

CAPÍTULO I

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Introducción.

En este último siglo a nivel mundial se está teniendo un problema de gran importancia para la existencia de los seres humanos y amenaza a los mismos con llevarlos a conflictos bélicos entre países, que es la escasez de una sustancia vital para los seres vivos, el agua una sustancia compuesta por dos moléculas de hidrógeno y una de oxígeno, la escasez según estudios se debe a que la población mundial a lo largo de la historia fue incrementándose cada vez más, formando megaciudades actualmente lo cual demanda mayores volúmenes de agua para abastecer a la población y también paralelamente a este problema se incrementó la contaminación que afecta directamente a las fuentes de agua debido a los residuos sólidos y aguas residuales.

“Para el 2030 se espera que el uso del agua aumente en un 40% gracias a una combinación de factores como el cambio climático, la acción humana y el crecimiento demográfico, aunque hoy en día ya es excesivo en algunas ciudades del mundo. Por ejemplo, el consumo promedio de agua al día en la ciudad de México es de 366 litros diarios por persona, siendo el consumo residencial el más elevado con 567 litros en promedio por habitante al día”. (ONU-HABITAT, 2021)

Tabla 1 : Países que más consumen agua en el mundo.

País	Litros promedio consumidos diario per capita
Estados Unidos	575
Australia	493
Italia	386
Japón	374
México	366
España	366
Noruega	301

Fuente: ONU-HABITAT.

“En la actualidad el 6 de diciembre de 2020 en Wall Street, EEUU se empezó a cotizar monetariamente el líquido elemental a mercados futuros, así como los minerales importantes

como el oro, petróleo también trigo etc. Algo que claramente nos da a entender de lo que será en un futuro si es que no se cuida y hace uso responsable del agua.” (Bloomberg, 2020)

En Bolivia la situación no está lejos de los demás países, En La Paz en 2016 se tuvo uno de los peores dificultades por la falta de agua de los últimos 25 años el cual se le atribuye a malos diseños de obras de abastecimiento de agua potable, el cual los proyectos de agua potable deben ser cada vez más eficientes desde su diseño hasta la operación y mantenimiento y brindar a la población boliviana la cantidad y calidad de agua potable que requiere para su bienestar garantizando la salud y la integridad, sobre todo ahora que ya hay guías, normas que garantizan técnicamente los mismos. (UNIFRANZ, 2022)

Uno de los parámetros de diseño que dependen los proyectos de agua potable son los coeficientes de variación de caudal máximo diario (k_1) que varía entre los rangos 1,2 a 1,5 y horario (k_2) en función de la población, coeficiente de variación anual de la dotación (d) y así también la dotación media diaria por habitante, los cuales se tiene rangos establecidos en la norma NB 689 que están en función de las características de las población y clima, pero lamentablemente son valores referenciales por el cual se necesitan ajustar de acuerdo a las características reales de la población para saber que cantidad del líquido vital hacen uso por día.

En la ciudad de Tarija la situación es similar debido a que las fuentes de abastecimiento superficiales ya no cubren la demanda de la ciudad, dando lugar a que la encargada de brindar los servicios básicos, La Cooperativa de Servicios Públicos de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario Tarija (COSAALT R.L.) , deba cubrir la demanda mediante la perforación de pozos profundos, que actualmente cuenta con aproximadamente de 60 pozos en toda la ciudad, que hasta 2021 representaba el 39,09% de la demanda de agua en la ciudad de Tarija, los cuales no fueron diseñados en función de parámetros reales de la ciudad de Tarija ya que no se tiene parámetro de diseño reales, por el cual son susceptibles a sobredimensionarlos y con el tiempo los pozos no lleguen a su vida útil estimada o subdimensionarlos llegando a no garantizar la demanda de abastecimiento.

Por el cual el enfoque de esta investigación se centra en la calibración y/o determinación de la dotación media diaria por habitante, coeficiente de variación anual de la dotación (d) y de los coeficientes de variación de caudal máximo diario (k_1) y horario (k_2).

En el TFG para la obtención del título profesional de Huanca Doria Medina, Melvin Jhony con título “Estimación de la dotación per cápita de consumo humano doméstico y de los coeficientes de variación de demanda diaria (k_1), y demanda horaria (k_2) en la Ciudad de Tarija-zona central-El Molino” indica lo siguiente:

“Para determinar estos coeficientes se delimito una zona piloto en la zona Central de Tarija comprendida entre las calles Bolívar, Ballivián, General Trigo y Virginio Lema dicho sistema abastece la demanda de la población y tiene un sistema continuo de abastecimiento de agua. Se utilizaron los datos de volúmenes manuales usados por la Cooperativa de Servicios Públicos de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario Tarija (COSAALT R.L.) para compararlos con nuestros volúmenes de registro medidos, pertenecientes a nuestra zona piloto en el cual se hizo un registro diario y horario de ingresos de volúmenes de agua en función del tiempo para la obtención de caudales máximos y medios, diarios y horarios.

El resultado de esta evaluación fue un coeficiente de variación de la demanda diaria de agua potable (k_1), de 1,203 con una diferencia de 9,7% de variación respecto al establecido por la norma con el que fue diseñado el sistema de nuestra zona piloto que es 1,3 y un coeficiente de variación de la demanda horaria de agua potable (k_2) de 1,3915 con una diferencia de 10,85% de variación con el establecido por la norma que es 1,5. En conclusión, los valores de (k_1) y (k_2) varían respecto a los establecidos por la NB Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias.” (Huanca Doria Medina, 2018)

En el TFG para la obtención del título profesional de Torres Avilés, Yanna con título “Estimación de la dotación media diaria y de los coeficientes de caudal máximo diario (k_1) y máximo horario (k_2) para un circuito ubicado en el barrio El Molino de la Ciudad de Tarija” indica lo siguiente:

“Para determinar estos coeficientes se delimito una zona representativa en la zona Central de Tarija comprendida entre las calles, Ballivián, Virginio Lema, Ingavi y Av. Víctor Paz E., dicho sistema abastece la demanda de la población y tiene un sistema continuo de abastecimiento de agua.

Se utilizaron los datos de volúmenes manuales usados por (COSAALT R.L.) para compararlos con nuestros volúmenes de registro medidos, pertenecientes a nuestra zona piloto en el cual se hizo un registro diario y horario de ingresos de volúmenes de agua en

función del tiempo para la obtención de caudales máximos y medios, diarios y horarios. Con estos datos se evalúa la dotación de agua, mediante una formula simple establecida en el Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias siendo los coeficientes de variación de demanda diaria y horaria (k_1) y (k_2) las variables a calcular, de esta forma se obtuvo un valor real de consumo de acuerdo a los hábitos de la población.

El resultado de esta investigación fue: para el coeficiente de variación de caudal máximo diario o de la demanda diaria de agua potable (k_1) se obtuvo un valor de 1,20 con una diferencia de 1,7% de variación respecto al establecido por la NORMA BOLIVIANA NB 689 “Instalaciones de Agua Potable – Diseño para Sistemas de Agua Potable”, el sistema de agua potable en la zona de estudio fue diseñado con un valor de 1,3 y para el coeficiente de variación de caudal máximo horario o de la demanda horaria de agua potable (k_2) se obtuvo un resultado de 1,91, la norma NB 689 propone un rango de 1,8 a 2,2 a criterio del proyectista

Finalmente, el cálculo de la dotación media diaria dio como resultados valores aceptables el valor calculado a partir de las micro mediciones realizadas fue de 207,07 l/hab/d, un valor próximo al mínimo de la norma.” (Torrez Avilés, 2018)

1.2 Problema.

1.2.1. Planteamiento del problema.

En la ciudad de Tarija los proyectistas o consultoras que se adjudican una licitación no cuentan con parámetros de diseño reales al momento de desarrollar la etapa de preinversión. Es decir, si bien la normativa boliviana NB 689, nos da un rango de valores en función de la zona geográfica y la población, para la selección de los valores de los parámetros de diseño de los coeficientes de variación de caudal máximo diario (k_1) y horario (k_2), dotación media diaria y el coeficiente de variación anual de la dotación (d) para un proyecto de abastecimiento de agua potable, pero es algo referencial que no es adecuada, técnica ni profesional usarlas.

La falta de información de estos parámetros de diseño es por la falta de estudios e investigaciones tanto por parte de autoridades competentes en el área y de los investigadores

locales, ya que debe ser más precisa en cada ciudad del Estado Plurinacional de Bolivia para mejorar la gestión hídrica y recursos económicos.

Las consecuencias de no contar con valores reales precisos para la ciudad de Tarija hace que los proyectos puedan resultar sobredimensionados o subdimensionados causando un daño económico a la institución que financia la construcción de los mismos, y sobre todo la parte más afectada es la población, debido a proyectos por falta de mayor eficiencia en el diseño y con el pasar de los años las obras no cumplen su vida útil haciendo que a futuro llegue a faltar agua a la población y afecte en la cantidad y calidad del agua suministrada por la EPSA.

Como parte de colaborar a la solución del problema de la ciudad de Tarija, con este trabajo de investigación se busca dar una solución y establecer valores referenciales para el futuro diseños de proyectos de abastecimiento de agua potable en la ciudad de Tarija.

1.2.2. Formulación del problema.

Por lo tanto, nos lanzamos la siguiente pregunta a responder con este trabajo de investigación a realizar.

¿Cuáles son los valores reales de los coeficientes de variación de caudal máximo diario (k_1) y horario (k_2), dotación media diaria y el coeficiente de variación anual de la dotación (d) en el sistema de abastecimiento de agua potable del barrio Luis Espinal y si estarán dentro del rango de valores que nos proporciona la norma boliviana NB 689 para la ciudad de Tarija?

1.2.3. Sistematización del problema

- ¿Existirá la información necesaria y suficiente del sistema de abastecimiento para el desarrollo del presente trabajo de investigación?
- ¿Se tiene información de la cantidad de gente que vive por domicilio para el cálculo de la dotación media diaria?
- ¿Qué tipo información se utilizará para el cálculo de los coeficientes?
- ¿Es correcto que las consultoras adopten valores de los coeficientes de variación a criterio o seguir lo que nos dice la NB 689?

- ¿El no contar con valores reales de los coeficientes de variación puede incidir gravemente en la eficiencia de los sistemas de agua potable?

1.3 Objetivos.

1.3.1. Objetivo General.

- Determinar y analizar los valores reales de los coeficientes de variación de caudal máximo diario (k_1) y horario (k_2), dotación media diaria y el coeficiente de variación anual de la dotación (d) en el sistema de abastecimiento de agua potable del barrio Luis Espinal para la verificación con la normativa boliviana NB 689.

1.3.2. Objetivos Específicos.

- Recopilar y sistematizar la información necesaria del sistema de abastecimiento para el desarrollo del trabajo de investigación.
- Realizar un censo de población en el barrio Luis Espinal.
- Calcular el coeficiente de variación de caudal máximo diario (k_1) y horario (k_2), dotación media diaria y el coeficiente de variación anual de la dotación (d) utilizando los datos medidos de macro medición y micro medición.
- Analizar el resultado obtenido de los parámetros de diseño propios del sistema.
- Verificar el cumplimiento de la normativa boliviana NB 689 de los parámetros de diseño reales del sistema de abastecimiento de agua potable.

1.4 Justificación.

En Bolivia, el diseño de obras de abastecimiento de agua potable en todo el país se rige en función de la normativa boliviana vigente **INSTALACIONES DE AGUA – DISEÑO PARA SISTEMAS DE AGUA POTABLE “NB 689”**, las consultoras y/o proyectista de proyectos al momento de tomar criterios de diseño se basan en la normativa vigente **“NB 689”**, el cual nos da un rango de valores entre los cuales para la ciudad de Tarija en función de la zona geográfica y la población, entre los cuales se menciona el coeficiente

de variación de caudal máximo diario (k_1) oscila entre 1,2 a 1,5 y el coeficiente de variación de caudal máximo horario (k_2) oscila entre 1,8 a 1,5, debido a la falta de tiempo e información precisa que tienen las consultoras asumen directamente valores a criterio entre los mencionados anteriormente.

La importancia de este trabajo de investigación es el conocer las características reales de la población de Tarija, centrándonos en una zona en específico de la ciudad que es el barrio Luis Espinal, en el cual en esta zona de estudio se busca determinar los valores reales de los parámetros de diseño coeficientes de variación de caudal máximo diario (k_1) y horario (k_2), dotación media diaria y coeficiente de variación anual de la dotación (d) y su cumplimiento con la normativa NB 689, los mismos que una vez establecidos nos servirá para el diseño de futuros proyectos de agua potable en las distintas zonas de la ciudad de Tarija evitando sobredimensionamientos y subdimensionamientos, mismo que nos ayudara así mismo a hacer una mejor gestión de los recursos económicos pudiendo dirigir esos recursos a nuevos proyectos de vital importancia para la ciudadanía beneficiaria.

Mencionando también que nos ayudara a redistribuir el agua con mayor eficiencia por parte de la EPSA (COSAALT R.L.) a la población donde están limitados de su uso, así garantizando su abastecimiento completamente sin la incertidumbre que llegue a faltar agua en su zona elevando los estándares de calidad de vida y salud.

1.4.1. Justificación teórica.

Distintos proyectistas de consultoras y/o constructoras toman a criterio los parámetros de diseño que nos ofrece la NB 689, pero es algo referencial teóricamente por lo cual se justifica la necesidad de determinarlos y verificar los mismos en un estudio específico a profundidad y también aportar al conocimientos de estudios ya realizados y futuros que se puede realizar en toda la ciudad de Tarija, y así lograr una base de datos que se debe actualizar constantemente ya que el comportamiento humano no es el mismo sino es variable en el tiempo.

1.4.2. Justificación metodológica.

El hacer un análisis de un año de información es de mayor certeza en la determinación de los coeficientes de diseño ya que las mismas se tendrán en cuenta que es lo que pasa

durante las diferentes épocas del año sin la incertidumbre que pueda pasar en un intervalo de tiempo que no se tenga datos de información. El uso del macro medidor (Promag W 800) es nos permite no perder ni un dato de información y tener un control las veinticuatro horas del día, durante un año de información al ser un equipo de última tecnología en la operación y mantenimiento en la gestión hídrica en plantas de tratamiento.

1.4.3. Justificación práctica.

Este trabajo de investigación ofrecerá coeficientes de diseño reales específicos, que demuestran el comportamiento real del consumo de agua de la población en el sistema de agua potable del barrio Luis Espinal. Los coeficientes encontrados podrán ser utilizados por empresas consultoras para proyectos de diseño de sistemas de agua potable en la ciudad de Tarija, debido a que no hay valores precisos actualmente por falta de estudios, sino un intervalo de los mismo en la normativa boliviana NB 689, favoreciendo en la toma de decisiones de cualquier persona que se dedique al diseño de sistemas de agua potable.

1.5 Hipótesis.

Los valores reales de los coeficientes de variación de caudal máximo diario (k_1) y horario (k_2), dotación media diaria y el coeficiente de variación anual de la dotación (d) en el sistema de abastecimiento de agua potable del barrio Luis Espinal están dentro del rango de la NB 689.

1.6 Alcance y limitaciones de la investigación.

1.6.1. Alcance.

El presente trabajo consta de una etapa de obtención, recolección y análisis de información relacionada a una red de abastecimiento de agua potable mediante pozo profundo ubicado en el barrio Luis Espinal de la ciudad de Tarija, en el que se analiza la evolución periódica del consumo de agua potable para diferentes intervalos de tiempo, con el objetivo de proporcionar parámetros de diseño acordes a necesidades y características propias de nuestra ciudad y población.

El barrio donde se realizará el estudio está conformado por 24 manzanos y por conexiones domésticas, y comerciales, para el cálculo de la dotación media diaria, coeficiente

de variación anual de la dotación (d) y de los coeficientes de variación de caudal máximo diario (k_1) y horario (k_2) se trabajará solo con los datos del macromedidor que representa de manera global a todas las conexiones.

El presente trabajo de investigación tiene un alcance de carácter geográfico y social que se enfoca a un área de estudio específico y puntual en este caso el barrio Luis Espinal con las mismas características comportamiento humano que se refleja en toda la ciudad de Tarija.

En la cual el área que mide la macro medición esta delimitada por el área de abastecimiento del sistema de agua potable que abarca los barrios de Luis Espinal, Moto Méndez, 7 de septiembre y Bartolomé Attard, y la micro medición esta delimitada por los manzanos que conforman el barrio Luis Espinal de la ciudad de Tarija, como se muestra en la Figura 1.



Figura 1 : Área de medición de macro medición
Fuente: Elaboración propia

1.6.2. Limitaciones.

El presente trabajo de investigación se limita solamente a tomar en cuenta 1 año de observación de los registros históricos de consumo horarios debido a muchos factores entre los cuales no se pueda llegar a tener datos más de un año completo para los coeficientes de variación de caudal máximo diario (k_1) y horario (k_2).

1.7 Variables.

1.7.1. Variables Independientes.

- Registros históricos diarios y horarios de volúmenes de agua del macro medidor que ingresan al sistema de abastecimiento de agua potable.
- Registros históricos mensuales de volúmenes de agua que ingresan a los micromedidores del sistema de abastecimiento de agua potable.
- Número de personas por vivienda conectada a la red de abastecimiento de agua potable.

1.7.2. Variables Dependientes.

- Coeficiente de variación de caudal máximo diario (k_1).
- Coeficiente de variación de caudal máximo horario (k_2).
- Dotación media diaria.
- Coeficiente de variación anual de la dotación (d).

CAPÍTULO II

CAPÍTULO II

MARCO REFERENCIAL

2.1 Marco teórico.

Según (Hernández Samaniego, et al, 2023). El hallazgo de estos coeficientes de variación caudal máximo diario (k_1) y horario (k_2) y las curvas de consumo del sistema brindan información valiosa para el diseño, la operación y la gestión del agua de los sistemas hidráulicos, destacando una relación compensatoria entre la reducción de las pérdidas de agua y la gestión de la variación de presión.

La construcción de curvas y coeficientes de variación de la demanda fiables depende de la información precisa sobre el área de suministro de los sectores hidrómetros. En este estudio, se analizaron los datos de los sectores con mayor número de días registrados para determinar la variación diaria a lo largo del año. Además, para calcular con precisión los coeficientes de variación diaria, algunos sectores cambiaron su funcionamiento semi-intermitente habitual a un servicio con consigna fija. El uso de datos de caudal de los sectores hidrométricos fue crucial para generar curvas y coeficientes confiables.

Según (Ilaza-Ayza, et al, 2016; Delgado Sandoval, et al, 2022). Las curvas de variación horaria y diaria, así como los coeficientes de la demanda de agua, se han identificado como herramientas valiosas para el modelado, diseño y operación de redes de agua potable.

2.1.1. Consumo de agua potable.

2.1.1.1 Consumo.

El consumo de líquido de cada población está determinado por distintos factores, como son el Clima, la hidrología, la clasificación del usuario, las costumbres locales, la actividad económica, etc.

