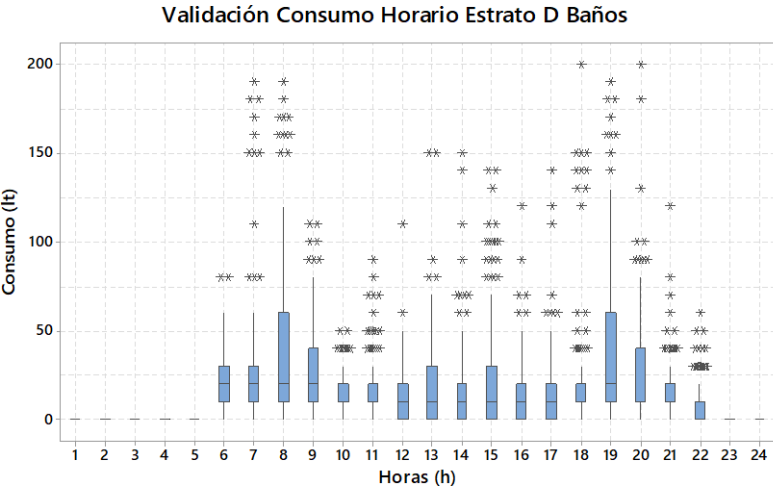
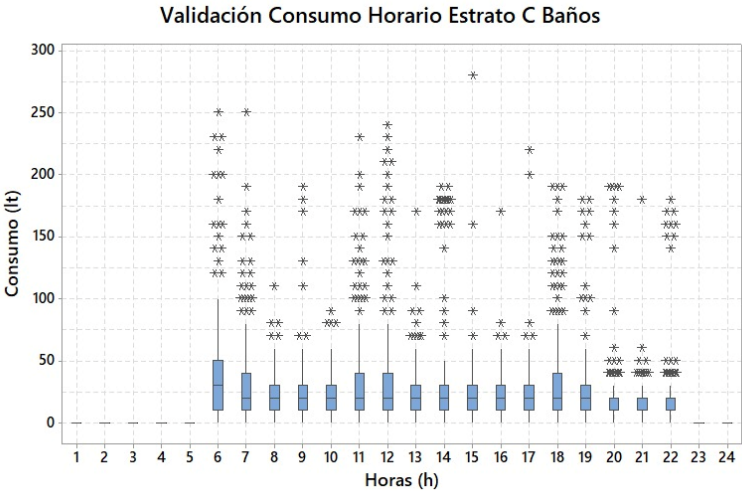




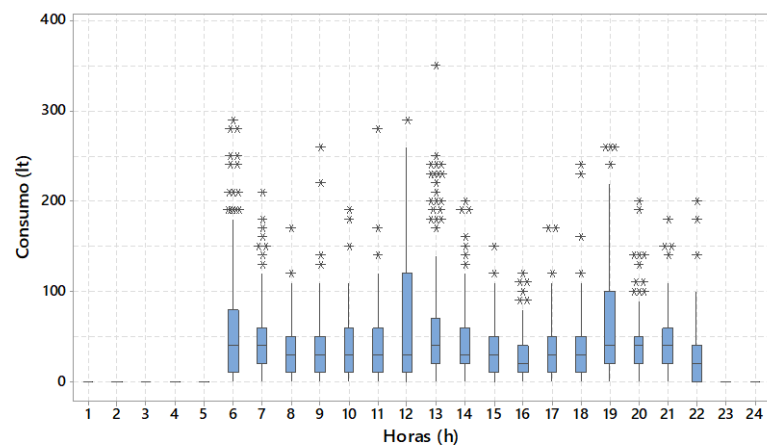


Fuente: (Macas & Rodas, 2022)

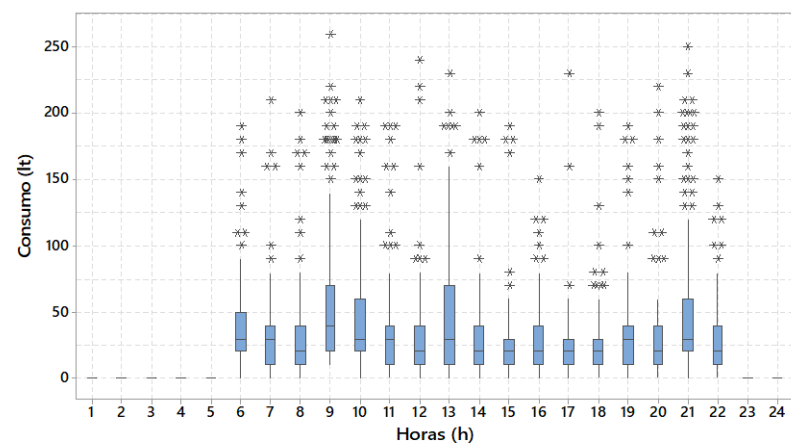
Anexo 6:
Diagrama de bigotes de los estratos y barrios de Baños y Pelileo



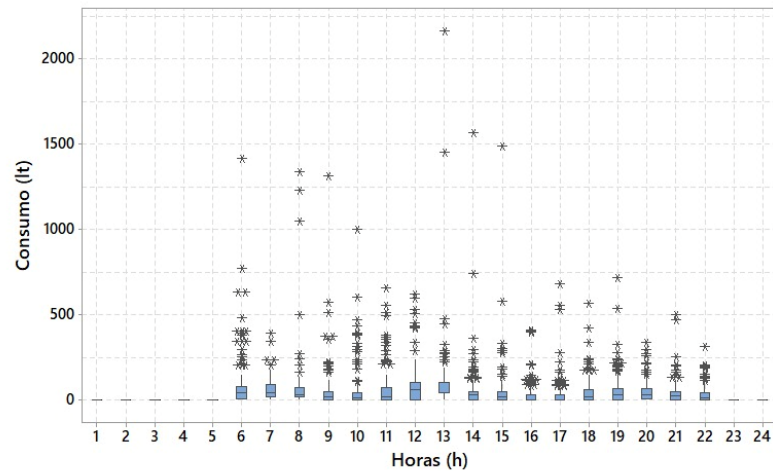
Validación Consumo Horario Estrato A Baños



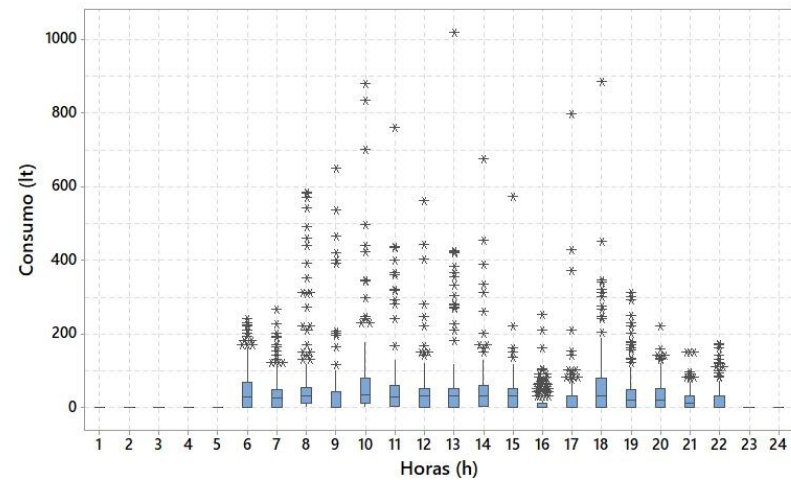
Validación Consumo Horario Estrato B Baños