Los climas extremos incrementan el consumo, en el cálido para satisfacer las necesidades humanas y en el frío, aunque disminuye el consumo humano se incrementa el consumo por las fugas. (Rodríguez Ruiz, 2001, pág. 36).

2.1.1.2 Factores que afectan la dotación.

De acuerdo a las instalaciones en servicio, se tiene cada vez más información acerca del valor real de la dotación; sin embargo, debe adjudicarse al proyecto la que se estima más adecuada en función de sus características.

a) Cantidad de Agua Disponible.

La facilidad o dificultad para disponer de agua de las fuentes de abastecimiento, marcan en ocasiones la cantidad de agua que puede distribuirse.

b) Magnitud de la Población.

Conforme crece la población, aumenta el consumo de agua, porque se incrementa principalmente las necesidades de agua en usos públicos e industriales.

La dotación base puede hacerse de acuerdo a lo que se indica en la Tabla 2.

Tabla 2 : Dotación media diaria (l/hab/d).

Zona	Población (habitantes)					
	Hasta 500	De 501 a 2.000	De 2.001 a 5.000	De 5.001 a 20.000	De 20.001 a 100.000	Más de 100.000
Del Altiplano	30 - 50	30 - 70	50 - 80	80 - 100	100 - 150	150 - 200
De los Valles	50 - 70	50 - 90	70 - 100	100 - 140	150 - 200	200 - 250
De los Llanos	70 - 90	70 - 110	90 - 120	120 - 180	200 - 250	250 - 350
Notas:	(1)			(2)		

Fuente: NB 689, (2004).

c) Fugas y Desperdicios.

La edad de la red de agua potable, la calidad de la tubería y la conservación de las mismas, influyen en la calidad de agua que se fuga, los desperdicios dependen en gran parte del nivel cultural de los usuarios. (Rodríguez Ruiz, 2001, pág. 37)

2.1.1.3 Dotación o consumo per cápita.

Se entiende por dotación la cantidad de agua que se asigna para cada habitante y que incluye el consumo de todos los servicios que realiza en un día medio anual, tomando en cuenta las pérdidas. Se expresa en l/hab/d. Esta dotación es una consecuencia del estudio de las necesidades de agua de una población, quien la demanda por los usos siguientes: para saciar la sed, para el lavado de ropa, para el aseo personal, la cocina, para el aseo de la

habitación, para el riego de calles, para los baños, para usos industriales y comerciales, así como para el uso público.

La dotación no es una cantidad fija, sino que se ve afectada por un sin número de factores que la hacen casi característica de una sola comunidad; sin embargo, se necesita conocer de ante mano estos factores para calcular las diferentes partes de un proyecto. (Rodríguez Ruiz, 2001, pág. 36).

La dotación está integrada por los siguientes consumos:

a) Consumo Doméstico:

El consumo doméstico varía según los hábitos higiénicos de la población, nivel de vida, grado de desarrollo, abundancia y calidad de agua disponible, condiciones climáticas, usos y costumbres, etc. Es difícil establecer una cifra como puede apreciarse; sin embargo, en nuestro país se estima que el consumo de agua para uso doméstico anda entre 75 y 100 l/hab/d, la cantidad básica para el consumo doméstico, que incluye necesidades fisiológicas, usos culinarios, lavado de ropa y utensilios, sistemas de calefacción y acondicionamiento de aire, riego de plantas y jardines privados, aseo de la vivienda, etc.

b) Consumo Público:

Este consumo se refiere al de los edificios e instalaciones públicas tales como: escuelas, mercados, hospitales, rastros, cuarteles, riego de calles, prados, jardines, servicio contra incendios, lavado de redes de alcantarillado. Este consumo es variable, pero en nuestro país puede estimarse entre el 20 y 30 % del consumo doméstico. El consumo público normalmente es excesivo debido a descuidos, pues el desperdicio en tales usos públicos se debe a daños en tuberías, llaves o accesorios cuya reparación inconscientemente se retarda.

c) Fugas y Desperdicios:

Aunque las fugas y desperdicios no constituyen un consumo, es un factor que debe ser considerado. En la vivienda influye en el consumo doméstico, pues es corriente encontrar filtraciones o fugas permanentes debido a desperfectos en las instalaciones domiciliarias. Estas pérdidas aunadas al mal uso de los consumos públicos y al irracional uso doméstico, conducen a agravar el consumo general de agua. Estas pérdidas giran al rededor del 35% al 40 % de la suma de los consumos antes citados. Lo cual representa un grave problema para

todos los órganos operadores de Administración del Agua Potable en el País. (Rodríguez Ruiz, 2001, pág. 37)

2.1.1.4 Variaciones de consumo.

El consumo no es constante durante todo el año, inclusive se presentan variaciones durante el día, esto hace necesario que se calculen gastos máximos diarios y máximos horarios, para el cálculo de estos es necesario utilizar Coeficientes de Variación diaria y horaria respectivamente.

Un sistema es eficiente cuando en su capacidad está prevista la máxima demanda de una población. Para diseñar las diferentes partes de un sistema, se necesita conocer las variaciones mensuales, diarias y horarias del consumo. Interesan las demandas medias, las máximas diarias y las máximas horarias

a) Variaciones Mensuales.

Durante el año existen meses de mayor o menor consumo del agua dependiendo de los factores climatológicos, costumbres, actividades y otros muchos que lo afectan.

b) Variación Diaria.

Las estadísticas demuestran que hay días del año con consumos mayores y otros con consumos menores con relación al consumo promedio diario.

Así como existen variaciones mensuales en los consumos, también las hay en el día. De estas variaciones importa conocer las máximas normales para considerarlas en un abastecimiento de agua y evitar escasez en los días de gran demanda.

La variación diaria se expresa como un coeficiente del gasto medio anual y depende de la temperatura y distribución de las lluvias en la región y le llamamos coeficiente de variación diaria.

c) Variación Horaria.

También existen variaciones horarias con respecto al gasto máximo diario, el cual no es consumido por la población en forma constante durante las 24 horas del día, pero determinados lapsos serán mayor o menor que el gasto máximo diario.

Para poder satisfacer las demandas máximas durante el día, se debe incrementar el valor del gasto máximo diario de un coeficiente que cubra esas demandas máximas horarias. (Rodríguez Ruiz, 2001, pág. 42)

Los valores de los coeficientes de variación horaria (k_2) son los que se indican en la Tabla 3.

Tabla 3 : Valores del Coeficiente (k_2).

Población (habitantes)	Coeficiente k_2
Hasta 2.000	2,20 - 2,00
De 2.001 a 10.000	2,00 - 1,80
De 10.001 a 100.000	1,80 - 1,50
Más de 100.000	1,5

Fuente: NB 689, (2004).

El diagrama mostrado en la Figura 2 y 3, nos ayudará a comprender más claramente de cómo se obtienen los coeficientes de variación diaria y horaria.

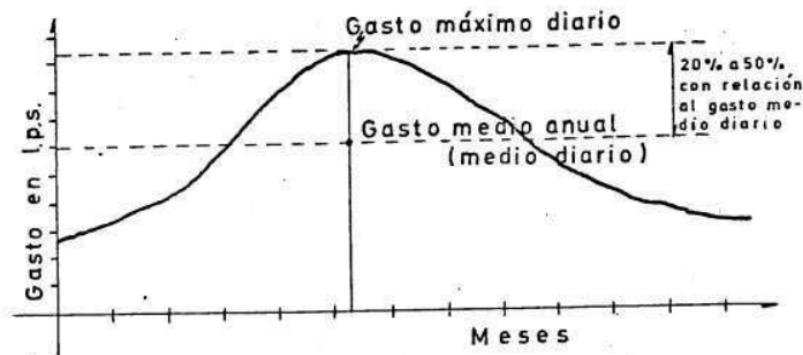


Figura 2 : Variación de Caudal máximo Diario.

Fuente: Rodríguez Ruiz, (2001).

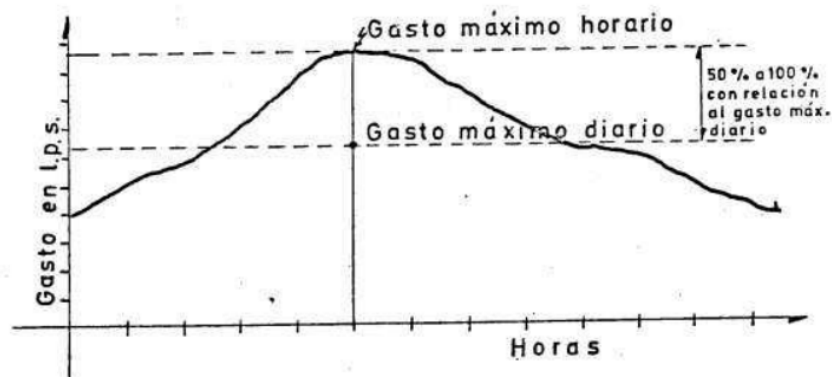


Figura 3 : Variación de Caudal máximo Horario.
Fuente: Rodríguez Ruiz, (2001).

2.1.2. Dotación futura.

La dotación media diaria puede incrementarse de acuerdo a los factores que afectan el consumo y se justifica por el mayor hábito en el uso de agua y por la disponibilidad de la misma. Por lo que, se debe considerar en el proyecto una dotación futura para el período de diseño, la misma que debe ser utilizada para la estimación de los caudales de diseño.

La dotación futura se debe estimar con un incremento anual entre el 0,50% y el 2% de la dotación media diaria, aplicando la fórmula del método geométrico (NB 689, 2004, pág. 22):

$$D_f = D_o \left(1 + \frac{d}{100} \right)^t$$

Donde:

D_f = Dotación futura, en l/hab/d

D_o = Dotación inicial, en l/hab/d

d = Variación anual de la dotación, en porcentaje

t = Numero de años de estudio, en años

2.1.3. Caudales de diseño.

Los caudales de diseño deben ser estimados para el dimensionamiento de diferentes componentes del sistema de agua potable.

Se deben considerar los siguientes caudales:

a) Caudal Medio Diario.

Es el consumo medio diario de una población, obtenido en un año de registros. Se determina con base en la población del proyecto y dotación, de acuerdo a la siguiente expresión.

$$Q_{md} = \frac{P_f * D_f}{86.400}$$

Donde:

Q_{md} = Caudal medio diario, en l/s

P_f = Población futura, en hab.

D_f = Dotación futura, en l/hab/d

2.1.3.1 Coeficientes de consumo máximo diario.

Es la demanda máxima que se presenta en un día del año, es decir representa el día de mayor consumo del año. Se determina multiplicando el caudal medio diario por el coeficiente (k_1) que varía según las características de la población.

$$Q_{máx.d} = k_1 * Q_{md}$$

Donde:

$Q_{máx.d}$ = Caudal máximo diario, en l/s

k_1 = Coeficiente de caudal máximo diario

$k_1 = 1,20$ a $1,50$

Q_{md} = Caudal medio diario, en l/s

2.1.3.2 Coeficientes de consumo máximo horario.

Es la demanda máxima que se presenta en una hora durante un año completo. Se determina multiplicando el caudal máximo diario por el coeficiente (k_2) que varía, según el

número de habitantes, de 1,5 a 2,2, tal como se presenta en la Tabla 3. (NB 689, 2004, pág. 23)

$$Q_{m\acute{a}x.h} = k_2 * Q_{m\acute{a}x.d}$$

Donde:

$Q_{m\acute{a}x.h}$ = Caudal máximo horario, en l/s

k_2 = Coeficiente de caudal máximo horario

$Q_{m\acute{a}x.d}$ = Caudal máximo diario, en l/s

2.1.4. Patrones de consumo en sistemas de distribución.

2.1.4.1 Curva de variación diario.

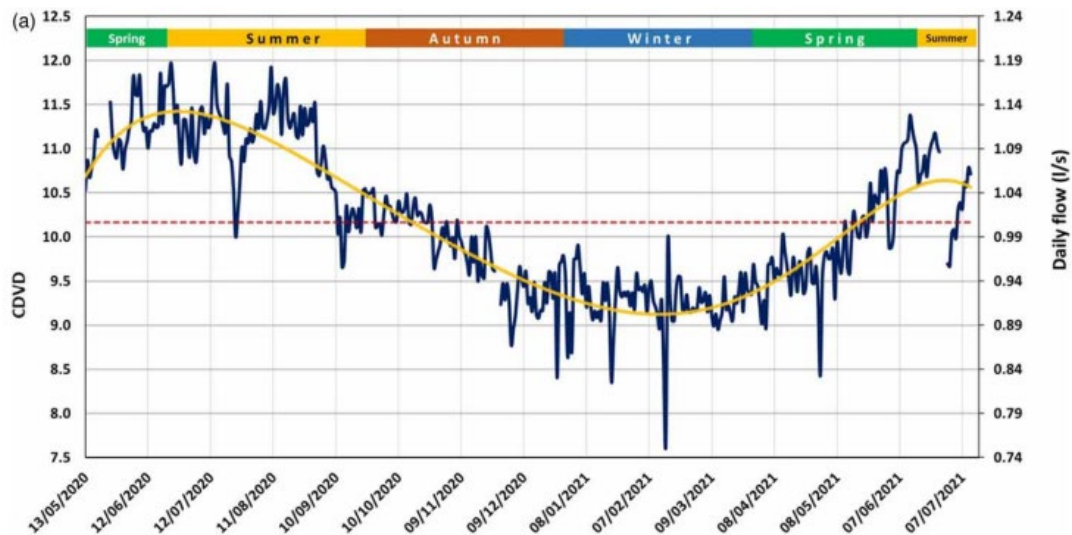


Figura 4 : Curva de variación diaria de la demanda de agua potable, sector Carruaje y sector Monte Verde.

Fuente: Hernández et al., (2023).

2.1.4.2 Curva de variación horario.

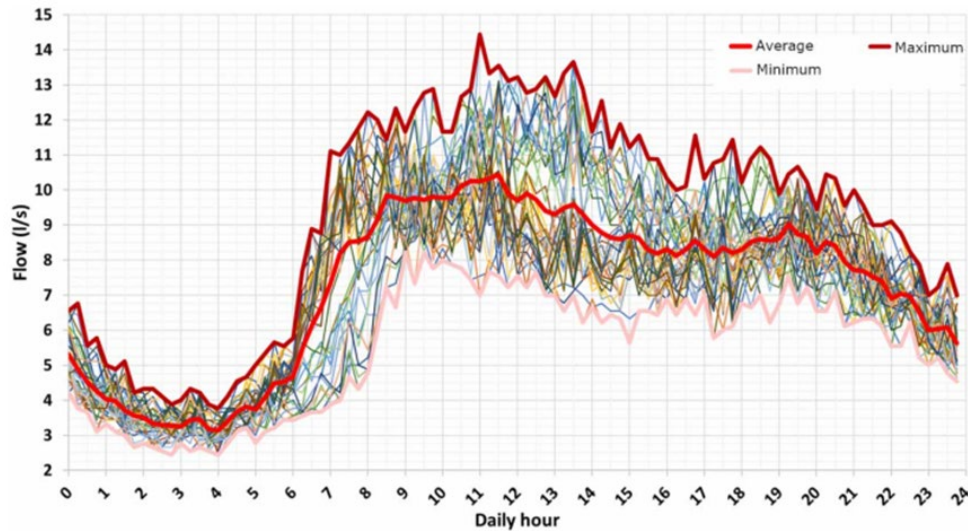


Figura 5 : Caudales horarios, sector Monte Verde.
Fuente: Hernández et al., (2023).

2.1.5. Medidores de caudal.

2.1.5.1 Tipo de medidores de caudal.

2.1.5.1.1 Micro medición.

La micro medición forma parte del sistema integral de medición de consumos, tiene por objetivo determinar los derechos del servicio medido de agua potable a través del volumen consumido periódicamente por los usuarios que cuentan con una toma domiciliaria, esta información es fundamental para llevar un buen registro en el padrón de usuarios, conocer el histórico por mes sobre los consumos realizados por cada usuario y determinar cuál debe ser el cobro equitativo de acuerdo al volumen consumido en metros cúbicos (m^3) durante el periodo registrado, con base en lo establecido en el plan tarifario que el organismo operador tenga autorizado aplicar para la población correspondiente.

- **Medidores de chorro único.**

Dispositivos compuestos por un rotor de turbina que gira alrededor de un eje perpendicular al flujo de agua en un medidor ver Figura 6, se denomina chorro único si el chorro hace contacto con la periferia del rotor en un solo lugar.

El medidor de chorro único, su principio de funcionamiento se basa en el movimiento del agua sobre un rotor con una única entrada en forma de un sólo chorro tangencialmente dirigido. El movimiento de la turbina se transmite magnéticamente al registro donde se realiza la lectura, esta se realiza por agujas, tambores numerados, de esfera transparente y resistente al maltrato. (Comisión Nacional del Agua, 2019, pág. 173)



Figura 6 : Vista interior del micromedidor.
Fuente: Comisión Nacional del Agua, (2015).

2.1.5.1.2 Macro medición.

La macro medición es el elemento fundamental para medir y registrar los volúmenes de agua que se extraen u obtienen de una fuente de abastecimiento, ya sea subterránea (acuífero-pozo profundo) o superficial (río, presa, lago, etc.). El objetivo fundamental es conocer los caudales realmente extraídos de acuerdo a los volúmenes concesionados y de esta manera conocer la cantidad de agua producida y determinar la eficiencia global como producto de la eficiencia física y la eficiencia comercial. (Comisión Nacional del Agua, 2019, pág. 149)

- **Medidor electromagnético.**

Estos medidores están conformados por un tubo metálico donde se encuentran instalados los sensores y las bobinas para sensar el paso del flujo del agua, ver Figura 7, el cual generalmente es de acero inoxidable o aluminio, ya que las propiedades magnéticas de estos materiales son bajas, recubierto con neopreno, plástico, teflón, cerámica o cualquier

material no magnético y no conductor, el principio de su funcionamiento es con base en la Ley de Inducción de Faraday cuando un fluido conductor pasa a través de un campo magnético en el sensor. Primero se genera un campo magnético pulsante y la señal de voltaje producida por el flujo en movimiento a través del campo magnético es convertida en unidades de caudal directamente proporcionales al caudal del líquido que pasa a través del campo magnético existente dentro de un medidor, ver Figura 7, se genera un voltaje, este voltaje es directamente proporcional a la velocidad promedio del flujo lo que el transductor contabiliza y despliega en pantalla.

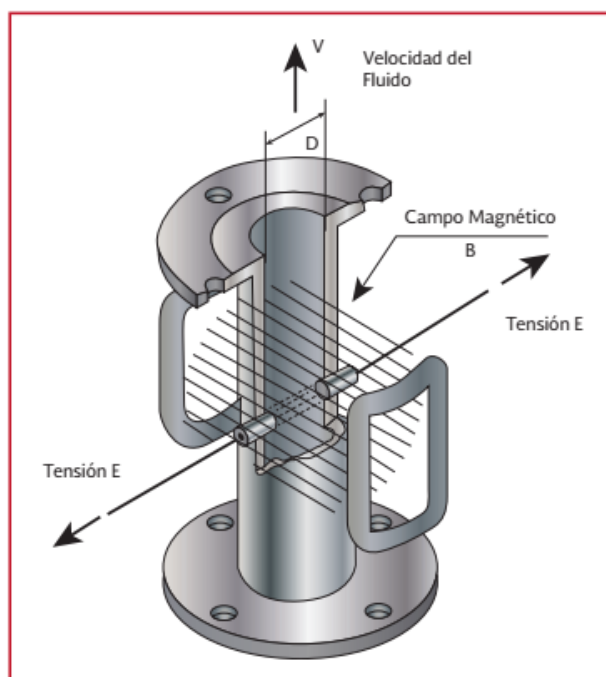


Figura 7 : Ejemplo de campo magnético para sensar el flujo
Fuente: Comisión Nacional del Agua, (2015).

La macro medición se realiza mediante un medidor electromagnético instalado en el sistema de distribución de la marca Endress+Hauser.

- **Proline Promag W 800.**

El proline promag W 800 es un caudalímetro electromagnético diseñado para medir el flujo de líquidos con una conductividad mínima de $20 \mu\text{S/cm}$. Este dispositivo se utiliza en diversas aplicaciones industriales, incluyendo el tratamiento de agua, procesos químicos y petroquímicos.

- **Características del Producto:**

- Tecnología de Medición: Utiliza el principio de inducción electromagnética, según la ley de Faraday, para medir el flujo volumétrico de líquidos.
- Diseño: Disponible en dos versiones:

Compacta: Transmisor y sensor en una única unidad.

Separada: Transmisor y sensor montados en lugares distintos, lo que permite flexibilidad en la instalación.

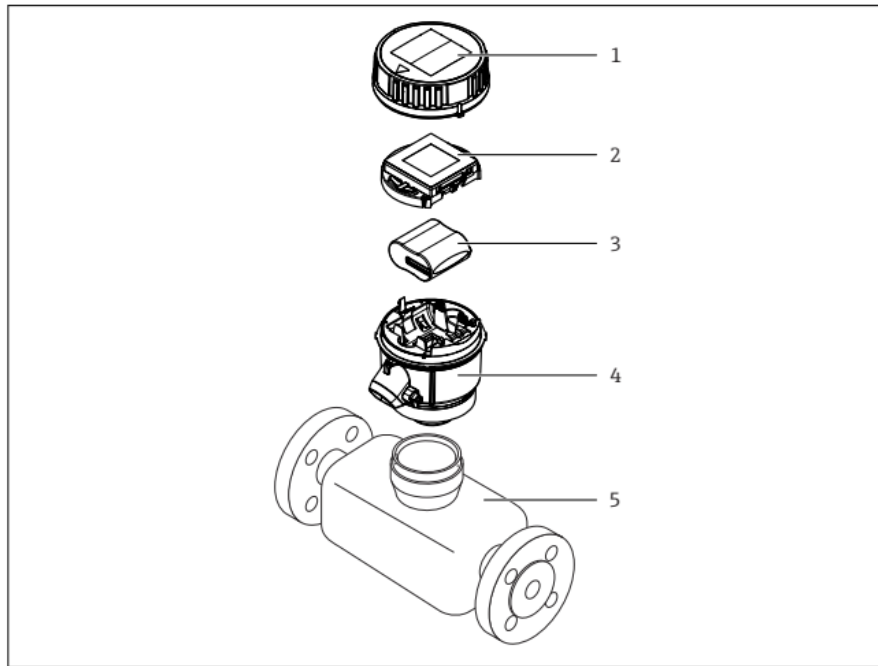
- Precisión: Ofrece alta precisión en la medición, con un error medido máximo de $\pm 0.5\%$ de la lectura.
- Conectividad: Equipado con opciones de conectividad, incluyendo Bluetooth para la configuración y monitoreo a través de la aplicación SmartBlue.
- Construcción Robustez: Fabricado con materiales resistentes a la corrosión, adecuado para entornos exigentes. Cumple con los estándares de protección IP66/67, garantizando su uso en condiciones húmedas.
- Mantenimiento Mínimo: Diseñado para requerir poco mantenimiento, con funciones de autodiagnóstico para facilitar la detección de problemas.

Aplicaciones:

Ideal para el control de procesos en industrias donde se requiere medir el flujo de líquidos, como en plantas de tratamiento de agua, industrias químicas, y sistemas de riego.

En resumen, el Proline Promag W 800 es un caudalímetro electromagnético versátil y fiable, adecuado para una amplia gama de aplicaciones industriales, con un fuerte enfoque en la precisión y la facilidad de uso. El equipo comprende un transmisor y un sensor. **Proline Promag 800.**

Versión compacta: el transmisor y el sensor forman una única unidad mecánica.
(Endress+Hauser EH, 2022, pág. 98)



- 1 Tapa de la caja del transmisor
- 2 Módulo indicador
- 3 Conjunto de baterías
- 4 Caja del transmisor
- 5 Sensor

Figura 8 : Partes Caudalímetro Electromagnético.
Fuente: Endress+Hauser EH, (2022).



Figura 9 : Caudalímetro Electromagnético.
Fuente: Endress+Hauser EH, (2022).

2.2 Marco conceptual.

1. **Residuos Sólidos.** Se considera a cualquier material o sustancia que deja de tener valor para su propietario y, por lo tanto, se desecha. Entre estos materiales, podemos encontrar una amplia gama de objetos, como envases de plástico hasta restos de comida.
2. **Cooperativa.** Organización de personas que se unen voluntariamente para trabajar en conjunto en una empresa con el objetivo de satisfacer sus necesidades y aspiraciones económicas, sociales y culturales:
3. **Zona Piloto.** Lugar donde se prueba de manera controlada y en menor escala una idea o proyecto para evaluar su viabilidad y efectividad.
4. **Micro medidor.** Dispositivo que registra el volumen de agua que pasa de la red de distribución a los domicilios.
5. **Macro medidor.** Dispositivo que se instala en un sistema de acueducto para medir la cantidad de agua que se extrae de una fuente.
6. **Consultora.** Empresa o persona que brinda asesoría profesional en un área específica. Las consultoras pueden brindar apoyo a empresas, gobiernos, organizaciones, países, o grupos de empresas.
7. **Proyectista.** Profesional que se encarga de diseñar, calcular, presupuestar y redactar proyectos de construcción, ya sean artísticos, industriales o de otro tipo.
8. **Censo.** Recuento de la población, hogares y viviendas de un país en un momento determinado.
9. **Presión de Servicio.** Fuerza con la que el agua sale de las redes de distribución en un punto específico.
10. **Dotación.** Cantidad de agua que se asigna a cada habitante, teniendo en cuenta todos los consumos y las pérdidas físicas del sistema de distribución.
11. **Licitación.** Procedimiento legal y competitivo para adquirir bienes, obras o servicios.

12. **Preinversión.** Primera etapa de un proceso de inversión pública, en la que se realizan estudios para definir la viabilidad de un proyecto. En esta etapa se analizan los aspectos técnicos, económicos, financieros, institucionales, sociales y ambientales del proyecto.
13. **Gestión Hídrica.** Proceso de planificar, desarrollar y administrar los recursos hídricos en términos de cantidad y calidad.
14. **Endress+Hauser.** Proveedor de automatización e instrumentación de laboratorio y procesos que opera a nivel mundial con sede en Suiza.
15. **Neopreno.** Caucho sintético versátil, conocido técnicamente como policloropreno, famoso por ser impermeable, duradero, resistente a productos químicos y térmicamente estable, con flexibilidad en un amplio rango de temperaturas (-25°C a 100°C).
16. **SmartBlue.** Aplicación móvil de Endress+Hauser para configurar instrumentos industriales vía Bluetooth.
17. **Bluetooth.** Tecnología inalámbrica de corto alcance (banda 2.4 GHz) que conecta dispositivos móviles y PCs con periféricos (auriculares, teclados, ratones) sin cables.

2.3 Marco espacial.

El área o sistema de abastecimiento de agua potable en estudio se encuentra ubicado en el departamento de Tarija, en la provincia Cercado, ciudad de Tarija en el barrio Luis Espinal.

La zona de estudio se encuentra ubicado aledañas al colegio U.E. Santa Ana y el Hospital Palmarcito delimitado por la Av. Gamoneda y Av. Sanandita. El tanque de Almacenamiento se encuentra emplazado en las siguientes coordenadas geográficas 21°31'39,02"S, 64°42'27,93"O y con una altitud de 1.881 m.s.n.m. Dado que se trata de un barrio consolidado y cuenta con un sistema de control operativo las 24 horas del día, se eligió este sistema para el trabajo investigativo correspondiente.



Figura 10: Imagen satelital del barrio Luis Espinal.
Fuente: Elaboración propia (Google Earth).

2.4 Marco temporal.

En el presente trabajo de investigación, los datos de macro medición utilizados es información que se midió desde que se instaló el macro medidor (Promag W 800) en el sistema del barrio de Luis Espinal y esta información es horaria de un año completo comprendida entre los periodos 2024 y 2025, y para la micro medición es información que está comprendida entre los periodos de 2020 y 2024.

CAPÍTULO III

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA.

3.1 Las actividades realizadas para lograr el objetivo planteado.

1) Recopilación de información.

Se realizaron las gestiones pertinentes entre las instituciones Universidad Autónoma Juna Misael Saracho (U.A.J.M.S.) y la Cooperativa de Servicios Públicos de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario Tarija (COSAALT R.L.) mediante cartas de solicitud respaldadas por el director de carrera, en virtud del convenio institucional existente. El objetivo es obtener la información relevante y necesaria para el desarrollo de la presente investigación, la cual incluye datos sobre los volúmenes y caudales de agua registrados por el macro medidor (Promag W 800) en la entrada del sistema de abastecimiento de agua potable del barrio Luis Espinal, así como los volúmenes de consumo mensual de micro medición de las viviendas conectadas a dicho sistema.

2) Análisis de la información proporcionada.

Se llevó a cabo un análisis crítico y sistemático de la información proporcionada por COSAALT R.L. Se verificó que los datos del macro medidor (Promag W 800) estén a nivel diario y horario, tanto en términos de caudales como de volúmenes de consumo del sistema. Además, se aseguraron el tiempo y la cantidad de datos de la micro medición necesarios para sustentar el presente trabajo de investigación.

3) Trabajo de campo.

Se llevó a cabo un censo de población dirigido a todos los vecinos del barrio Luis Espinal que están conectados al sistema de abastecimiento de agua potable. El objetivo fue cuantificar el número de habitantes en cada domicilio y el total en todo el barrio. Este censo es fundamental para determinar la dotación media diaria de agua por persona en el área en estudio, asegurando que los resultados sean representativos.

4) Trabajo de Gabinete.

Se sistematizaron todos los datos históricos de varios años proporcionados por COSAALT R.L., así como los recolectados en campo por mí de manera in situ. Esto permitirá

resumir la información en tablas específicas para un mejor manejo en el presente trabajo de investigación y facilitará el orden de los datos necesarios para llevar a cabo los cálculos correspondientes.

5) Elaboración de tablas resumen.

Se elaboraron tablas resumen en las que se sistematiza la información proporcionada por COSAALT R.L. y la obtenida in situ por mí. Estas tablas facilitarán su aplicación en futuros cálculos. Además, se crearon gráficas de Caudal vs. Tiempo y Volumen vs. Tiempo, que mostrarán la variación del agua consumida que ingresa al sistema de abastecimiento, tanto a niveles diarios como horarios y de manera mensual.

6) Determinación del coeficiente de variación de caudal máximo diario (k_1).

Con base en los datos sistematizados en tablas y gráficas a nivel diario, así como en la información del macro medidor (Promag W 800) del sistema de abastecimiento de agua potable, se calculó el coeficiente de variación del caudal máximo diario, denominado (k_1)¹.

A continuación, se presenta la fórmula utilizada para este cálculo.

$$k_1 = \frac{Q_{m\acute{a}x.d}}{Q_{md}}$$

Donde:

$Q_{m\acute{a}x.d}$ = Caudal máximo diario, en l/s.

k_1 = Coeficiente de caudal máximo diario.

$k_1 = 1,20$ a $1,50$

Q_{md} = Caudal medio diario, en l/s.

7) Determinación del coeficiente de variación de caudal máximo horario (k_2).

Con base en los datos sistematizados en tablas y gráficas a nivel horario, así como en la información del macro medidor (Promag W 800) del sistema de abastecimiento de agua potable, se calculó el coeficiente de variación del caudal máximo horario, denominado (k_2)¹.

¹ Instalaciones de agua – Diseño para sistemas de agua potable. NB 689, (2004).

A continuación, se presenta la fórmula utilizada para este cálculo.

$$k_2 = \frac{Q_{m\acute{a}x.h}}{Q_{m\acute{a}x.d}}$$

Donde:

$Q_{m\acute{a}x.h}$ = Caudal máximo horario, en l/s.

k_2 = Coeficiente de caudal máximo horario.

$Q_{m\acute{a}x.d}$ = Caudal máximo diario, en l/s.

8) Cálculo de la dotación media diaria.

La dotación media diaria se calculó para todo el barrio, utilizando las lecturas mensuales de micro medición realizadas por COSAALT R.L. en el último mes, junto con los datos obtenidos en campo. Una vez que se disponga de la información para cada usuario, se promediarán los datos para determinar la dotación media diaria del sistema de abastecimiento de agua potable del barrio Luis Espinal, en la ciudad de Tarija.

A continuación, se presenta la fórmula utilizada para este cálculo.

$$D_f = \frac{Q_{md} * 86.400}{P_f}$$

Donde:

Q_{md} = Caudal medio diario, en l/s.

P_f = Población futura, en hab.

D_f = Dotación futura, en l/hab/d.

9) Cálculo del coeficiente de variación anual de la dotación (d).

El coeficiente de variación anual de la dotación se analizó y calculó específicamente a partir de la variación en los consumos mensuales históricos de las viviendas conectadas al sistema de abastecimiento de agua potable del barrio Luis Espinal. Se utilizaron aproximadamente cuatro años de información, lo cual proporciona una base representativa y precisa para el análisis. A continuación, se presenta la fórmula utilizada para este cálculo.

$$d = \left[e^{\frac{\ln\left(\frac{D_f}{D_o}\right)}{t}} - 1 \right] * 100$$

Donde:

D_f = Dotación futura, en l/hab/d.

D_o = Dotación inicial, en l/hab/d.

d = Variación anual de la dotación, en porcentaje.

t = Numero de años de estudio, en años.

10) Preparación de documento final.

Como último paso, se procedió a elaborar el documento final, en el cual también se realizará el análisis de los resultados obtenidos en este estudio de investigación y se verificará el cumplimiento de la norma boliviana NB 689. Además, se redactarán los resultados, conclusiones y recomendaciones correspondientes para la conclusión final de todo el proyecto.

CAPÍTULO IV

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y RESULTADOS.

4.1 Delimitación zona de estudio.

La zona de estudio o investigación se centra en el barrio Luis Espinal de la ciudad de Tarija, que abarca 24 manzanos consolidados, ubicado con las siguientes coordenadas geográficas 21°31'46,43"S y 64°42'32,03"O. Esta área se ha delimitado de acuerdo al área de aporte del sistema de abastecimiento de agua potable mediante un tanque elevado y funcionamiento continuo 24hr del día que tiene el mismo.

La zona en estudio es un área consolidada desde hace mucho tiempo, es una zona que ya está integrada en la mancha urbana y cuenta con servicios urbanos básicos como agua, electricidad, internet, alcantarillado y acceso vial, además de una alta densidad de construcciones y viviendas, lo que garantiza que los datos obtenidos sean confiables, precisos y proporcionen mayor certeza sobre los resultados que se puedan obtener del mismo.

Parte de la delimitación de la zona de estudio está en función de las válvulas de cierre que son herméticas que se tiene el sistema lo cual corta el suministro de agua a otras áreas de la ciudad de Tarija, lo cual se refleja en que el área de aporte mostrado en la Figura 11, es de forma irregular.

El sistema de medición utilizado en el sistema de distribución de agua potable se controla las 24 horas del día. Se cuenta con un sistema de macro medición electromagnético (Promag W 800) de última tecnología debido al monitoreo constante que debe hacer la EPSA (COSAALT R.L.) para cumplir con las exigencias de la AAPS para tener un control constante sobre los sistemas de distribución y dar un mejor servicio a la población y micro medición en cada vivienda de la zona de estudio. Esto permite obtener resultados más precisos y confiables, reduciendo así los errores de medición que un ser humano puede cometer al hacerlos por su cuenta.

Como se puede observar en la Figura 11, se puede ver el área de influencia de la zona de estudio la cual abarca una gran área lo cual los resultados obtenidos, serán de gran importancia al ser representativos del barrio Luis Espinal para la ciudad de Tarija.

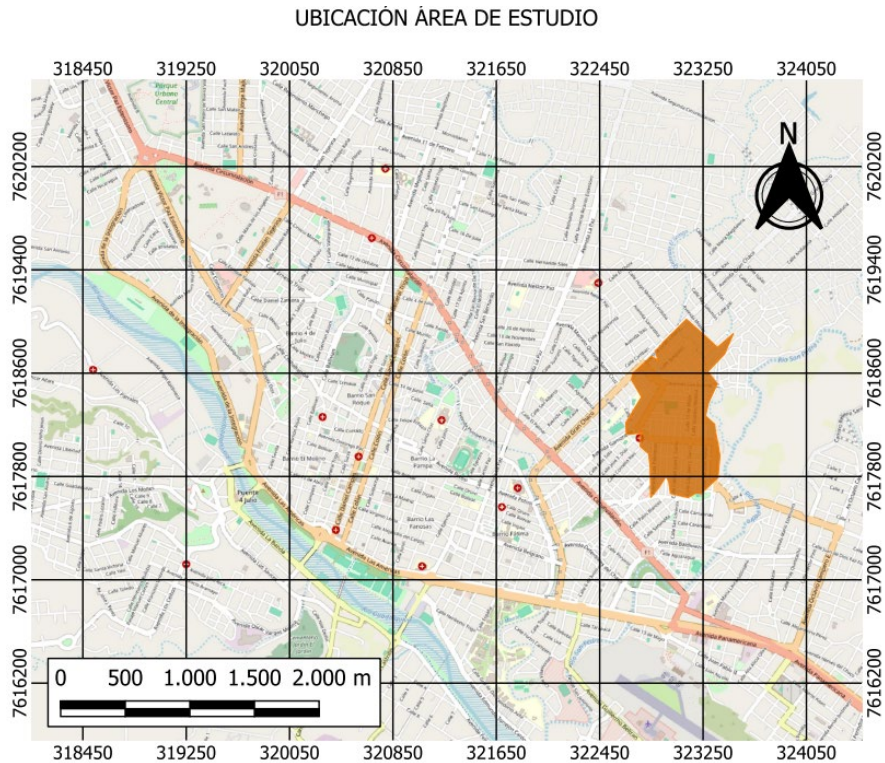


Figura 11 : Ubicación de la zona de estudio en la ciudad de Tarija
Fuente: Elaboración propia (QGIS)

4.2 Visita técnica estación de bombeo.

Para un mejor estudio del sistema se realizó una visita técnica gracias a las gestiones de la universidad, desarrollándose en la estación de bombeo donde se pudo recabar información importante durante la misma la cual ayuda a entender el comportamiento del mismo o eventos que pudiesen ocurrir en su funcionamiento.