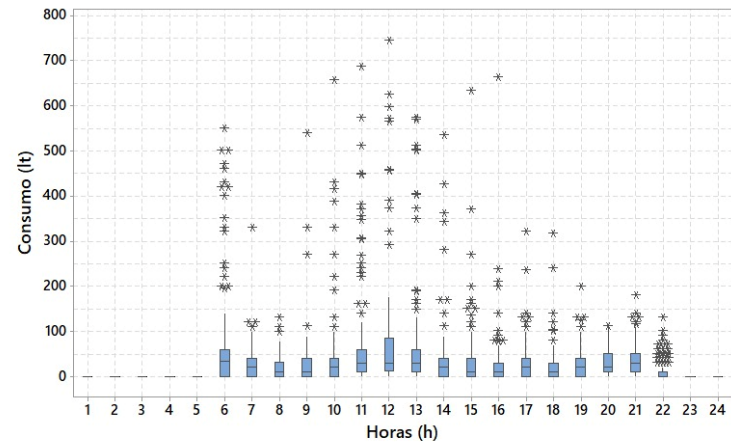
Validación Consumo Horario Estrato A Pelileo



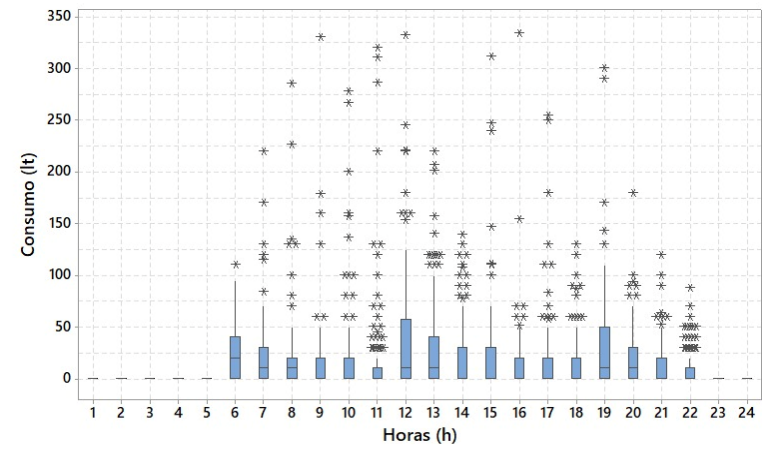
Validación Consumo Horario Estrato B Pelileo



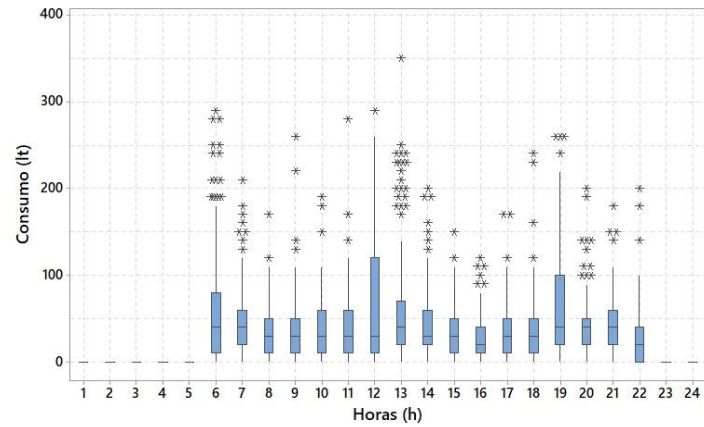
Validación Consumo Horario Estrato C Pelileo



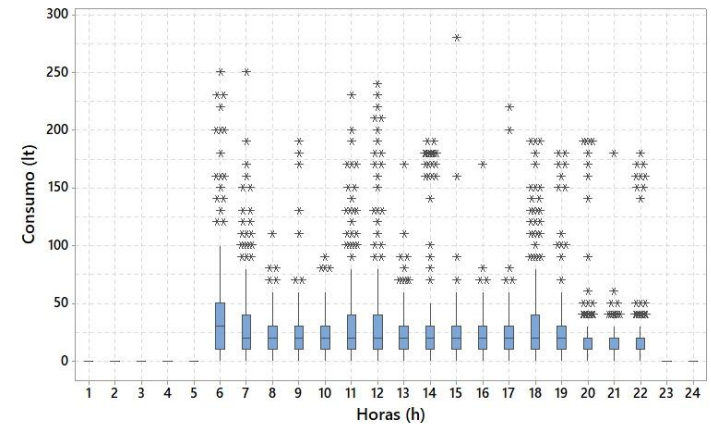
Validación Consumo Horario Estrato D Pelileo



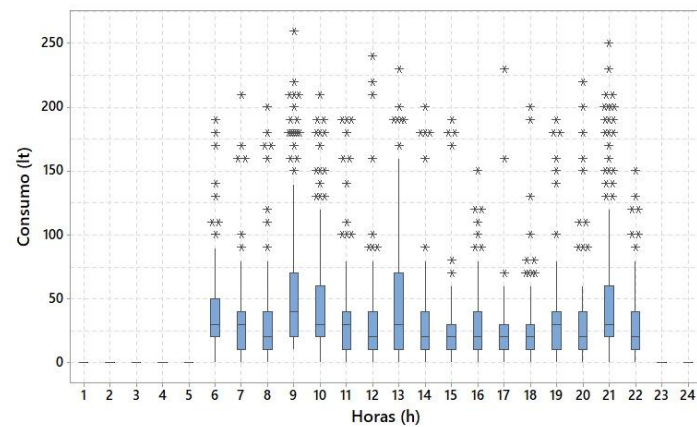
Validación Consumo Horario Barrio Obrero Baños



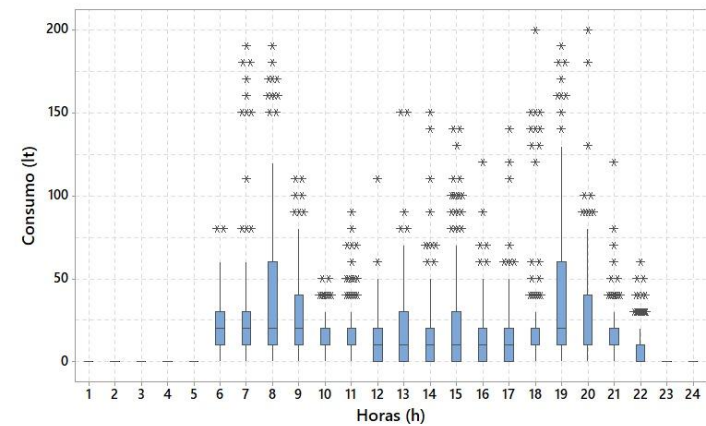
Validación Consumo Horario Barrio Raposal Baños



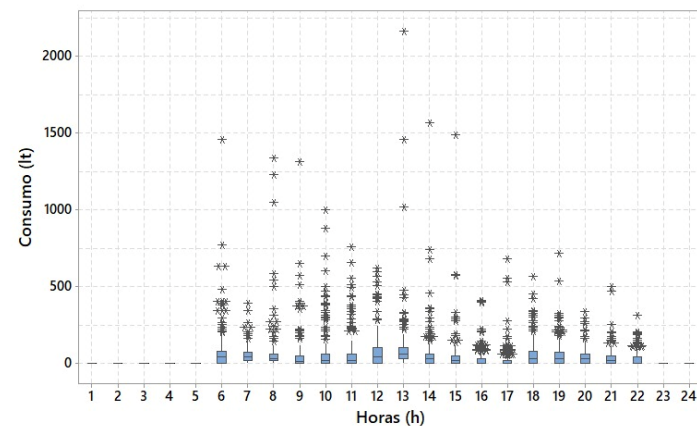
Validación Consumo Horario Barrio Terminal Baños