Para concretar el análisis del funcionamiento de la estación de bombeo se realizó una visita técnica en colaboración con personal técnico de la EPSA (COSAALT R.L.), en la cual se explicó como está integrado todo el sistema para el buen funcionamiento del mismo y respectivamente sobre los mismos pozos que alimentan al sistema de abastecimiento de agua potable.

En la Figura 12, se muestra a ingenieros e técnicos de COSAALT R.L. explicando el funcionamiento desde que se extrae el agua desde el subsuelo hasta ser distribuido a la población.



Figura 12 : Visita técnica (COSAALT R.L.).
Fuente: Elaboración propia.

4.2.1. Componentes del Sistema de abastecimiento.

El sistema de abastecimiento de agua potable del barrio Luis Espinal es un sistema alimentado mediante agua subterránea por dos pozos profundos Luis Espinal A y Luis Espinal B los cuales trabajan año redondo y su volumen de producción se almacenan a un tanque elevado que está ubicado sobre la Av. Gamoneda y Av. Luis Espinal, que se muestra en la Figura 13.

4.2.1.1 Tanque de Almacenamiento.

El tanque de almacenamiento es un tanque elevado de geometría circular de hormigón armado y tiene una capacidad de 150 m³ y se encuentra a 20 m de altura garantizando una presión de servicio de 20 m.c.a. cumpliendo exigencias de la AAPS como mínimo a los usuarios dependientes del sistema. Y cuenta con todos sus componentes necesarios para operación y mantenimiento del mismo.



Figura 13 : Tanque elevado Luis Espinal.
Fuente: Elaboración propia.

4.2.1.2 Fuentes de Abastecimiento

Los pozos de producción de Luis Espinal A y Luis Espinal B son los que abastecen al sistema tomando en cuenta que el pozo Luis espinal A se encuentra en el mismo predio de la estación de bombea con un caudal medio mensual de 5,91 l/s mediante una tubería de aducción de 3 pulg de fierro fundido y el pozo Luis Espinal B se encuentra a 200 m de distancia del tanque elevado el cual bombea un caudal medio mensual de 6,73 l/s mediante una tubería de aducción de 6 pulg de fierro fundido.

En la Figura 14 se muestra la aducción del pozo de Luis Espinal A y la conexión del dosificador de cloro.



Figura 14 : Pozo Luis Espinal A y tubería de aducción.
Fuente: Elaboración propia.

La Figura 15 y 16, se muestra los caudales de bombeo medios mensuales de todo 2024 de los dos pozos que alimentan al sistema la cual se puede ver que un pequeño declive en el mes de junio.

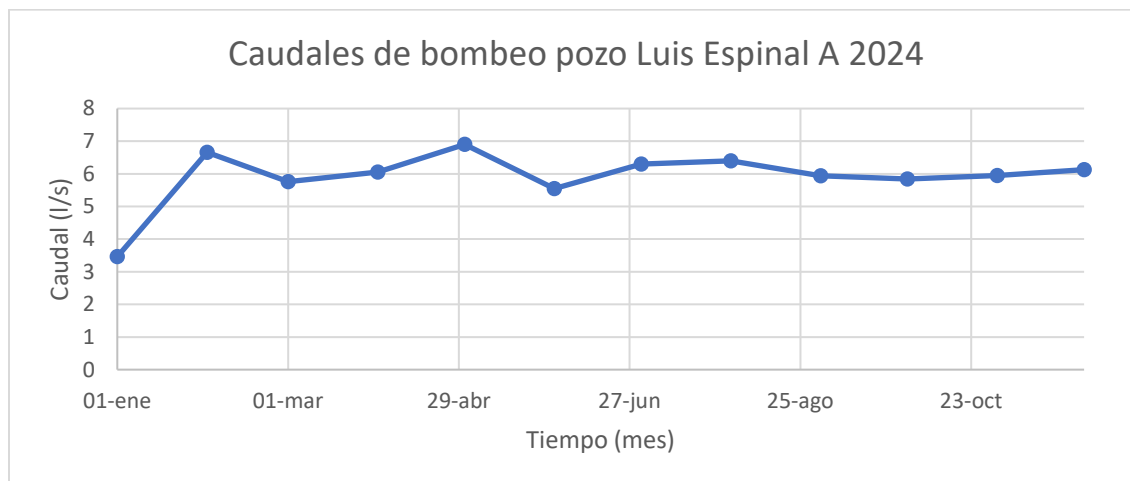


Figura 15: Caudal de bombeo
Fuente: Elaboración propia en colaboración COSAALT R.L.

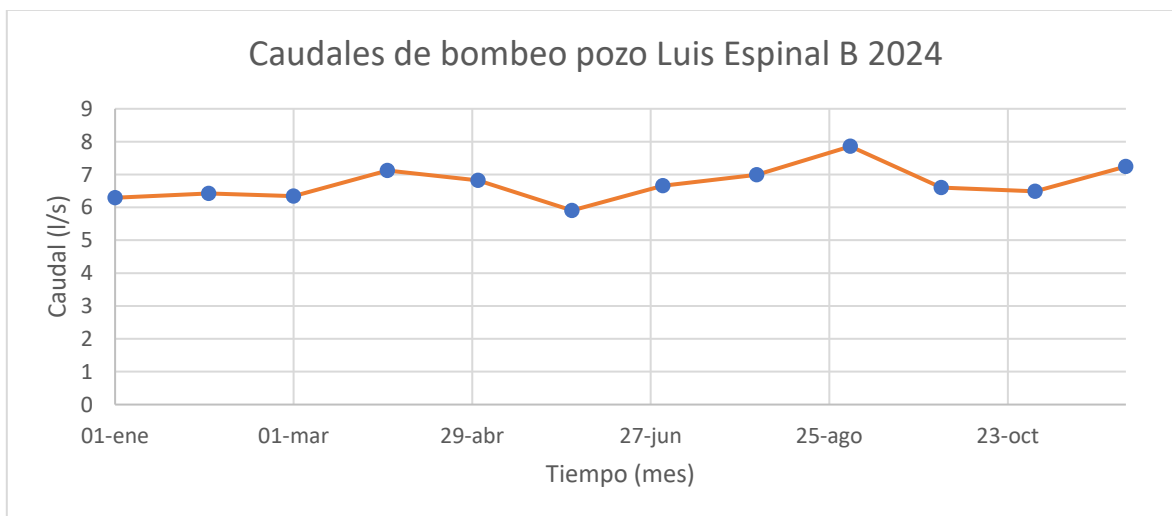


Figura 16: Caudal de bombeo
Fuente: Elaboración propia en colaboración COSAALT R.L.

4.2.1.3 Sistema de Desinfección.

El sistema de abastecimiento de agua potable de Luis Espinal tiene un sistema de desinfección mediante un dosificador de cloro que inyecta cloro líquida en una cantidad determinada mediante una bomba presurizadora de unos 10 golpes por minuto, en la tubería de aducción de 3 pulg antes de su almacenamiento en el tanque elevado con el objetivo de

garantizar la calidad de agua que se entrega a los usuarios, cumpliendo las normas de calidad de agua de la norma boliviana NB 512.



Figura 17 : Sistema de Desinfección por cloración.
Fuente: Elaboración propia.

4.2.1.4 Sistema de Macro medición.

Como se mostró en la Figura 7 y 8, la cajita que mide el volumen (m^3), caudal (m^3/h) y presión (Bar) es el transmisor de color blanco, y el Logger es el que se observa alado y manda la información del transmisor al sistema informático controlado por internet.



Figura 18 : Sistema de Macro medición (Promag W 800).
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 19, se muestra que se tiene el medidor electromagnético conectado a la tubería de distribución del sistema, el cual registra el volumen (m^3) y caudal (m^3/h) que se entrega al sistema y también un sensor de presión el cual mide para garantizar una presión de servicio (Bar) en la red.



Figura 19 : Tubería de distribución a la red.
Fuente: Elaboración propia.

4.2.1.5 Red de distribución

La red de distribución es compleja del sistema de abastecimiento de Luis Espinal ya que abarca no solo el barrio de Luis Espinal sino también parte de los barrios de 7 de septiembre, Moto Méndez y Bartolomé Attard. Haciéndolo un sistema grande y representativo.

La red este compuesto por varios números de diámetros como ser de 2 pulg, 2 ½ pulg y 3 pulg de PVC, también de válvulas de reguladoras de presión que se operan de manera efectiva para garantizar una correcta presión de servicio que se entrega a la población en general.

En la Figura 20, se puede observar a detalle cómo está distribuido la red y sus diferentes componentes del sistema de distribución de agua potable.

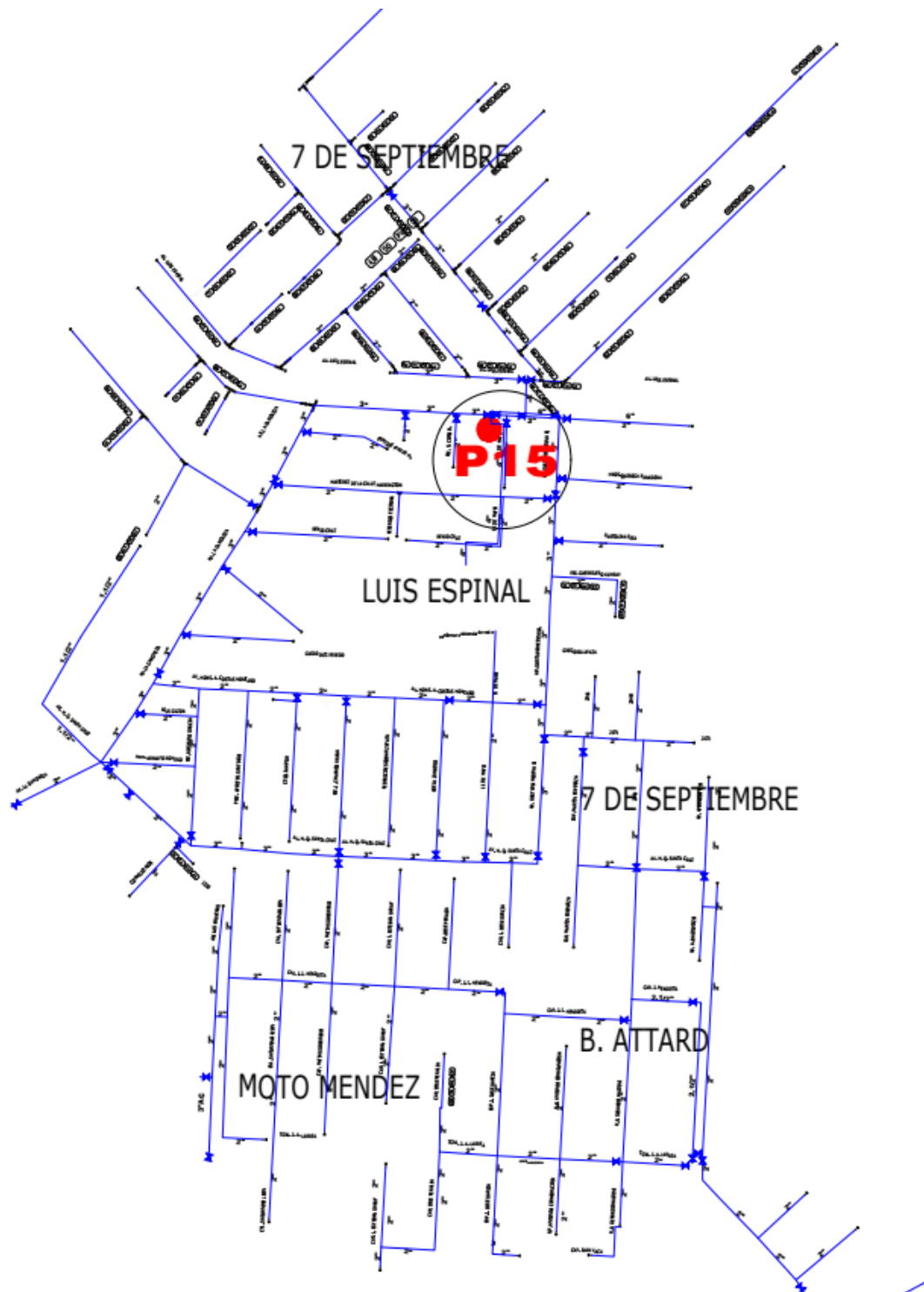


Figura 20 : Red de distribución Luis Espinal
Fuente: COSAALT R.L.

4.3 Sistematización de datos.

Una vez obtenido la información relevante de volúmenes de consumo de la macro medición y la micro medición del sistema, gracias a la coordinación institucional entre la U.A.J.M.S. y COSAALT R.L. se realizó una previa verificación de la información y se procedió a hacer la sistematización de la información de manera electrónica mediante el software de Excel Microsoft haciendo uso de los filtros que cuenta el mismo, debido a que la base de datos es muy compleja con mucha información relevante lo cual se tardaría mucho y sería tedioso si se hace de manera manual.

4.3.1. Volúmenes horarios de consumo (Macromedidor).

Una vez sistematizado los datos de información proporcionados por COSAALT R.L., en la siguiente tabla se muestra los volúmenes de consumo horarios del mes de abril del sistema de abastecimiento de agua potable del barrio Luis Espinal.

Los datos que se muestran en la Tabla 4, son con un intervalo de tiempo de cada hora del día están en unidad de volumen (m^3), ya que es el volumen que se consumió de manera unitaria en cada hora del día durante las 24 horas para el sistema de abastecimiento.

Tabla 4 : Resumen de consumos horarios del sistema

h/d	ABRIL									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	01-abr	02-abr	03-abr	04-abr	05-abr	06-abr	07-abr	08-abr	09-abr	10-abr
0	36,78	36,80	36,20	35,78	34,81	36,44	35,84	34,03	34,66	34,31
1	31,45	32,78	33,65	34,45	31,47	33,03	32,56	32,56	30,78	32,06
2	30,78	33,45	30,87	31,78	30,22	30,88	31,56	31,06	29,59	30,88
3	31,86	32,65	31,01	30,78	29,03	30,75	31,13	30,22	29,28	30,63
4	26,98	27,45	26,78	25,78	23,13	23,66	24,75	24,06	23,69	24,75
5	29,78	25,47	28,79	27,78	27,66	27,81	26,53	29,41	28,97	29,53
6	38,78	37,48	40,13	39,46	40,84	38,19	32,28	41,75	43,41	44,03
7	42,45	41,11	42,32	41,78	43,78	46,94	41,91	46,50	46,47	49,69
8	44,78	45,89	47,45	42,78	44,44	48,19	46,97	46,66	43,91	46,97
9	42,13	45,78	47,89	45,78	45,81	50,28	48,81	44,69	43,94	44,91
10	43,48	45,78	48,78	46,78	46,59	53,94	49,81	45,59	46,31	45,34
11	44,89	46,32	46,89	46,89	46,28	53,03	47,28	48,06	45,41	45,69
12	45,87	47,01	48,78	47,87	47,97	51,28	48,84	46,50	45,06	45,13
13	43,45	46,78	43,65	45,65	46,03	48,63	46,34	47,75	47,78	47,41
14	44,98	44,45	44,32	45,32	45,69	48,63	44,16	47,00	45,03	45,69

Continuación de la Tabla 4.

h/d	ABRIL									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	01-abr	02-abr	03-abr	04-abr	05-abr	06-abr	07-abr	08-abr	09-abr	10-abr
15	45,67	43,87	44,11	44,87	44,41	52,06	44,84	45,03	44,03	43,72
16	52,79	43,89	46,19	44,89	44,56	52,94	44,94	45,47	43,38	42,66
17	48,88	42,78	40,47	41,78	42,50	52,44	41,63	43,88	44,03	43,19
18	42,33	41,99	39,49	40,99	40,22	48,94	41,06	43,16	43,13	42,25
19	37,78	37,64	38,64	39,64	38,50	43,53	39,81	41,19	40,25	38,84
20	37,58	37,78	37,45	38,78	37,69	42,88	38,66	37,59	39,00	38,59
21	37,11	36,65	40,13	38,65	37,28	39,63	38,16	37,75	38,19	38,81
22	36,45	36,48	38,78	38,78	36,09	37,13	35,06	37,91	36,75	38,00
23	37,89	36,21	42,12	40,21	40,47	39,56	37,78	40,38	38,91	40,81

Fuente: Elaboración propia en colaboración COSAALT R.L.

Tabla 5 : Resumen de consumo horario del sistema

h/d	ABRIL									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	11-abr	12-abr	13-abr	14-abr	15-abr	16-abr	17-abr	18-abr	19-abr	20-abr
0	36,22	33,22	35,47	33,59	32,28	32,34	32,59	32,22	33,25	33,19
1	31,78	30,53	31,28	31,00	30,16	30,41	29,41	29,81	30,50	29,78
2	30,50	29,59	29,59	29,78	29,31	29,63	28,41	28,81	29,25	28,97
3	30,00	29,78	29,88	29,31	28,94	28,91	27,94	28,31	28,66	28,69
4	23,88	24,06	24,06	23,19	23,44	23,56	23,38	23,69	28,94	23,31
5	29,09	28,03	27,22	26,47	26,03	27,72	27,50	28,03	32,00	26,84
6	40,19	39,75	35,03	31,72	32,88	42,88	41,00	40,81	44,19	37,09
7	44,75	48,19	43,06	38,66	37,75	48,31	45,16	46,50	50,72	45,75
8	40,66	48,34	47,69	43,94	45,75	43,97	43,50	44,91	45,06	48,59
9	41,28	48,06	48,41	49,56	51,06	44,13	45,09	44,97	44,56	51,41
10	41,56	45,56	51,13	50,22	54,41	46,47	46,44	44,47	45,13	54,94
11	43,03	47,06	50,53	50,56	54,25	46,53	44,84	45,19	44,44	55,13
12	42,75	44,00	48,56	51,34	54,31	48,63	44,78	45,47	46,63	52,88
13	43,78	42,84	46,00	46,31	47,16	47,97	48,03	48,75	47,28	49,41
14	41,03	44,75	46,34	44,75	46,81	47,09	48,56	46,72	48,38	51,22
15	38,38	42,34	45,91	44,72	47,50	44,03	45,13	45,31	41,41	53,78
16	39,09	43,66	45,59	43,66	48,63	44,50	44,84	47,91	45,19	53,09
17	40,19	43,25	45,47	45,22	47,88	44,34	43,63	45,53	47,06	50,97
18	38,25	40,25	43,66	44,31	45,44	40,28	41,78	41,28	57,63	47,44

Continuación de la Tabla 5.

h/d	ABRIL									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	11-abr	12-abr	13-abr	14-abr	15-abr	16-abr	17-abr	18-abr	19-abr	20-abr
19	35,09	37,53	41,38	40,56	41,41	38,63	38,34	37,94	46,31	42,66
20	34,56	35,81	39,13	36,53	38,06	36,44	38,31	37,56	37,69	38,56
21	35,25	34,56	37,81	34,72	36,38	35,72	38,03	38,38	38,38	37,38
22	33,25	34,78	36,56	32,78	33,69	34,22	35,09	35,44	37,72	36,81
23	36,56	38,16	39,16	35,25	35,72	35,91	36,19	36,69	38,84	38,97

Fuente: Elaboración propia en colaboración COSAALT R.L.