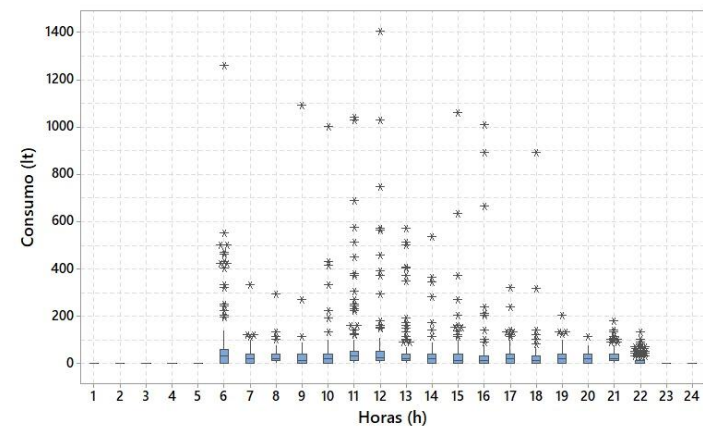
Validación Consumo Horario Barrio San José Baños

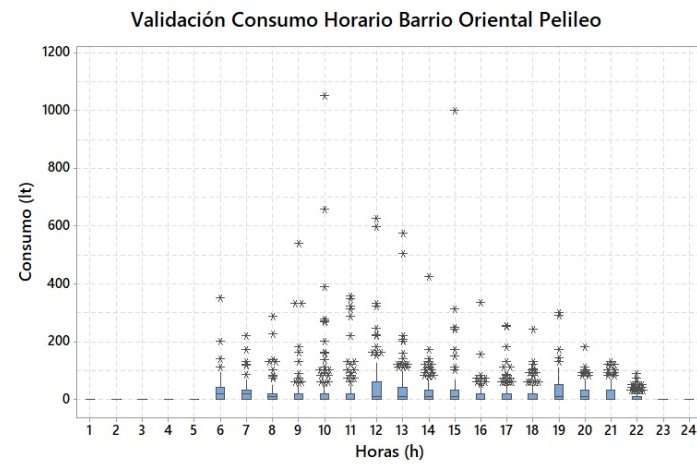


Validación Consumo Horario Barrio Central Pelileo



Validación Consumo Horario Barrio Dario Guevara Pelileo

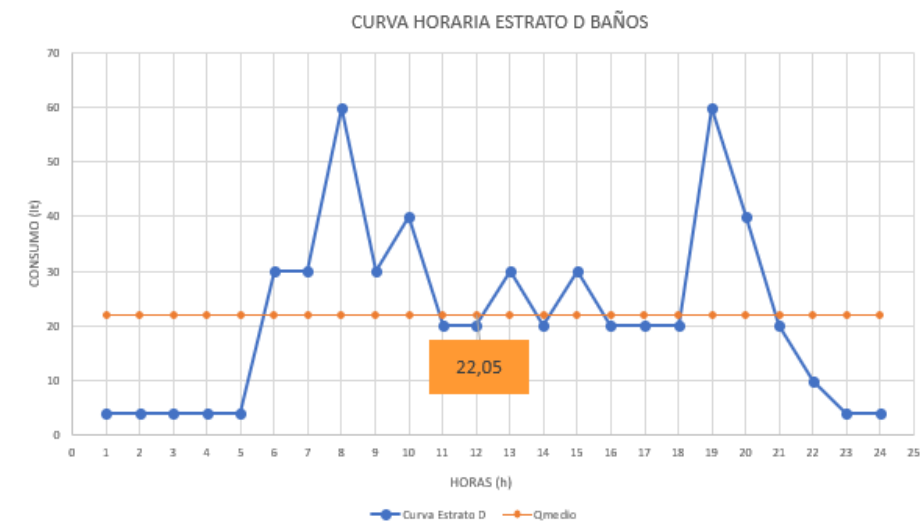
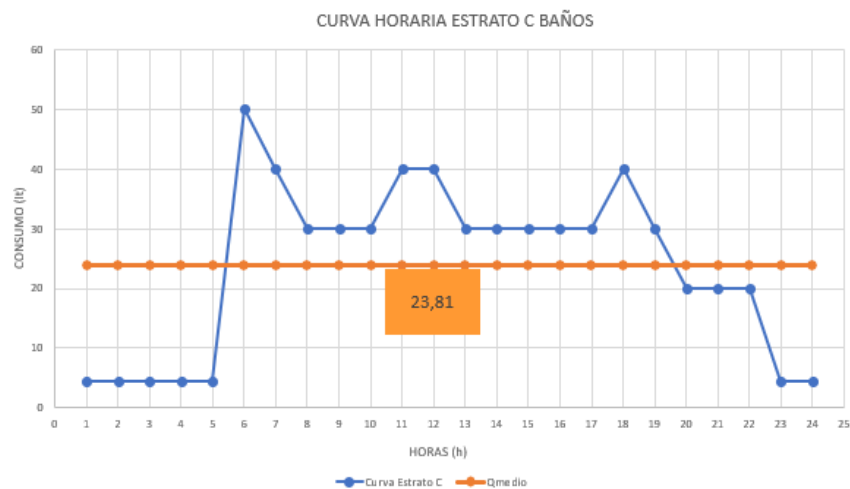
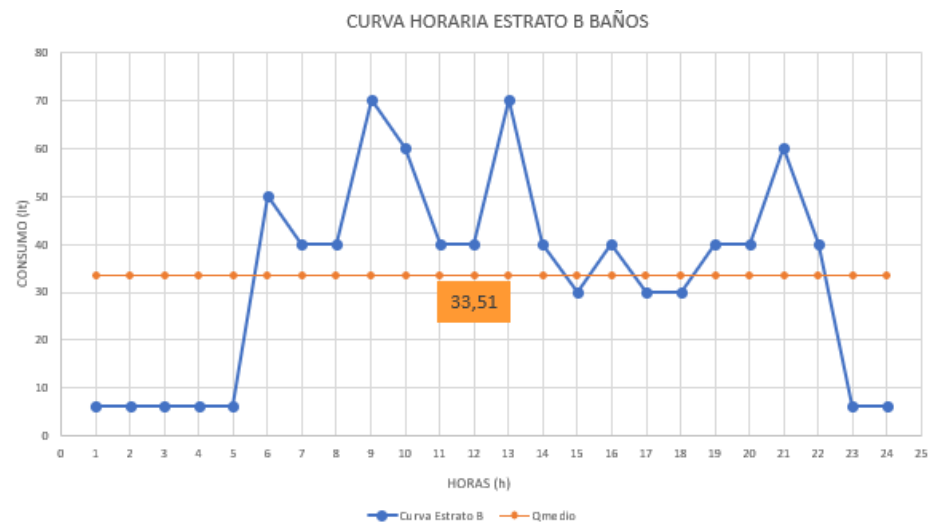
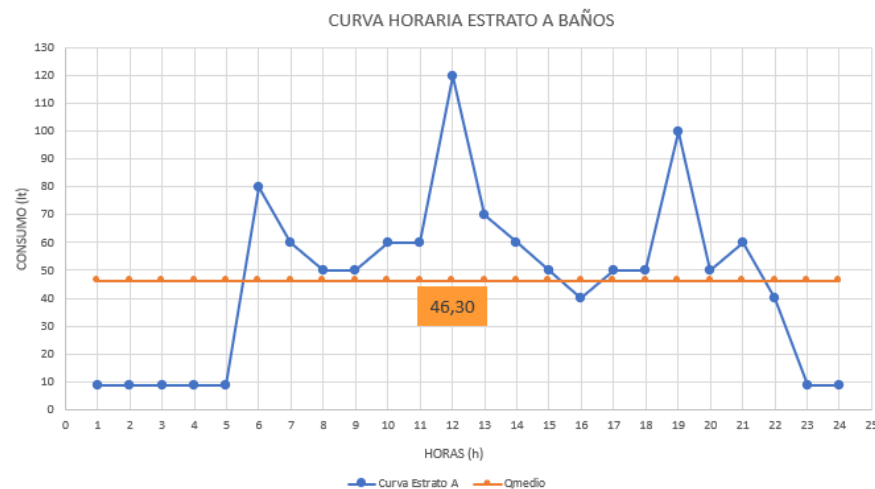


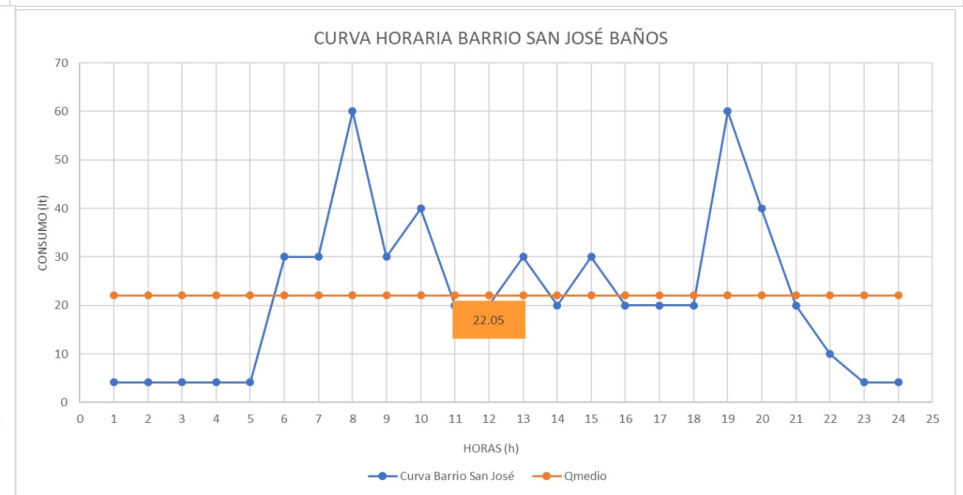
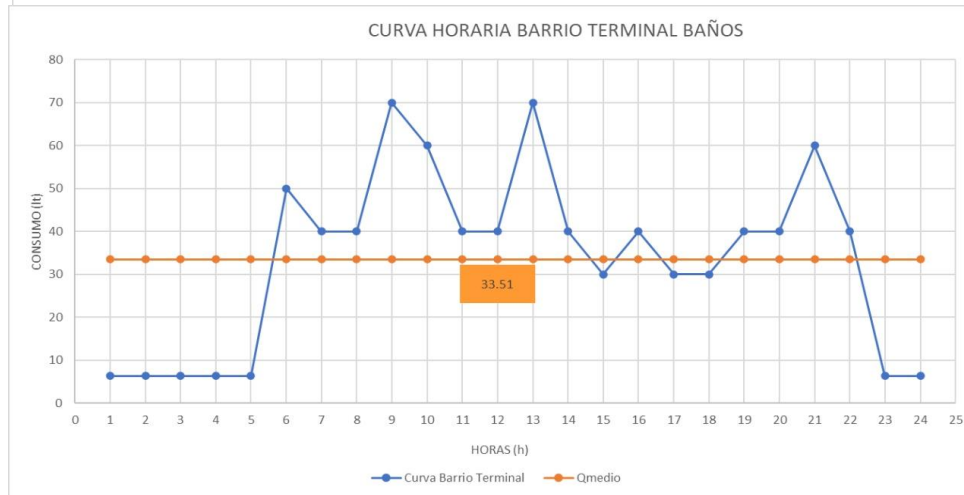
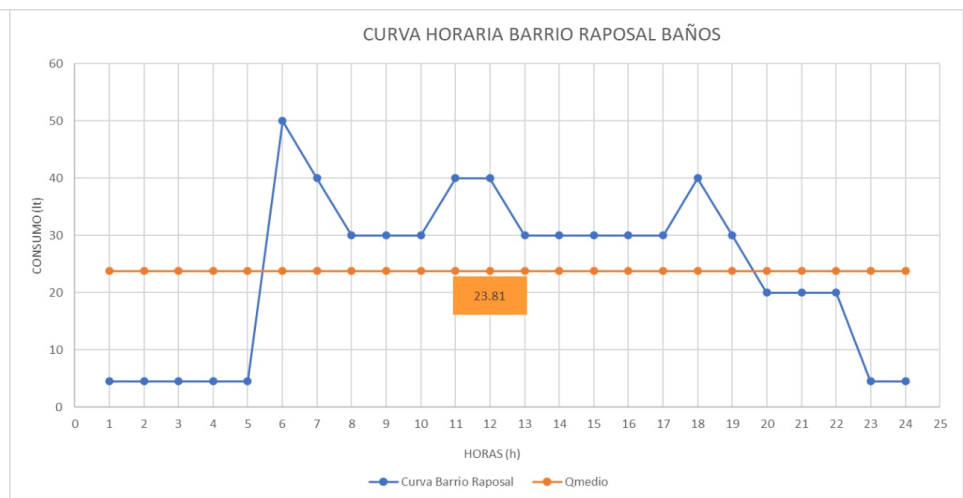
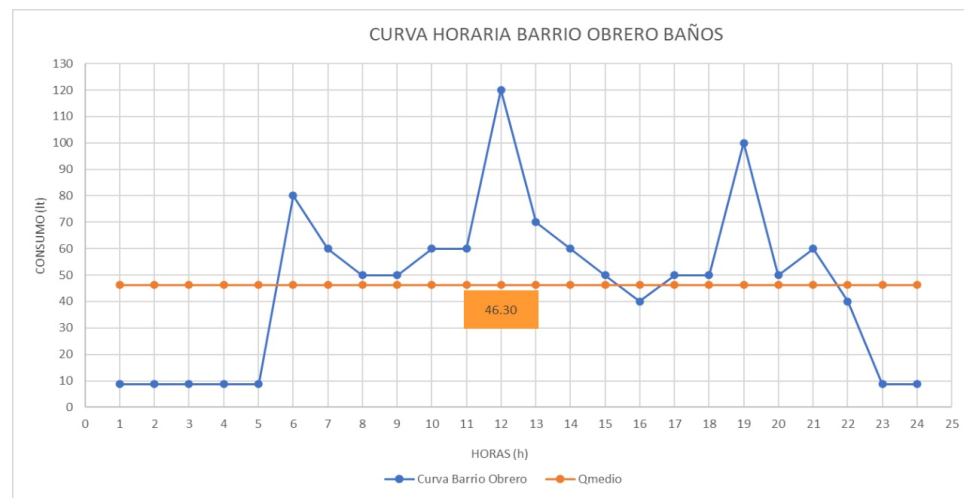