Tabla 6 : Resumen de consumos horarios del sistema

h/d	ABRIL									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	21-abr	22-abr	23-abr	24-abr	25-abr	26-abr	27-abr	28-abr	29-abr	30-abr
0	33,81	32,69	31,69	32,75	31,91	41,34	33,84	32,47	32,59	31,75
1	31,56	30,09	29,09	29,06	29,88	37,84	30,81	30,44	29,94	29,41
2	29,66	28,78	27,53	28,44	27,28	35,44	29,03	29,38	29,13	27,75
3	29,72	29,00	27,34	27,78	27,03	35,25	28,38	28,78	28,28	27,41
4	24,22	24,00	23,31	22,97	22,47	22,13	23,97	24,44	23,19	23,06
5	26,31	28,44	27,91	28,34	27,78	27,25	27,59	26,53	28,38	27,84
6	32,63	44,09	41,16	43,03	42,78	43,56	38,78	32,50	42,41	40,81
7	43,59	48,19	45,59	47,44	46,19	49,28	45,31	41,66	47,63	45,31
8	50,41	47,59	44,53	49,38	44,75	48,06	48,50	48,25	47,34	44,81
9	53,50	48,38	45,38	49,78	44,44	46,66	51,19	51,84	47,88	47,44
10	53,94	50,22	48,03	48,97	43,69	48,31	52,03	51,56	47,44	48,66
11	57,25	47,81	47,34	47,06	44,88	46,97	50,28	54,34	46,66	45,91
12	55,03	46,81	46,09	47,34	45,88	49,84	50,78	52,38	45,56	45,06
13	50,75	48,47	46,09	47,75	47,25	50,34	48,03	47,56	47,00	46,59
14	47,63	45,69	44,56	47,13	44,56	49,53	49,88	47,38	44,59	44,66
15	47,41	45,34	48,53	45,94	48,41	49,72	52,09	46,38	45,19	44,41
16	49,97	43,38	41,81	46,84	44,63	49,22	52,69	48,16	45,88	43,91
17	50,22	43,66	43,94	46,41	45,47	47,75	52,88	49,34	46,22	45,50
18	48,09	43,44	53,59	46,56	43,91	45,84	47,69	47,97	43,28	44,66
19	43,13	39,59	41,44	40,19	39,69	42,38	43,94	42,84	38,72	41,59
20	43,13	37,69	39,41	38,06	37,84	41,88	39,63	42,81	37,84	37,44
21	40,34	37,69	38,28	37,56	38,06	40,59	37,84	39,91	37,91	36,09
22	38,06	36,41	37,16	35,53	36,59	38,19	35,47	36,63	35,91	36,16
23	37,81	35,75	37,44	38,03	45,97	39,88	37,13	37,56	35,78	37,69

Fuente: Elaboración propia en colaboración COSAALT R.L.

4.3.2. Volúmenes diarios de consumo (Macro medidor).

Los volúmenes de consumo diarios que se muestran a continuación, son una sumatoria de los volúmenes de consumo horarios de cada día del mes de abril que se mostraron en las Tablas 4, 5 y 6, están en una unidad de volumen (m³), la información del sistema de abastecimiento de agua potable se muestra en la Tabla 7, 8 y 9, misma que detalla o muestra de manera específica las variaciones de consumo diario de todo el mes de abril.

Tabla 7 : Resumen de consumo diario del sistema

ABRIL										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	01-abr	02-abr	03-abr	04-abr	05-abr	06-abr	07-abr	08-abr	09-abr	10-abr
Volumen diario	954,92	946,49	964,89	957,25	945,47	1.030,75	950,72	968,19	951,94	963,88

Fuente: Elaboración propia en colaboración COSAALT R.L.

Tabla 8 : Resumen de consumo diario del sistema

ABRIL										
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	11-abr	12-abr	13-abr	14-abr	15-abr	16-abr	17-abr	18-abr	19-abr	20-abr
Volumen diario	891,13	934,13	968,91	938,16	969,22	942,59	937,97	944,69	989,19	1.016,84

Fuente: Elaboración propia en colaboración COSAALT R.L.

Tabla 9 : Resumen de consumo diario del sistema

ABRIL										
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	21-abr	22-abr	23-abr	24-abr	25-abr	26-abr	27-abr	28-abr	29-abr	30-abr
Volumen diario	1.018,16	963,19	957,25	972,34	951,31	1.027,25	1.007,75	991,09	954,72	943,91

Fuente: Elaboración propia en colaboración COSAALT R.L.

4.3.3. Volúmenes mensuales de consumo (Micro medidor).

La información de volúmenes de consumo mensual de micro medición brindada por COSAALT R.L. de los usuarios dependientes del sistema de agua potable se resumen en las siguientes Tablas 10 y 11, en la cual también se logra observar el código de medidor, consumo, fecha de lectura y categoría de usuario. En la Tabla 10, se muestran los consumos mensuales de los usuarios que corresponden al manzano N.º 91 que corresponde

al barrio Luis Espinal, en función de la identificación manzanal que maneja catastro de la ciudad de Tarija.

Tabla 10 : Resumen de consumos mensuales de micro medición

Codigo Medidor	Consumo (m ³)	Fecha Lecturacion	Categoria
10605	17	09/01/2020 11:12	1-DOMESTICA A
	12	06/12/2024 5:51	1-DOMESTICA A
11855	5	06/12/2024 0:00	1-DOMESTICA A
	17	09/01/2020 7:54	1-DOMESTICA A
51717	29	09/01/2020 7:54	1-DOMESTICA A
	19	06/12/2024 9:54	1-DOMESTICA A
10606	20	06/12/2024 9:54	1-DOMESTICA A
	16	09/01/2020 7:55	1-DOMESTICA A
41104	27	06/12/2024 10:10	1-DOMESTICA A
	36	09/01/2020 8:02	1-DOMESTICA A
10608	42	09/01/2020 8:03	1-DOMESTICA A
	28	06/12/2024 10:10	1-DOMESTICA A
10609	31	06/12/2024 10:11	1-DOMESTICA A
	38	09/01/2020 8:03	1-DOMESTICA A
38064	47	06/12/2024 5:49	1-DOMESTICA A
	42	09/01/2020 11:09	1-DOMESTICA A
10611	18	06/12/2024 5:52	1-DOMESTICA A
	12	09/01/2020 11:10	1-DOMESTICA A

Fuente: Elaboración propia en colaboración COSAALT R.L.

Tabla 11 : Resumen de consumos mensuales de micro medición

Codigo Medidor	Consumo (m ³)	Fecha Lecturacion	Categoria
38604	41	09/01/2020 7:57	5-ESP. A/COMER.II
	34	06/12/2024 9:58	5-ESP. A/COMER.II
12631	22	09/01/2020 7:57	1-DOMESTICA A
	11	06/12/2024 10:02	1-DOMESTICA A
10613	7	06/12/2024 10:02	1-DOMESTICA A
	17	09/01/2020 7:57	1-DOMESTICA A
30629	14	06/12/2024 10:03	1-DOMESTICA A
	9	09/01/2020 7:58	1-DOMESTICA A
52793	15	09/01/2020 7:58	1-DOMESTICA A
	19	06/12/2024 10:04	1-DOMESTICA A
10615	8	06/12/2024 10:05	1-DOMESTICA A
	3	09/01/2020 7:59	1-DOMESTICA A
14114	21	09/01/2020 8:01	1-DOMESTICA A
	22	06/12/2024 10:08	1-DOMESTICA A

Continuación de la Tabla 11.

Codigo Medidor	Consumo (m ³)	Fecha Lecturación	Categoría
50811	8	06/12/2024 10:09	1-DOMESTICA A
	17	09/01/2020 8:02	1-DOMESTICA A
10616	20	06/12/2024 9:55	1-DOMESTICA A
	21	09/01/2020 7:55	1-DOMESTICA A
50812	15	06/12/2024 9:56	1-DOMESTICA A
	106	09/01/2020 7:55	1-DOMESTICA A
12426	17	06/12/2024 9:56	1-DOMESTICA A
	19	09/01/2020 7:56	1-DOMESTICA A
10617	42	06/12/2024 9:57	1-DOMESTICA A
	43	09/01/2020 7:56	1-DOMESTICA A

Fuente: Elaboración propia en colaboración COSAALT R.L.

4.4 Poblacional.

4.4.1. Censo.

Un dato importante para determinar la dotación media diaria de nuestra zona de estudio se hizo un censo poblacional en el barrio Luis Espinal para poder determinar con exactitud cuantas familias viven y la cantidad de gente que vive en el barrio Luis Espinal.

Para el desarrollo de este Capítulo IV se procedió a realizar un censo poblacional a los usuarios conectados al sistema y categorizados según COSAALT R.L. como doméstico en nuestra zona de estudio, con el propósito de recolectar información necesaria para el presente estudio como: información del medidor, número de consumidores por vivienda.

Tabla 12 : Planilla Censal

CENSO POBLACIONAL 2025 B/LUIS ESPINAL				
Nº	Nombre	Dirección	Medidor	Número de habitantes
1	RAMOS GUADALUPE LOZANO	AV. M. SANTA CRUZ S/N	LAO-10605	5
2	MERCADO CLARITA DILMIA	MONS. A. ROMERO S/N.	HOL-11855	8
3	GUTIERREZ ROJAS ROSMERY MIRIAM	PJE. MONS. A. ROMERO Nº 1938	LAO-51717	6

Fuente: Elaboración propia

El mismo que se llevó a cabo el día sábado, 30 de agosto del 2025, en colaboración de un grupo de apoyo que ayudo a realizar el mismo, y nos dio un resultado de 390 familias que viven en el barrio Luis Espinal, con una población permanente de 1.905 personas en total del barrio que corresponden a una categoría doméstica en consumo de agua.

4.5 Cálculo de la dotación media diaria.

Para el cálculo de la dotación media diaria, se estableció determinar la dotación domestica ya que representa la mayor parte del volumen distribuido en los sistemas de abastecimiento de agua potable, de los cuales se identificó que existe 390 familias en el barrio Luis Espinal de la ciudad de Tarija, de los cuales a su vez hay 425 usuarios conectados al sistema de Luis Espinal según los datos proporcionados por la EPSA (COSAALT R.L.).

De los cuales los consumos mensuales de los usuarios se muestran en la Tabla 10 y 11, los mismos serán usados para el cálculo de la dotación media diaria y los datos obtenidos por el censo realizado en la zona de estudio.

La dotación se calculará con la siguiente formula proporcionada por la norma boliviana NB 689 que se muestra a continuación.

$$Q_{md} = \frac{P_f * D_f}{86.400}$$

Donde:

Q_{md} = Caudal medio diario, en l/s

P_f = Población futura, en hab.

D_f = Dotación futura, en l/hab/d

En función de esta fórmula se despeja la variable dotación futura (D_f), quedando de la siguiente manera la ecuación para el cálculo respectivo.

$$D_f = \frac{Q_{md} * 86.400}{P_f}$$

Analizando los 424 usuarios conectados al sistema y calculando para cada usuario, para determinar un valor representativo de la zona de estudio se procedió a hacer un promedio de las dotaciones calculadas dando un resultado final de:

$$D_f = 120,39 \text{ l/hab/d}$$

Este valor representa la dotación media diaria domestica de nuestra zona de estudio del barrio Luis Espinal, ya que es la que más influye en el diseño y consumo de sistemas de agua potable a comparación de los otros consumos que pueden existir.

4.6 Cálculo del coeficiente de variación anual de la dotación (d).

El coeficiente de variación anual de la dotación es un valor en porcentaje que nos da un indicativo de las variaciones de consumo a lo largo de los años en un sistema de distribución de agua potable, el cual es importante para la estimación de la dotación futura en el diseño de los componentes de un sistema de agua potable, los cuales para su cálculo se basó en los volúmenes de consumo mensuales de micro medición mostrados en las Tablas 10 y 11, tomando valores extremos con un intervalo de tiempo de 4 años desde 2020 al 2024.

Para el cálculo de esta variable se usará la formula general de la dotación futura que nos brinda la norma boliviana NB 689, que se muestra a continuación.

$$D_f = D_o \left(1 + \frac{d}{100} \right)^t$$

Donde:

D_f = Dotación futura, en l/hab/d

D_o = Dotación inicial, en l/hab/d

d = Variación anual de la dotación, en porcentaje

t = Numero de años de estudio, en años

De la misma despejando la variable de variación anual de la dotación (d) nos queda de la siguiente manera la ecuación usar en el presente trabajo de investigación.

$$d = \left[e^{\frac{\ln(D_f/D_o)}{t}} - 1 \right] * 100$$

Como ejemplo detallado se calculará para el medidor con código 10606 del manzano N.º 91 que tuvo un consumo de 16 m³ en enero del 2020 y 20 m³ en diciembre del 2024, dándonos un valor en porcentaje de 5,74%.

$$d = \left[e^{\frac{\ln(\frac{20}{16})}{4}} - 1 \right] * 100 = 5,74\%$$

Para un resultado final se sacó una variación anual para cada micromedidor conectado al sistema de agua potable del barrio Luis Espinal y para tener un dato representativo de la zona se hizo un promedio de todo el barrio el cual nos da un valor de:

$$d = -0,48\%$$

En la Figura 21, se muestra los volúmenes totales sumados de producción de los pozos Luis Espinal A y Luis Espinal B, en el cual se puede evidenciar que desde 2020 hasta el 2025 los volúmenes de bombeo fueron reduciendo.



Figura 21 : Producción de agua de pozos Luis Espinal A y B
Fuente: Elaboración propia en colaboración COSAALT R.L.

4.7 Cálculo del coeficiente de variación de caudal máximo diario (k_1).

Para el cálculo del coeficiente de variación de caudal máximo diario (k_1), se usó datos de volúmenes de consumo diario del sistema de abastecimiento los cuales se mostraron en las Tablas 7, 8 y 9, los cuales en función de lo que nos dice la norma boliviana NB 689, se calculó en función de la siguiente formula.

$$Q_{m\acute{a}x.d} = k_1 * Q_{md}$$

Donde:

$Q_{m\acute{a}x.d}$ = Caudal máximo diario, en l/s

k_1 = Coeficiente de caudal máximo diario

$$k_1 = 1,20 \text{ a } 1,50$$

Q_{md} = Caudal medio diario, en l/s

La cual despejando la variable coeficiente de variación de caudal máximo diario (k_1), se tiene la siguiente ecuación a usar en este trabajo de investigación.

$$k_1 = \frac{Q_{m\acute{a}x.d}}{Q_{md}}$$

Como dato importante se identificó el pico de las variaciones de consumo diario, el cual se analizó un intervalo de un año de información que se tiene, y que es igual a 1.142,91 m³ que se produjo el 12 de octubre del 2024 y el promedio diario de volumen de consumo de todo el año de estudio es de 1.003,64 m³.

$$k_1 = \frac{1.142,91 \text{ m}^3}{1.003,64 \text{ m}^3}$$

$$k_1 = 1,14$$

Y como resultado final para el coeficiente de variación de caudal máximo diario (k_1) nos da un valor de 1,14 para el sistema de bastecimiento de agua potable del barrio Luis

Espinal de la ciudad de Tarija. En la Figura 22, se muestra la variación de consumo diario del mes más crítico donde se registró el pico de consumo en el mes de octubre el cual se utilizó para el cálculo del coeficiente de variación de caudal máximo diario (k_1).

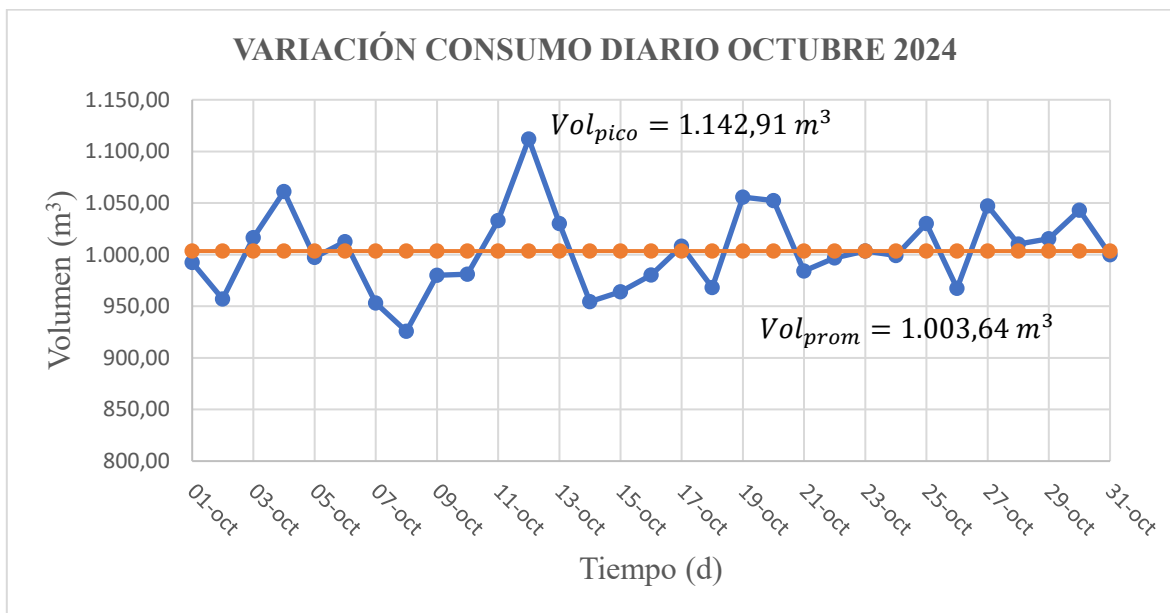


Figura 22 : Variación mes octubre
Fuente: Elaboración propia en colaboración COSAALT R.L.

4.8 Cálculo del coeficiente de variación de caudal máximo horario (k_2).

Para el cálculo del coeficiente de variación de caudal máximo horario (k_2), se usó datos de volúmenes de consumo horario del sistema de abastecimiento los cuales se mostraron en las Tablas 7, 8 y 9, los cuales en función de lo que nos dice la norma boliviana NB 689, se calculó en función de la siguiente formula.

$$Q_{m\acute{a}x.h} = k_2 * Q_{m\acute{a}x.d}$$

Donde:

$Q_{m\acute{a}x.h}$ = Caudal máximo horario, en l/s

k_2 = Coeficiente de caudal máximo horario

$Q_{m\acute{a}x.d}$ = Caudal máximo diario, en l/s

La cual despejando la variable coeficiente de variación de caudal máximo horario (k_2), se tiene la siguiente ecuación a usar en este trabajo de investigación.

$$k_2 = \frac{Q_{m\acute{a}x.h}}{Q_{m\acute{a}x.d}}$$

Como dato importante se identificó el pico de las variaciones de volúmenes de consumo horario, el cual se analizó en un intervalo de un año de información que se tiene, y que es igual a $61,56 \text{ m}^3$ que se produjo el 11 de febrero del presente año 2025 y el promedio horario de todo el año de estudio es de $44,65 \text{ m}^3$.

$$k_2 = \frac{61,56 \text{ m}^3}{44,65 \text{ m}^3}$$

$$k_2 = 1,38$$

Y como resultado final para el coeficiente de variación de caudal máximo horario (k_2) nos da un valor de 1,38 para el sistema de bastecimiento de agua potable del barrio Luis Espinal de la ciudad de Tarija.