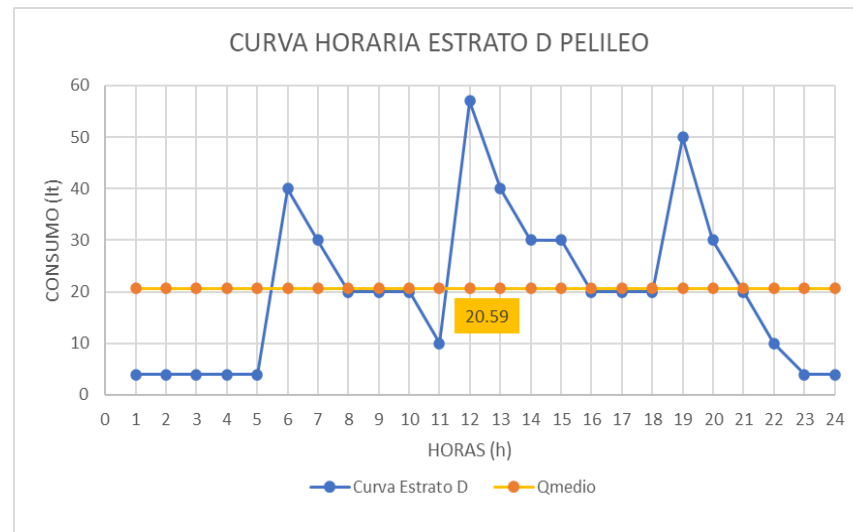
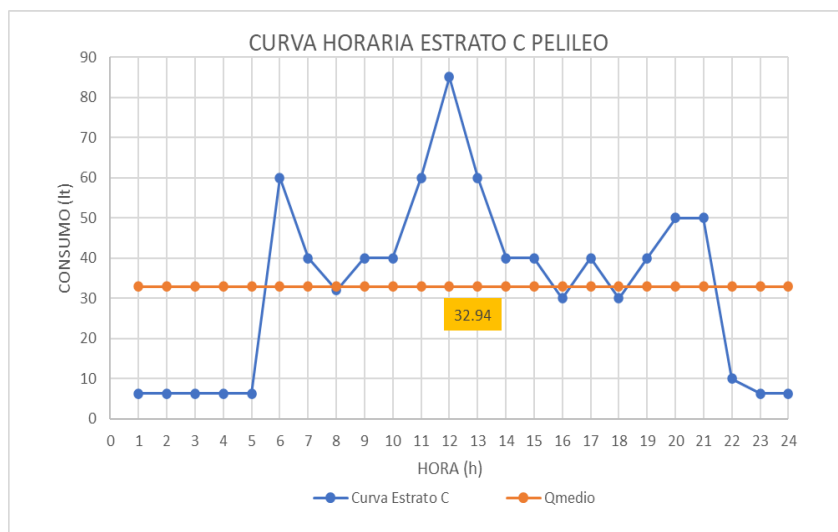
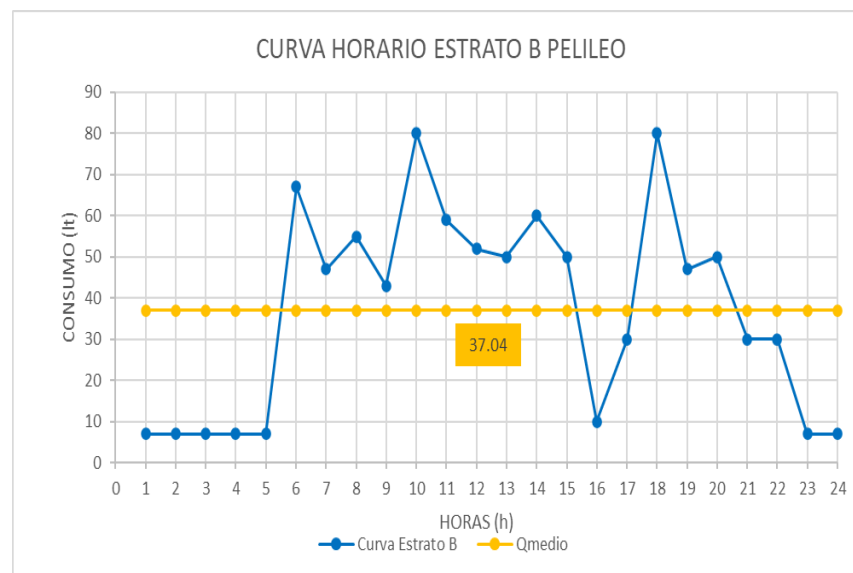
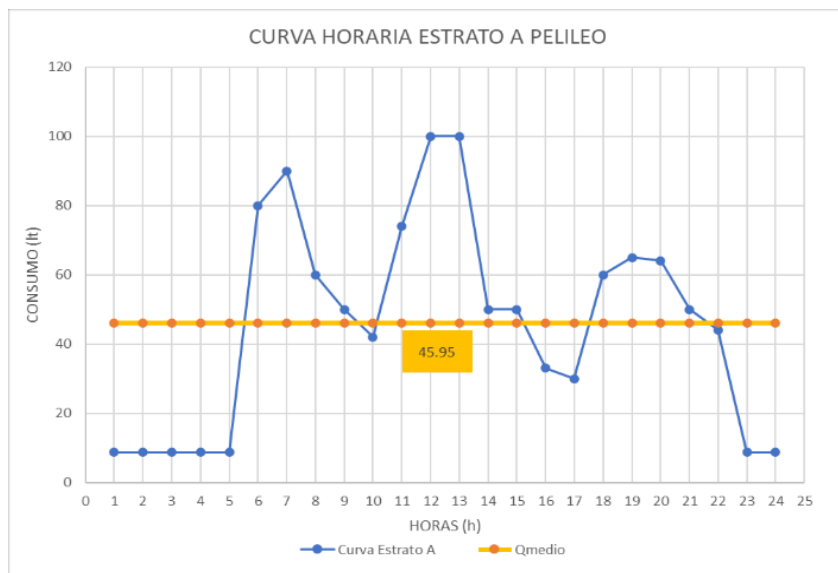
Fuente: (Macas & Rodas, 2022)

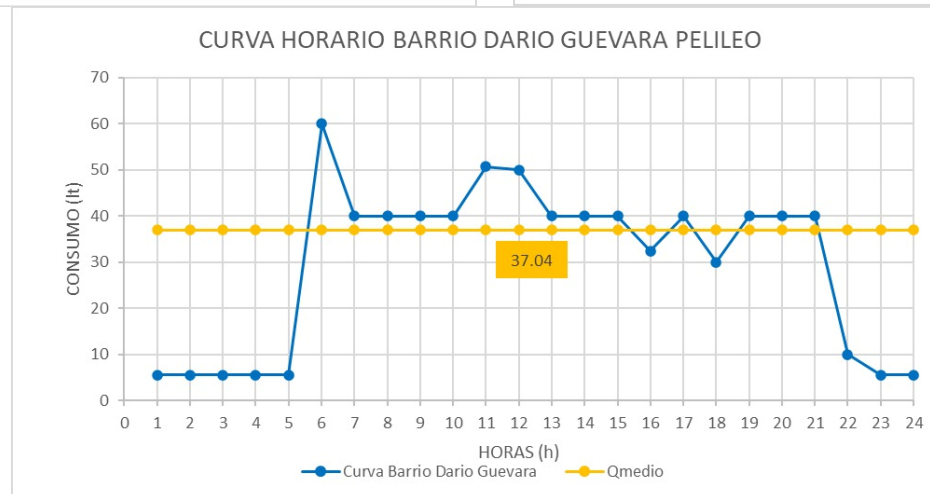
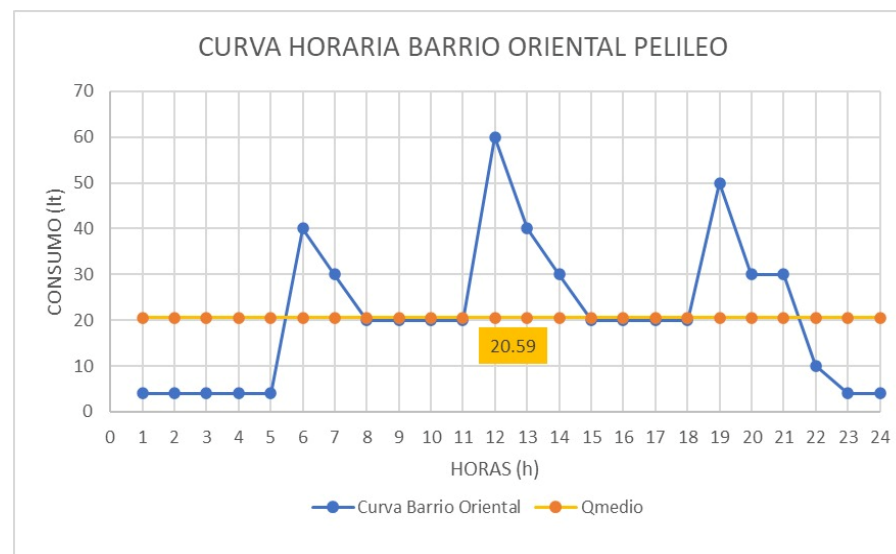
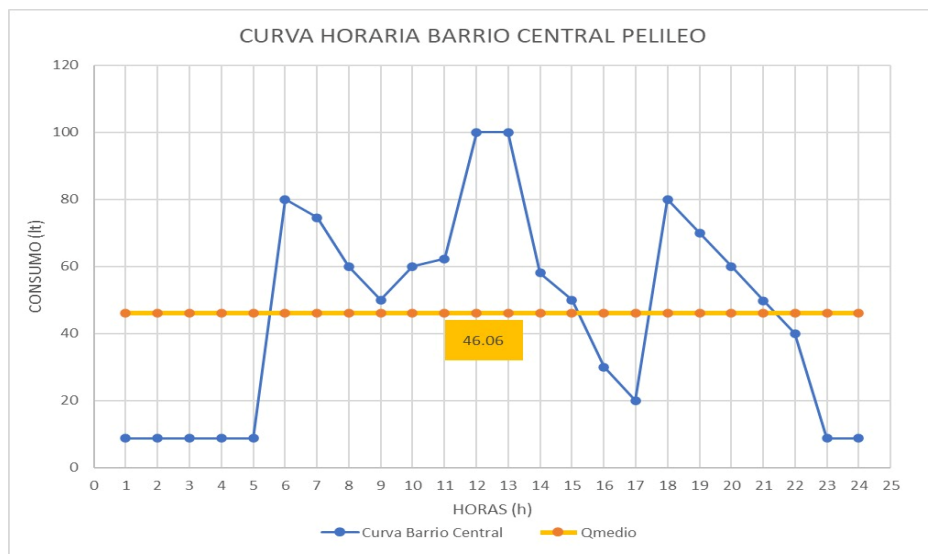
Anexo 7:

Curvas de consumo de agua residencial de los estratos y barrios de Baños y Pelileo