En la Figura 23, se muestra la variación de consumo horario de la hora del día más crítico donde se registró el pico de consumo en el mes de febrero el cual se utilizó para el cálculo del coeficiente de variación de caudal máximo horario (k_2).

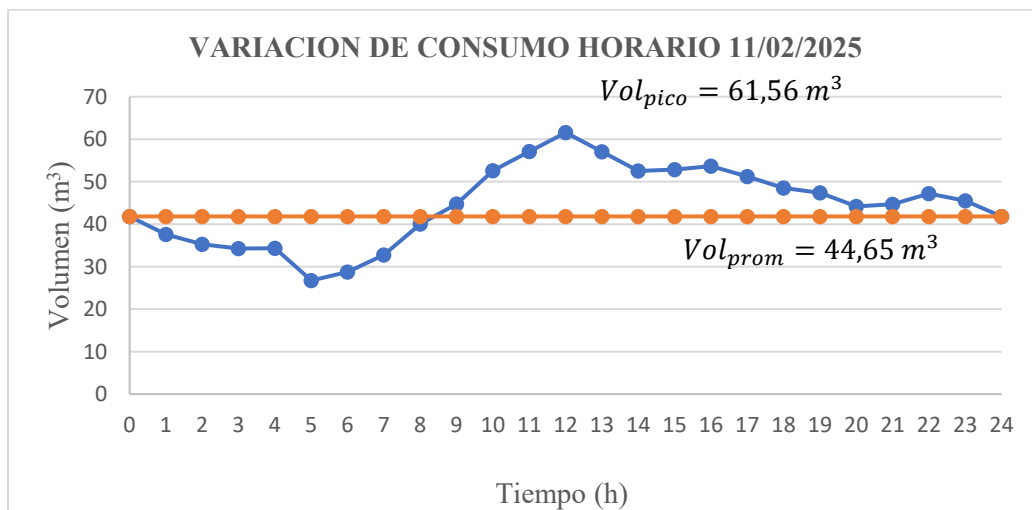


Figura 23 : Variación horaria del día más solicitado
Fuente: Elaboración propia en colaboración COSAALT R.L.

4.9 Graficas de Variación de caudales en el sistema.

Las gráficas de la variación de consumo del sistema son importantes tanto horario como diario, para determinar y hallar un patrón de consumo del sistema el cual nos ayuda analizar cómo es el comportamiento promedio del funcionamiento del sistema de abastecimiento de agua potable durante el día las 24 h y durante el año de estudio.

4.9.1. Variación horaria en el sistema.

En las siguientes Figuras 24 al 35, se muestra varias graficas sobrepuestas las cuales representa el patrón de consumo de cada día del mes de abril los cuales uniéndolas en un solo grafico se puede ver que hay una relación de las mismas las cuales muestran un patrón de consumo horario durante el día. En el cual también se puede observar los picos máximos y mínimos en color rojo de todos los consumos horarios.

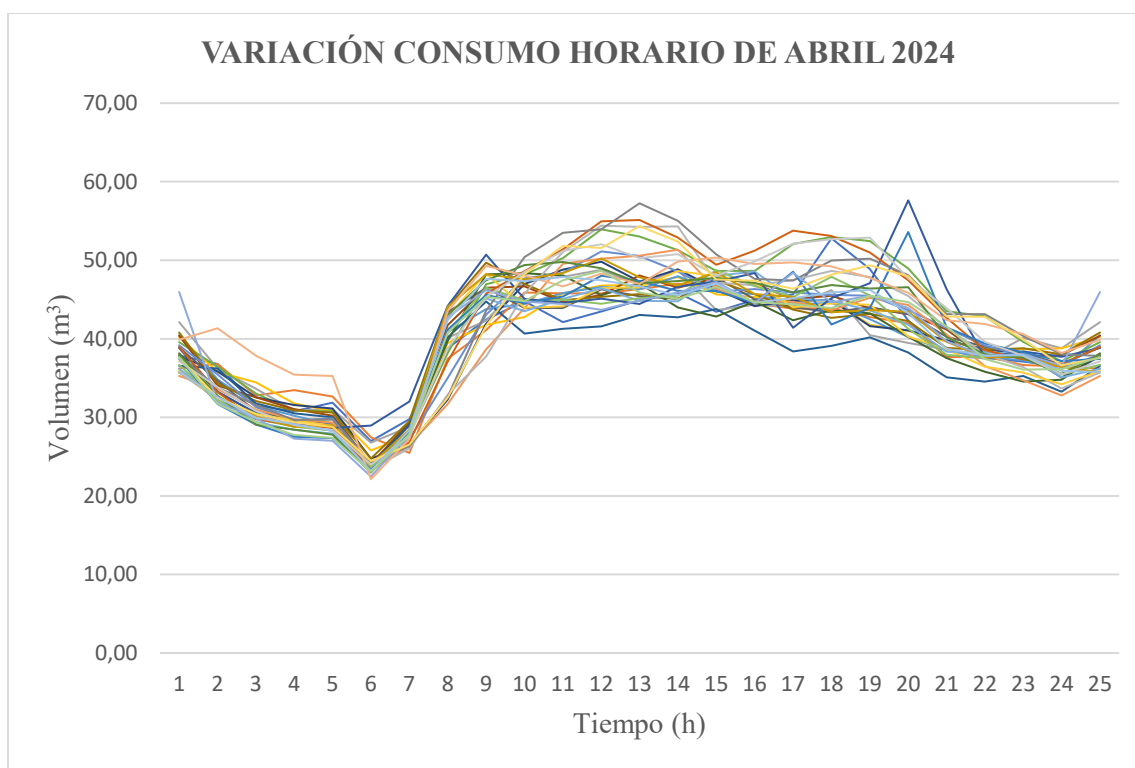


Figura 24 : Consumo horario del mes de abril
Fuente: Elaboración propia en colaboración COSAALT R.L.

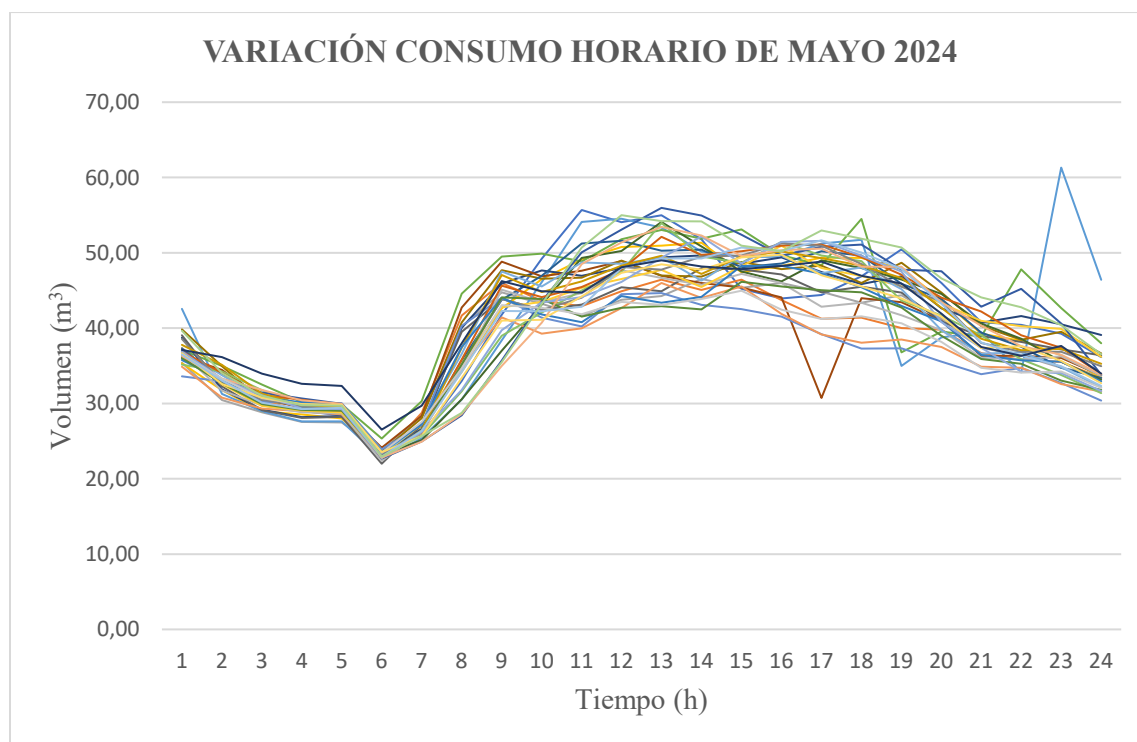


Figura 25: Consumo horario del mes de mayo
Fuente: Elaboración propia en colaboración COSAALT R.L.

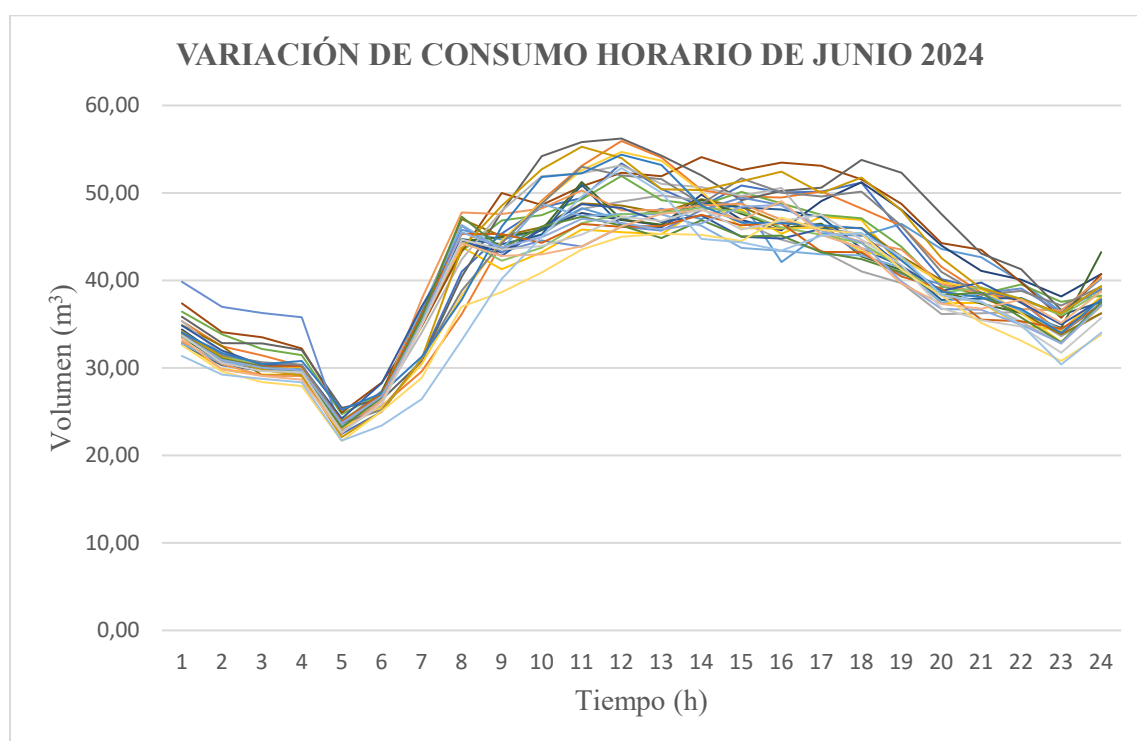


Figura 26: Consumo horario del mes de junio
Fuente: Elaboración propia en colaboración COSAALT R.L.

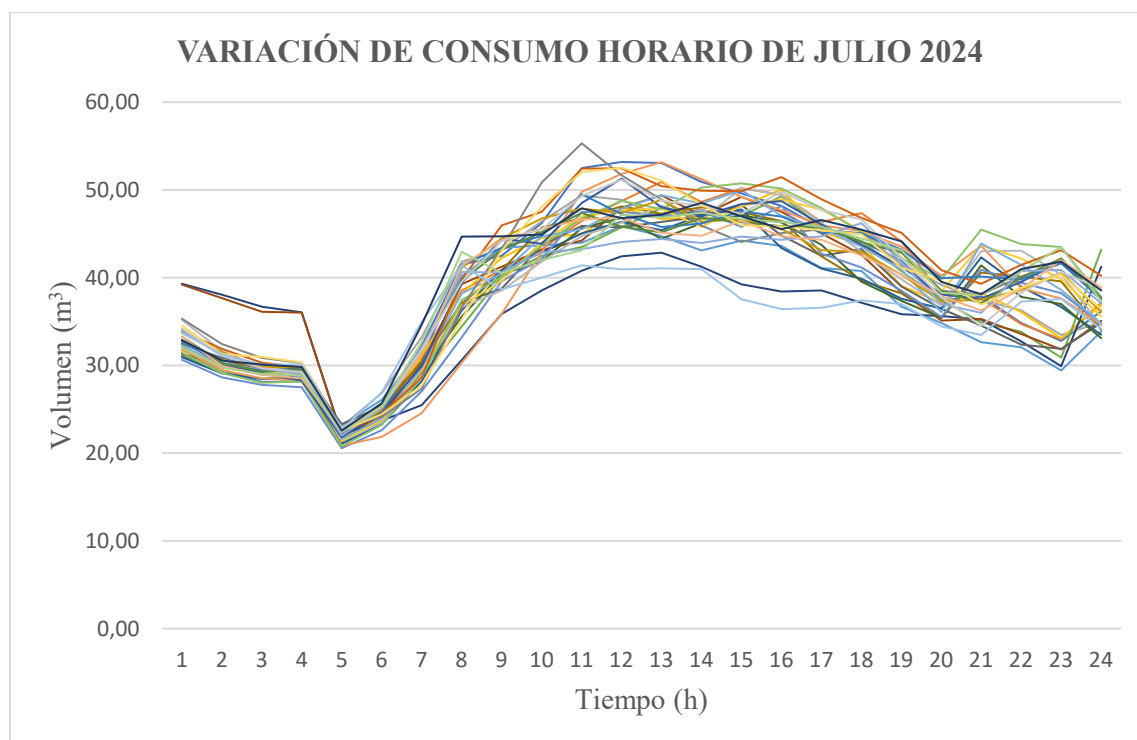


Figura 27 : Consumo horario del mes de julio
Fuente: Elaboración propia en colaboración COSAALT R.L.

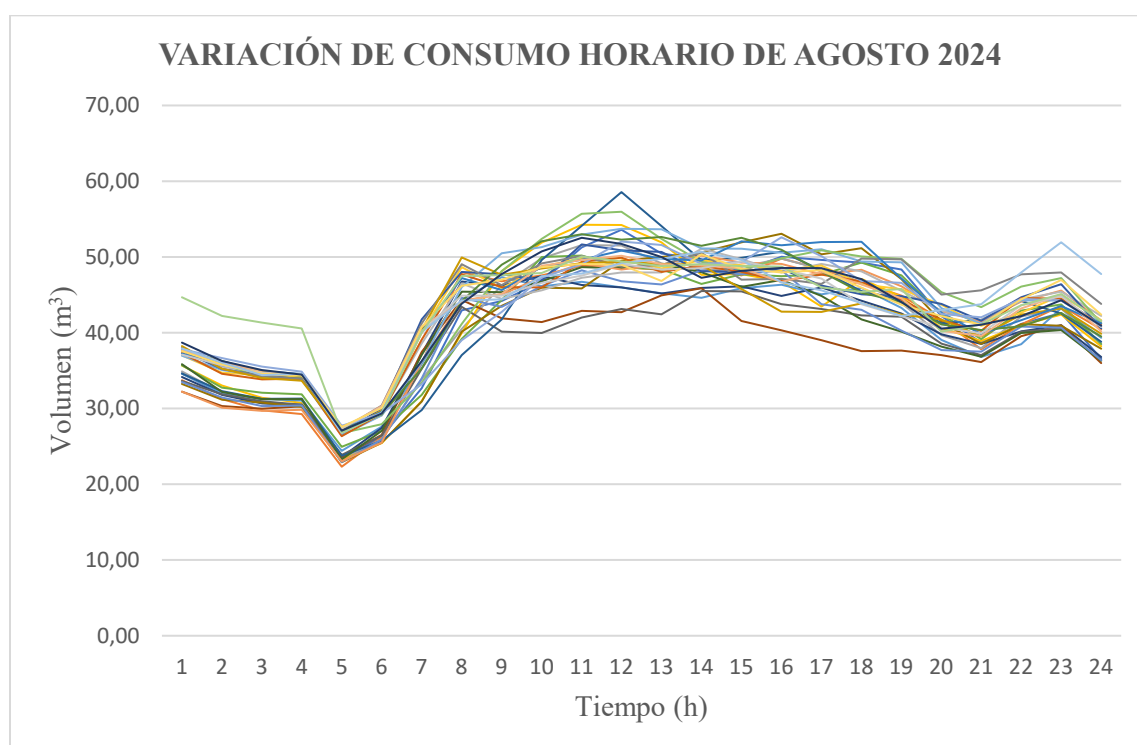


Figura 28 : Consumo horario del mes de agosto
Fuente: Elaboración propia en colaboración COSAALT R.L.

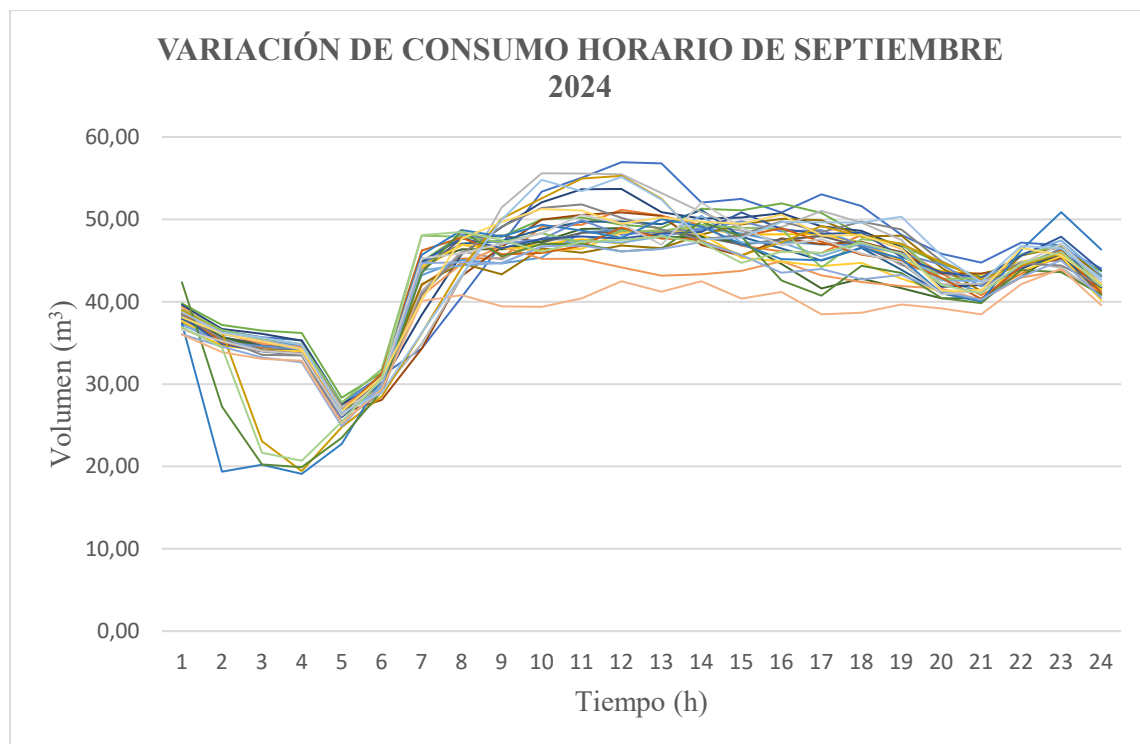


Figura 29 : Consumo horario del mes de septiembre
Fuente: Elaboración propia en colaboración COSAALT R.L.

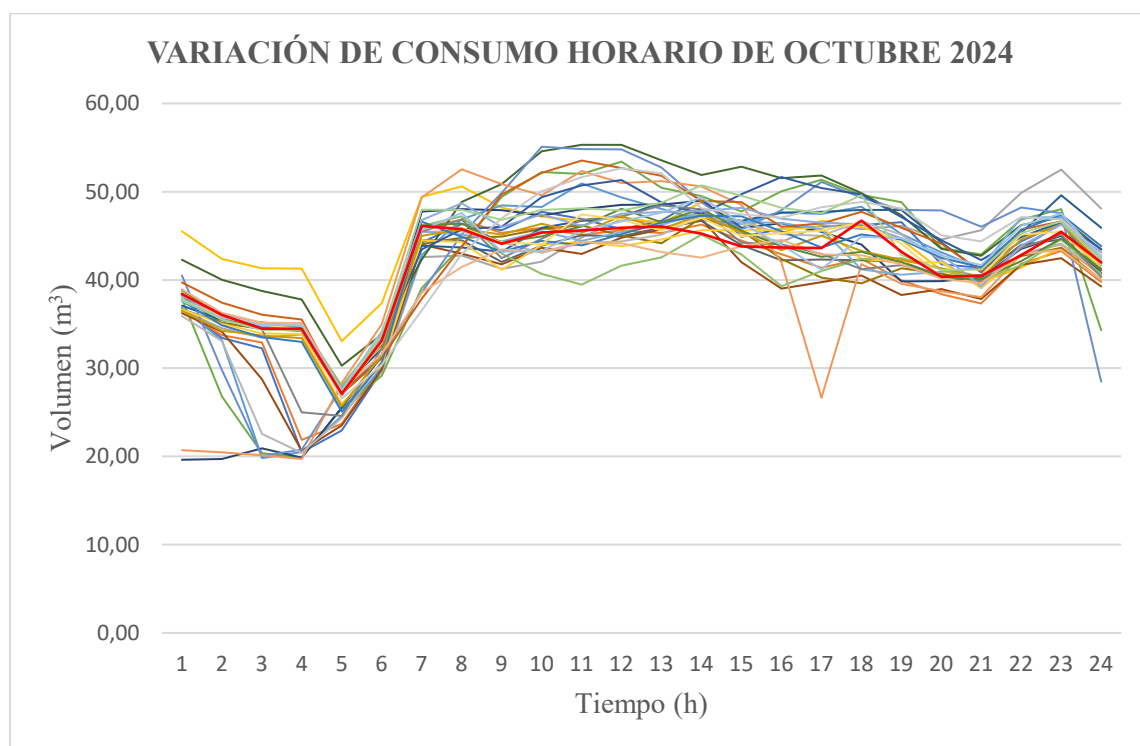


Figura 30 : Consumo horario del mes de abril
Fuente: Elaboración propia en colaboración COSAALT R.L.

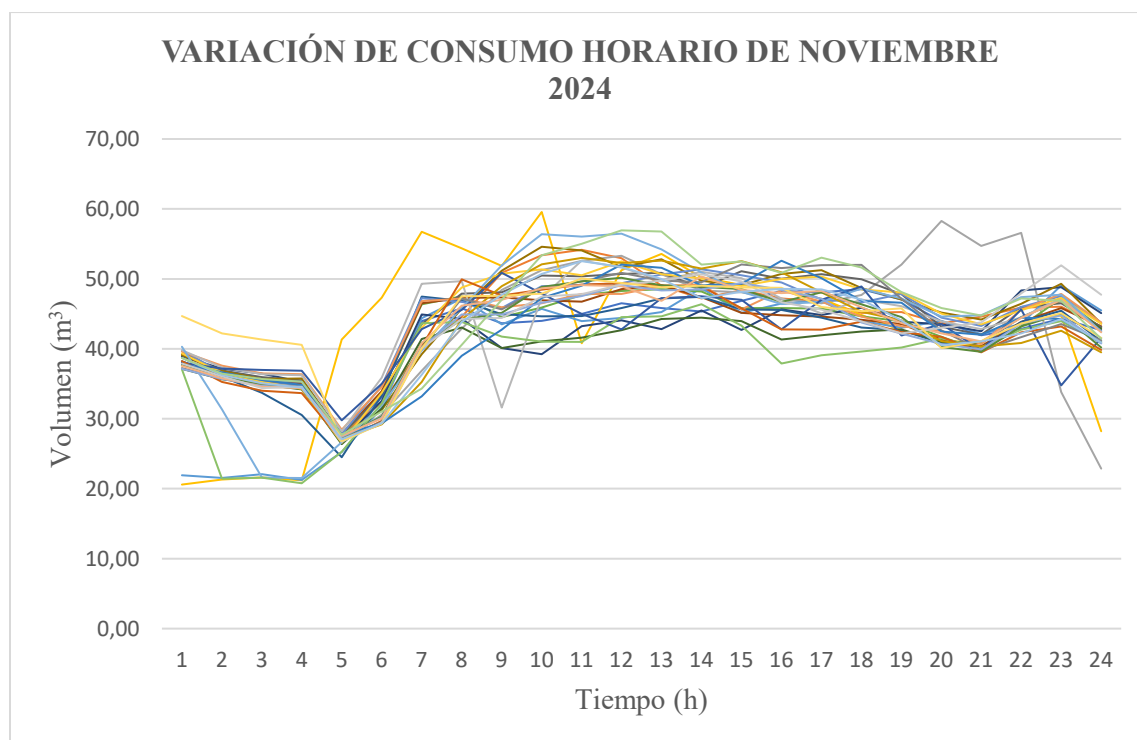


Figura 31 : Consumo horario del mes de noviembre
Fuente: Elaboración propia en colaboración COSAALT R.L.

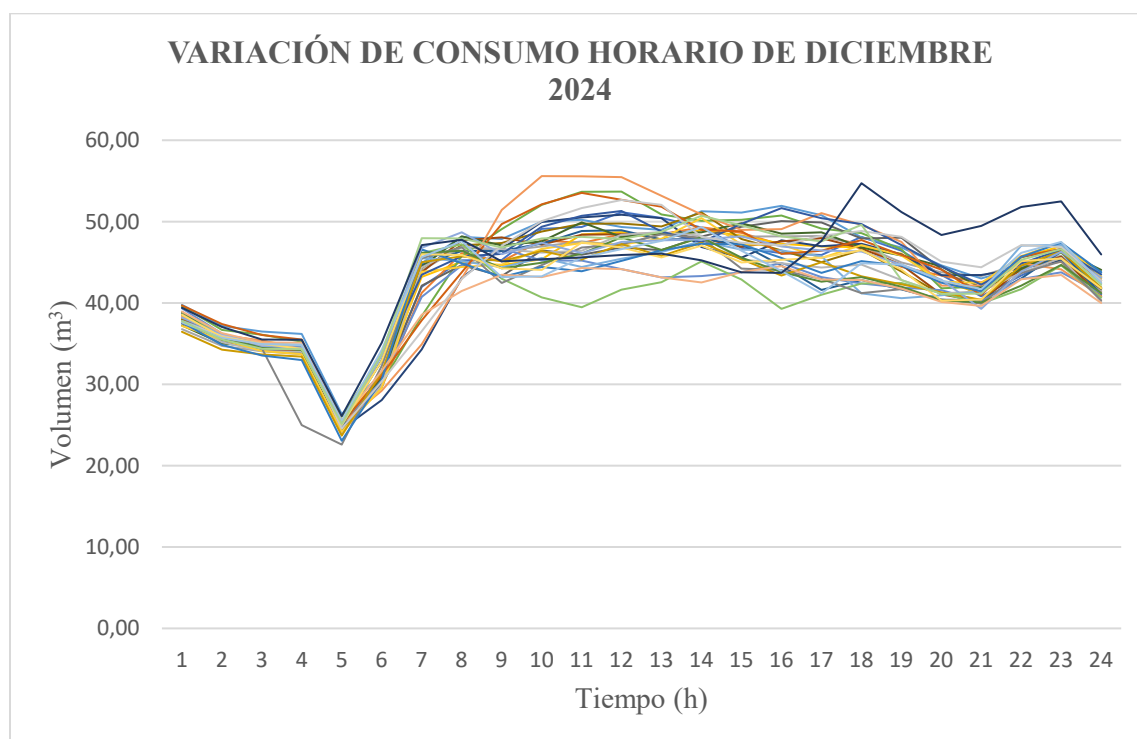


Figura 32 : Consumo horario del mes de diciembre
Fuente: Elaboración propia en colaboración COSAALT R.L.

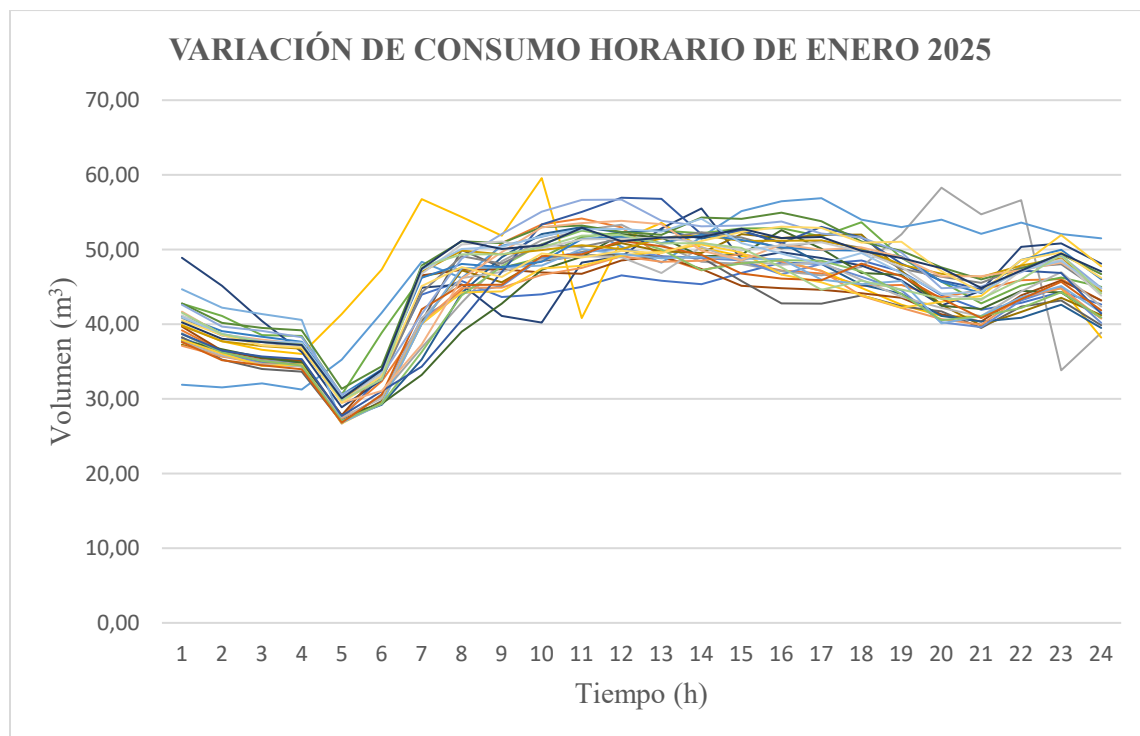


Figura 33 : Consumo horario del mes de enero
Fuente: Elaboración propia en colaboración COSAALT R.L.

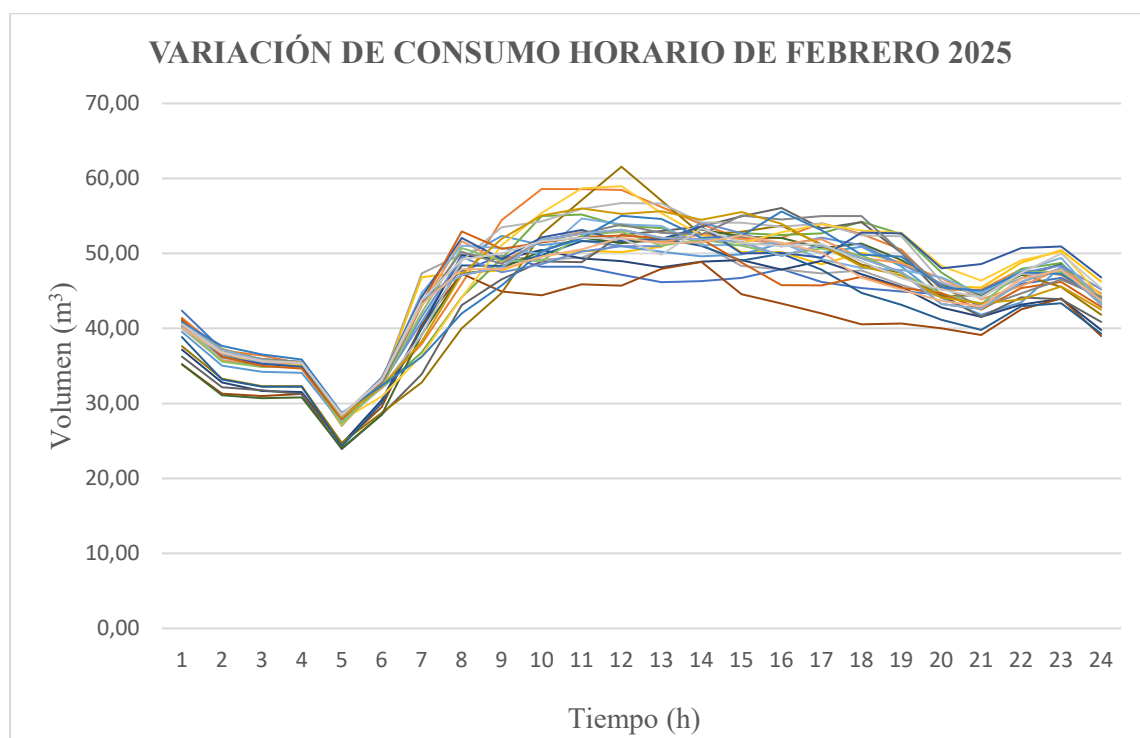


Figura 34 : Consumo horario del mes de febrero
Fuente: Elaboración propia en colaboración COSAALT R.L.

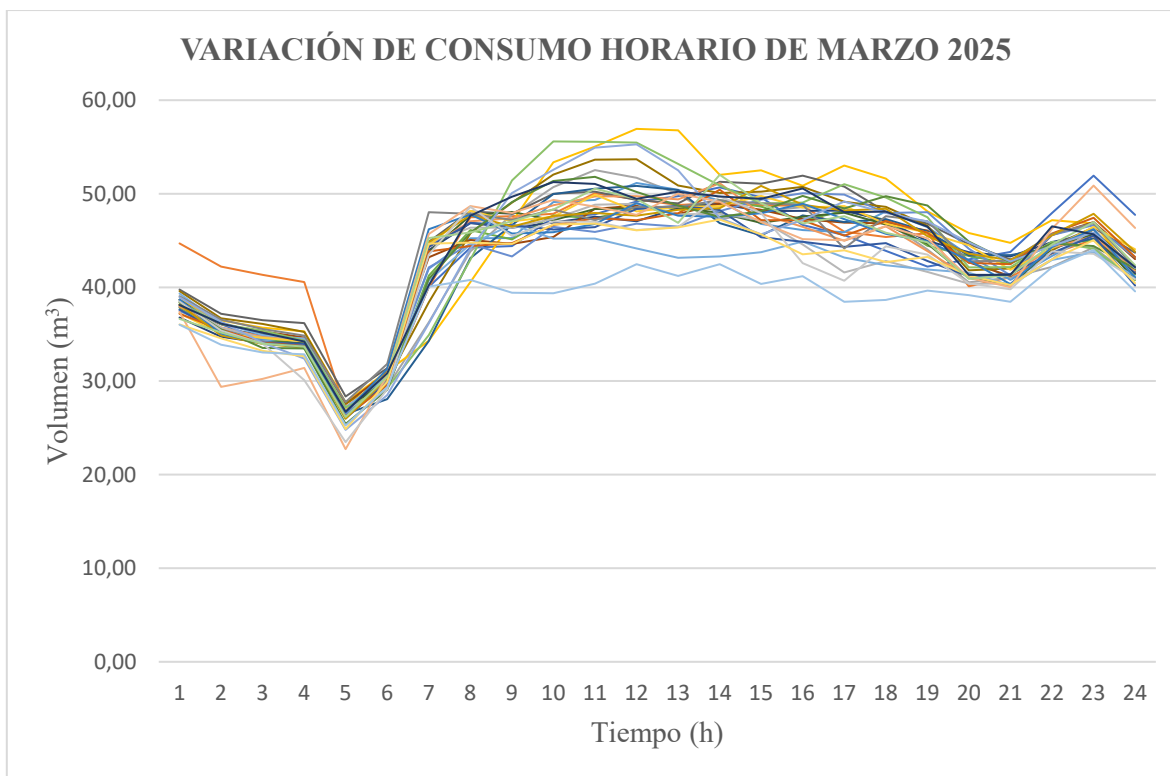


Figura 35 : Consumo horario del mes de marzo
Fuente: Elaboración propia en colaboración COSAALT R.L.

4.9.2. Variación diaria en el sistema.

En la siguiente Figura 36, se muestra la variación diaria en el consumo de agua potable en el sistema de distribución de agua potable del barrio Luis Espinal de todo un año de información recolectada y sistematizada en la cual nos muestra la media diaria anual de todo el rango de estudio, y como va variando el consumo en las distintas estaciones del año el cual nos da información importante del comportamiento del mismo.