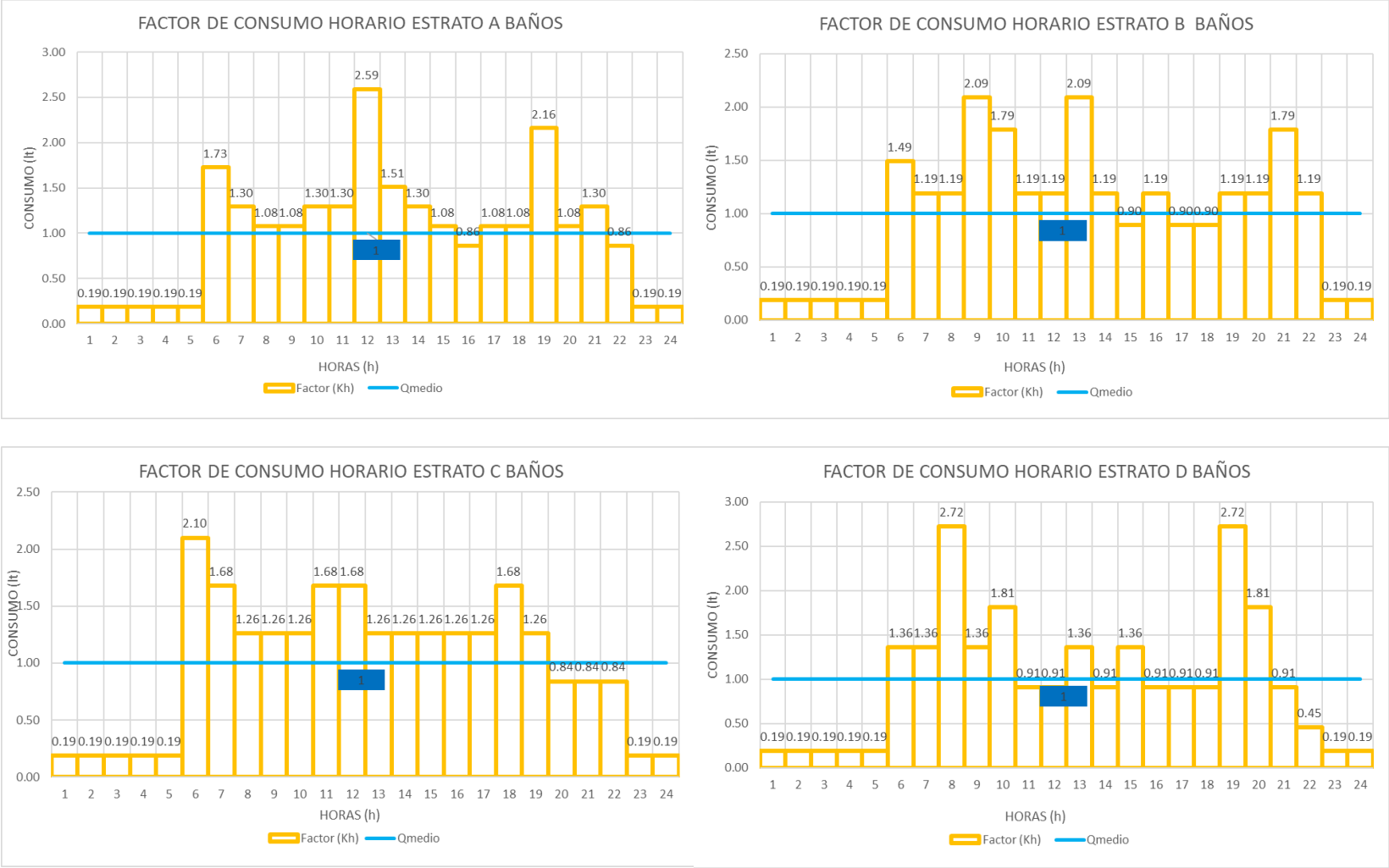


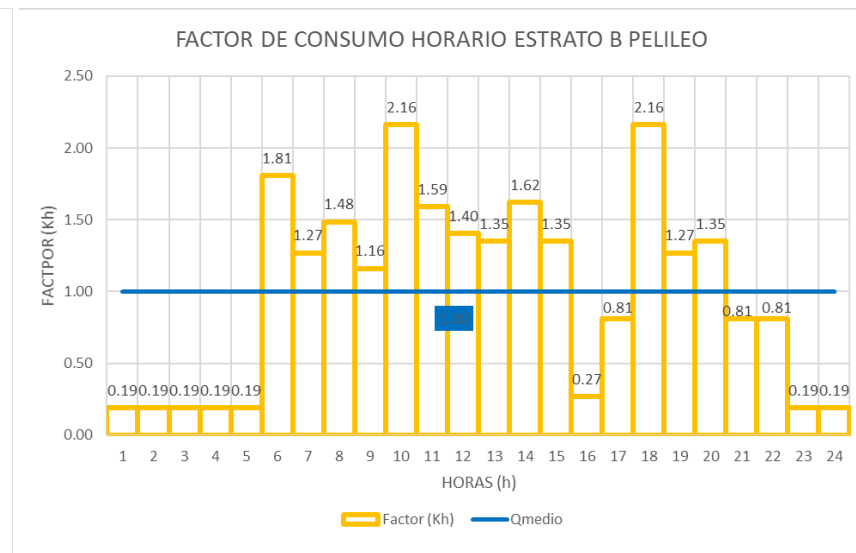
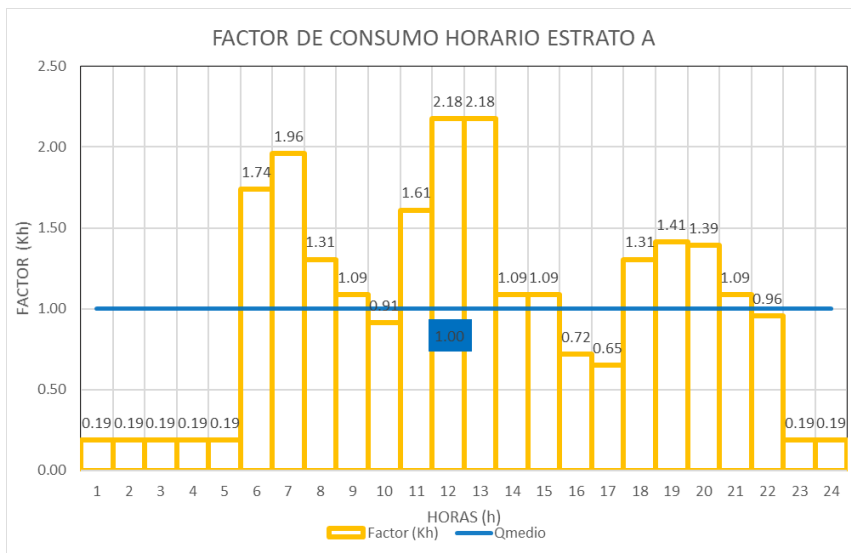


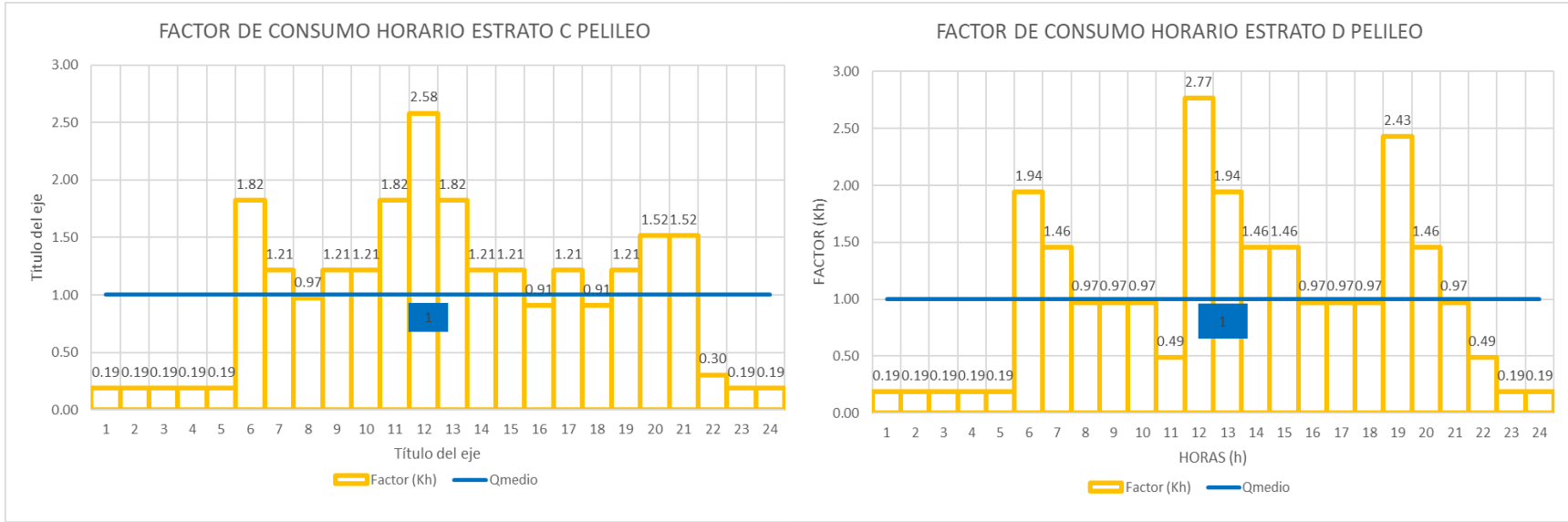


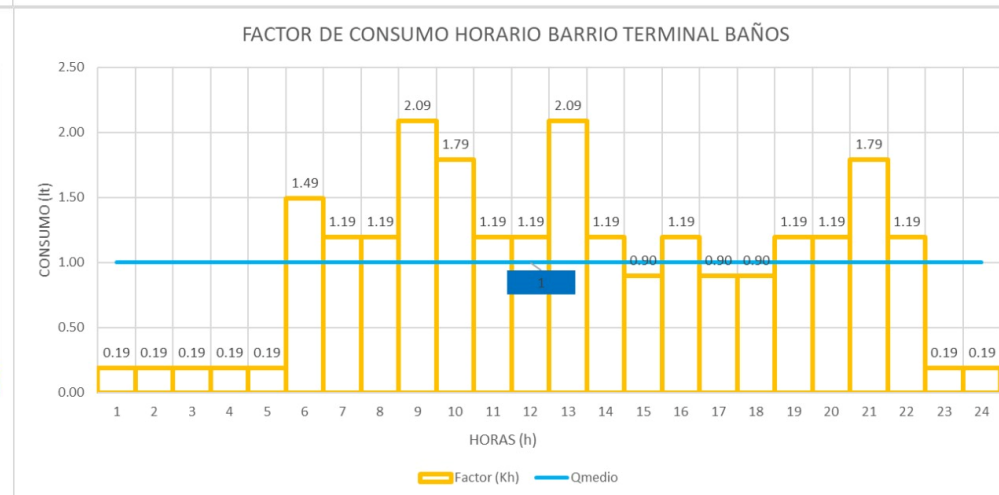
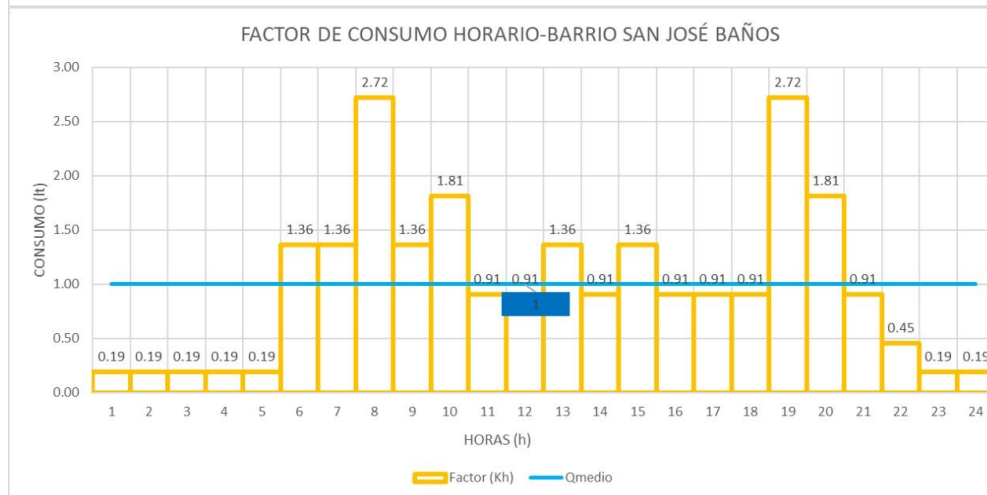
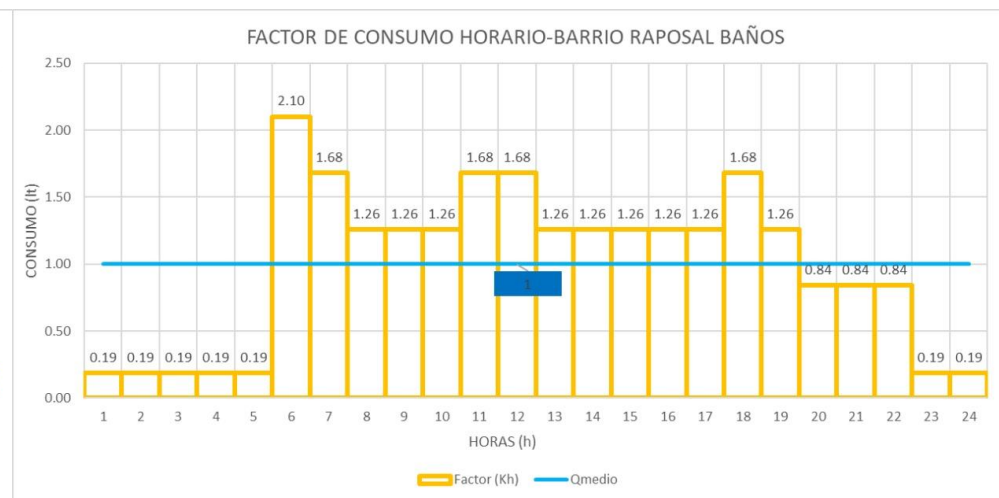
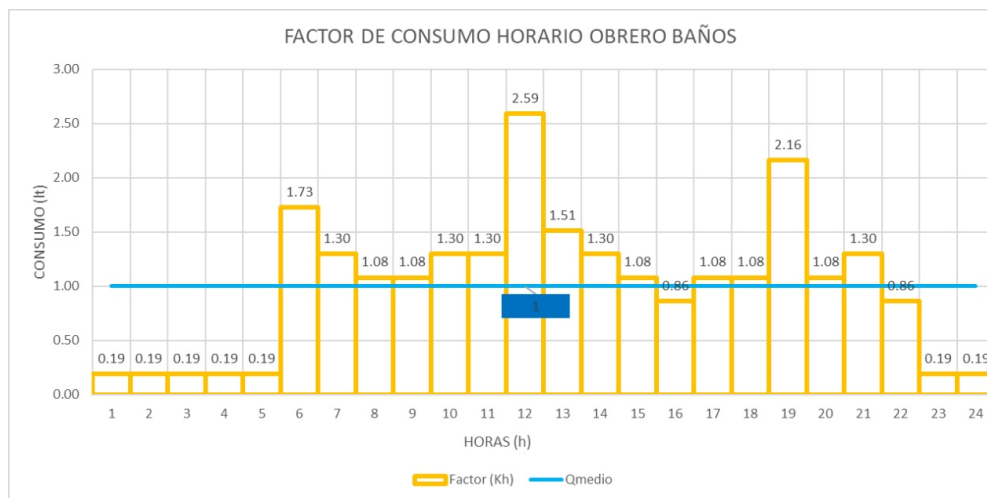
Fuente: (Macas & Rodas, 2022)

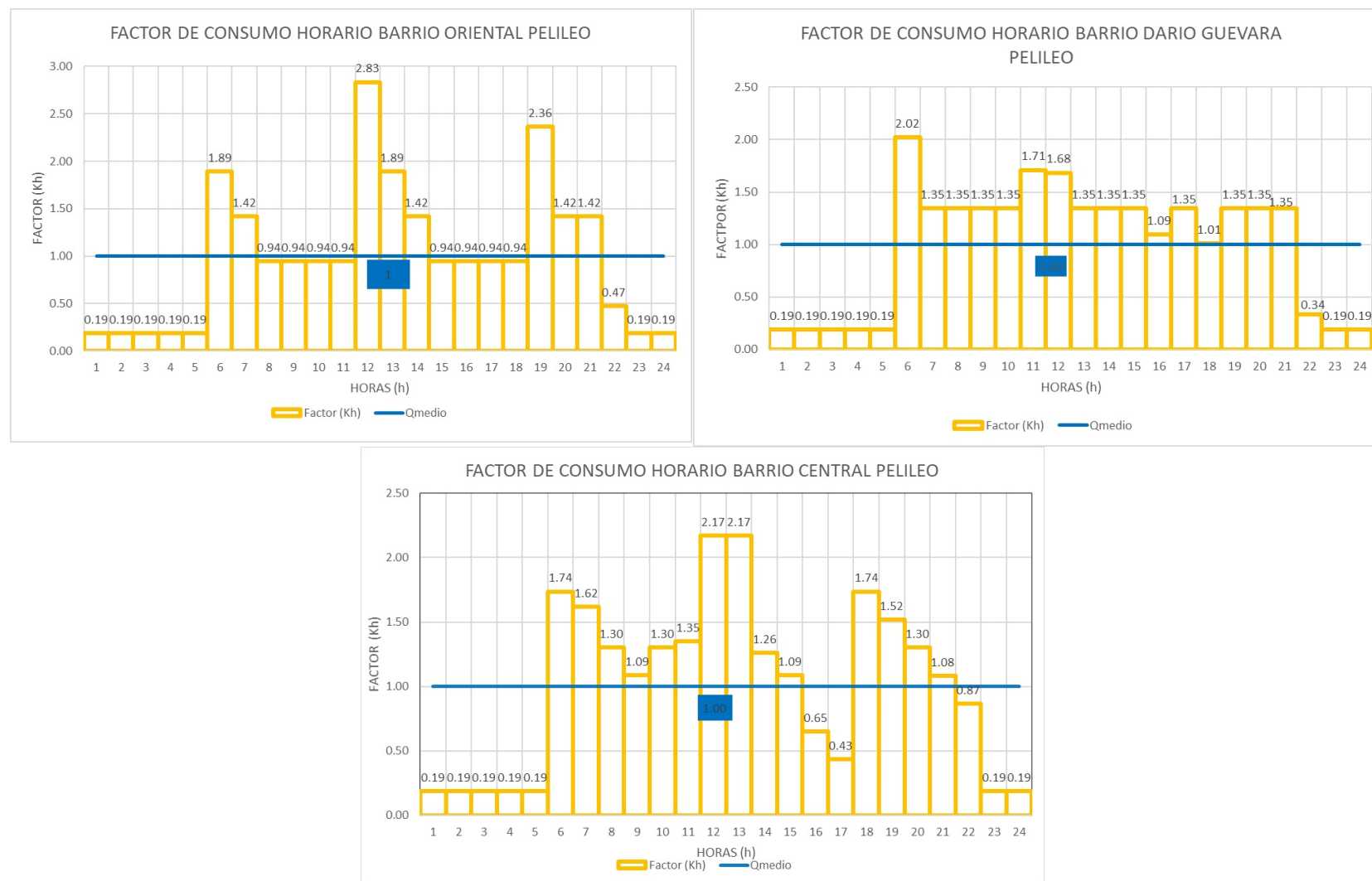
Anexo 8:
Curvas de modelación horaria (Kh) de Baños y Pelileo











Fuente: (Macas & Rodas, 2022)