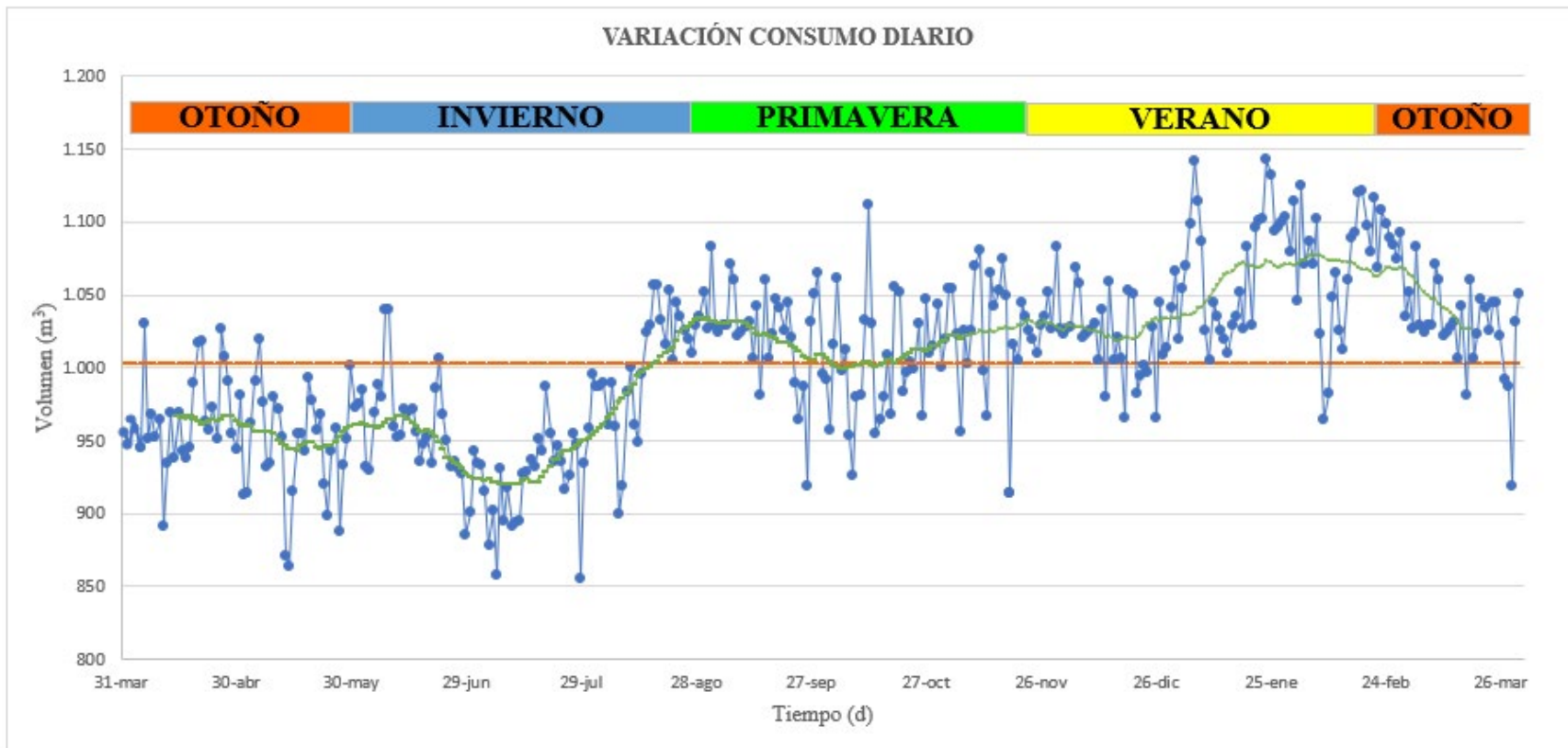


Figura 36 : Consumo diario anual.
Fuente: Elaboración propia en colaboración COSAALT R.L.

4.10 Volúmenes mensuales.

En la Figura 37, se muestran los consumos medios mensuales del sistema de abastecimiento del barrio Luis Espinal, en los cuales se observan datos medidos por la macro medición, donde se puede observar la tendencia que tiene a nivel anual en un periodo de 365 días del año.

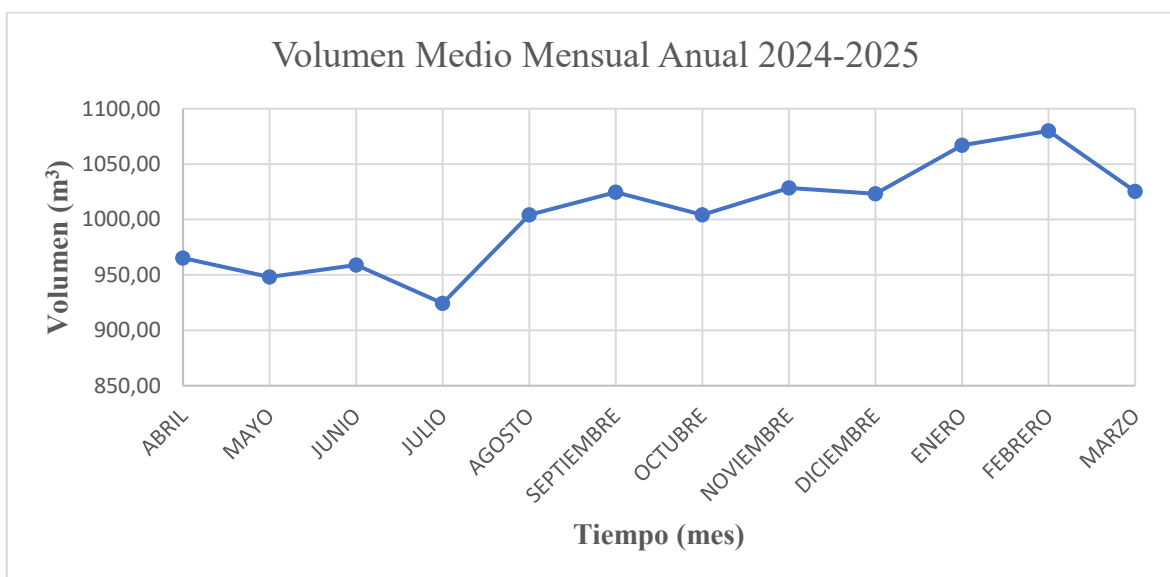


Figura 37 : Grafica de volúmenes medios mensuales de consumo.
Fuente: Elaboración propia en colaboración COSAALT R.L.

4.11 Análisis de resultados.

4.11.1. Consumo mínimo nocturno (CMN).

Como se observa en las Figuras del 24 al 35, se puede hacer el siguiente análisis del mismo de acuerdo al comportamiento de consumo de agua potable registrado por el macro medidor (Promag W800).

El presentar un consumo nocturno alrededor de las 2 a.m. a 4 a.m. en el sistema teóricamente representa fugas en el sistema debido a que los consumos domiciliarios son casi nulos (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH y VAG-Armaturen GmbH (VAG), 2010).

El tener en nuestro sistema un consumo mínimo de 25 m³ entre las 4 a.m. a 5 a.m., llama la atención ya que es considerable el mismo, lo cual representaría perdidas en el sistema siendo un dato bastante relevante en el mismo.

Pero un consumo de 25 m³ da a entender varias cosas que están pasando en el sistema como ser lo siguiente:

a) Fugas en el sistema debido a accesorios.

Estas fugas son de importancia debido a que puede darse en puntos críticos de quiebre de la red de tuberías, ya que son uniones del sistema difíciles de ubicar hasta tal punto el mismo sea considerable, y también debido a que las válvulas de cierre no sean del todo herméticas que impidan el paso al cien por ciento del agua.

b) Fugas domiciliarias.

Las fugas domiciliarias son de consideración cuando es a nivel macro donde llega ser importante debido a la cantidad de viviendas que tienen fugas y sumando todas es de consideración y tienen un efecto importante y también influye en los coeficientes de variación.

c) Posible interconexión del sistema con otro.

Puede que hay una posible interconexión del sistema actual con otro y este entrando agua o saliendo del mismo o usuarios que se hayan interconectado al sistema de Luis Espinal de manera clandestina lo se refleja en el consumo mínimo nocturno.

d) Presión alta aumenta fugas.

La presión de agua que registra el macro esta entre 2,53 a 2,16 Bar en promedio, donde el sensor esta alado del mismo tanque, si vamos a zonas más bajas la misma puede ser más elevada y critica favoreciendo las fugas a más presión más caudal de las fugas de agua.

4.11.2. Coeficientes de variación de caudal máximo diario (k_1) y horario (k_2).

Haciendo un análisis y para que los resultados obtenidos sean aceptables es necesario verificar que el coeficiente de caudal máximo diario (k_1) debe ser entre el 1,2 y 1,5 que es lo que nos indica o recomienda de manera referencial la norma boliviana NB 689.

El coeficiente de variación de caudal máximo diario (k_1) calculado, es de 1,14 del caudal medio diario (Q_m), comprobando así que el valor obtenido no está dentro del rango establecido por la NB 689, pero cabe recalcar que la norma maneja valores referenciales en promedio a nivel nacional de todas las ciudades lo cual, al hacer un estudio más específico de los mismos, puede que estén o no dentro del mismo debido a que la ciudad de Tarija no tiene el mismo comportamiento socioeconómico como otras ciudades de Bolivia, estos coeficientes son sensibles a las variaciones de caudal por lo cual la ciudad de Tarija al tener un comportamiento ciudadano no presenta picos elevados respecto al consumo diario promedio de la ciudad al ser una ciudad de constante movimiento a comparación de un pueblo que presenta picos de consumo más pronunciados debido a sus costumbres.

Validando con otras tesis que se estudiaron los mismos coeficientes en el centro de la ciudad de Tarija como ser (Torrez Avilés, 2018) establece 1,20 y (Huanca Doria Medina, 2018) establece 1,203 se verifica que estas tesis determinaron valores mínimos respecto a la norma influenciado por el alto movimiento en la ciudad.

Y así validando los resultados obtenidos en este trabajo de investigación que determino el coeficiente de variación de caudal máximo diario (k_1) de 1,14.

Haciendo un análisis y para que los resultados obtenidos sean aceptables es necesario verificar que el coeficiente de caudal máximo horario (k_2) debe ser entre el 1,5 y 2,2 que es lo que nos indica o recomienda de manera referencial la norma boliviana NB 689, pero tomando en cuenta la población de la ciudad de Tarija el valor que recomienda es de 1,5.

El coeficiente de caudal máximo horario (k_2) calculado, es de 1,38, comprobando así que el valor obtenido no está dentro del rango establecido por la NB 689, pero cabe recalcar que la norma maneja valores referenciales en promedio en función de la población de las ciudades, al hacer un estudio más específico de los mismos, puede que estén o no dentro del mismo debido a que la ciudad de Tarija no tiene el mismo comportamiento socioeconómico como otras ciudades de Bolivia, estos coeficientes son sensibles a las variaciones de caudal por lo cual la ciudad de Tarija al tener un constante movimiento o consumo hace que las curvas de consumo horario tienda a ser más aplanada y no presenta picos elevados respecto al consumo diario promedio de la ciudad al ser una ciudad a comparación de un pueblo que

ciertas horas presenta picos de consumo debido al comportamiento de consumo que es muy diferente en el área rural.

Validando con otras tesis que se estudiaron los mismos coeficientes en el centro de la ciudad de Tarija como ser (Torrez Avilés, 2018) establece 1,91 y (Huanca Doria Medina, 2018) establece 1,3915 se verifica que los valores obtenidos varían mucho, pero hay cierta semejanza con el valor de 1,38 encontrado en el presente trabajo de investigación lo cual nos da la certeza de estar entre los rangos.

Y así validando los resultados obtenidos en este trabajo de investigación que determino el coeficiente de variación de caudal máximo horario (k_2) de 1,38.

El tener un coeficiente de variación de consumo máximo diario de 1,14 y un coeficiente de variación de consumo máximo horario de 1,38 al estar debajo de lo que nos indica la norma se debe a la presencia de la Unidad Educativa Pampa Galana y puntos de alto consumo de agua como ser un pequeño mercado de Luis Espinal y el campo deportivo de Luis Espinal en la zona de estudio, Otro aspecto es la densidad de casas que consumen agua debido a que todos estos consumen agua a distintas horas del día afectando directamente los coeficientes de variación lo que hace que el promedio anual se incremente de manera diaria reflejándose en la Figura 36, y las curvas diarias que se muestran en la Figura 24 a la 35, no sean tan pronunciadas y sean más regulares, ya que es un comportamiento de consumo de agua que se da en las ciudades, ya que es diferente al área rural.

Aspectos que influyen se puede mencionar los siguientes:

- a) Presencia de tanques en casas.

La Presencia de tanques elevados en la zona de estudio es un problema debido a que influye directamente en el consumo nocturno debido a que el mismo llega a vaciarse en el día y empieza a llenar el mismo distorsionando el consumo nocturno real.

- b) Consumo doméstico (sistema medido y fijo).

El sistema fijo de servicio que ofrece COSAALT R.L. es un problema debido a que no se cuantifica el agua de consumo ya que no se mide y es conexión directa lo cual nos hará variar cuando se pretenda hacer un balance hídrico del sistema.

c) Consumo clandestino debido a robo o bypass.

Otro aspecto que influye son las conexiones clandestinas o bypass que los usuarios lo hacen sin permiso de COSAALT R.L. lo cual afecta e incita en el robo de agua.

4.11.3. Dotación media diaria.

La norma boliviana NB 689 nos dice que la dotación para la ciudad de Tarija tomando en cuenta factores como la cantidad de habitantes y la zona geográfica, la dotación esta entre 200 a 250 l/hab/d, como se muestra en la Tabla 13.

Tabla 13 : Dotación media diaria (l/hab/d).

Zona	Población (habitantes)					
	Hasta 500	De 501 a 2.000	De 2.001 a 5.000	De 5.001 a 20.000	De 20.001 a 100.000	Más de 100.000
Del Altiplano	30 - 50	30 - 70	50 - 80	80 - 100	100 - 150	150 - 200
De los Valles	50 - 70	50 - 90	70 - 100	100 - 140	150 - 200	200 - 250
De los Llanos	70 - 90	70 - 110	90 - 120	120 - 180	200 - 250	250 - 350
Notas:	(1)			(2)		

Fuente: NB 689, (2004).

Por lo tanto, lo calculado basándonos en los volúmenes de consumo mensual de nuestra zona de estudio nos da 120,39 l/hab/d, lo cual no estamos dentro el rango que nos dice la norma boliviana NB 689 dándonos una variación considerable de casi el 40%, respecto a la misma, el cual podría deberse a que le hace falta una actualización de la misma debido a que es una norma que lleva más de 20 años desde su publicación y el comportamiento de consumo de agua en el transcurrir los años fue cambiando sus estilos de vida y aspectos socioeconómicos.

Actualmente salió una actualización de la norma boliviana NB 688, la cual nos muestra una modificación en los valores referenciales que se muestra en la Tabla 14.

Tabla 14 : Valores referenciales de consumo medio diario (l/hab/d).

Region	Consumo de agua referencial en (l/hab/d)							
	de 500 a 10.000		De 10.001 a 100.000		De 100.001 a 500.000		Mas a 500.000	
Altiplano	50	80	50	60	85	110	75	95
Valles	60	95	85	105	90	95	90	115
Llanos	80	90	90	100	95	105	125	130

Fuente: NB 688, (2025).

Pero sin dejar de lado, analizando los indicadores de desempeño que reporta COSAALT R.L. a la AAPS anualmente, no hay coincidencia con lo que nos dice norma NB 688 en su actualización ya que está por debajo lo que nos recomienda, como se observa en la Tabla 14. COSAALT R.L. nos muestra en la Tabla 15, un consumo para la ciudad de Tarija de 173,8 a 154,72 l/hab/d, y se observa que el consumo en los años va bajando gradualmente lo que nos da mayor certeza que los 120,39 l/hab/d que se obtuvo en este trabajo de investigación refleja la realidad de la ciudad de Tarija.

Tabla 15 : Indicadores de desempeño Técnico, Económico, Financiero y Comercial.

Indicadores de desempeño - Estabilidad de abastecimiento				
Dotación (l/hab/d)				
2020	2021	2022	2023	2024
173,8	167,88	170,16	157,84	154,72

Fuente: AAPS, (2024).

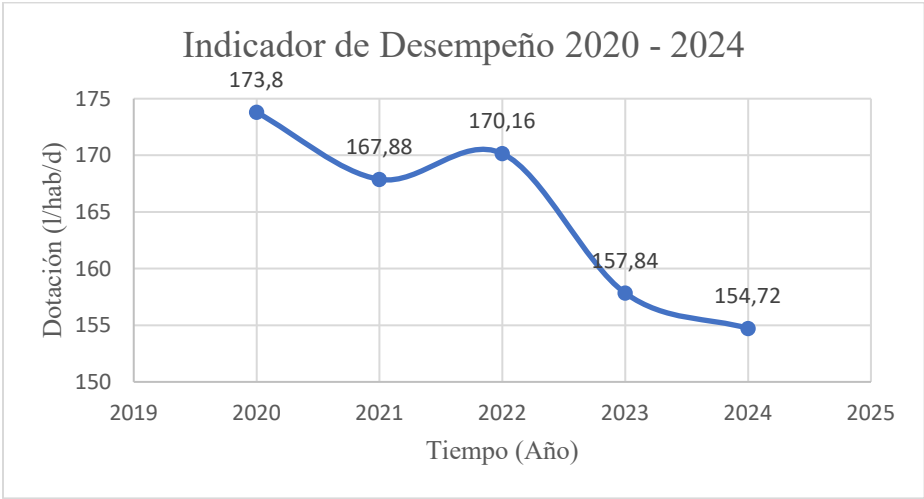


Figura 38 : Patron de consumo.
Fuente: AAPS, (2024).

Si bien es cierto tanto lo que reporta COSAALT R.L. está por encima de los valores recomendables por la NB 688 actualizada, esto es algo referencial mas no especifico ya que engloba regiones con distintas costumbres, lo cual es necesario validar nuestros datos obtenidos con lo que reporta la EPSA ya que son datos más precisos y se toma como reales ya que se ve en función de lo que reporta COSAALT R.L. cada gestión que pasa va bajando el consumo lo cual tiene una tendencia a bajar el mismo. El valor de 120,39 l/hab/d esta entre

valores que reporta COSAALT R.L. y la actualización de la NB 688 lo cual nos valida el resultado obtenido.

Haciendo un análisis comparativo con facturas de consumo de agua de usuarios de distintos puntos de la ciudad de Tarija se observa que se mantiene en el rango entre 60 a 170 l/hab/d lo cual nos da mayor validación de los resultados obtenidos, los cuales sacando un promedio nos da 136,89 l/hab/d, prácticamente cercano a los obtenidos en nuestro trabajo de investigación, que se puede observar en la Tabla 16.

Tabla 16 : Consumos mensuales de distintos usuarios de la ciudad de Tarija.

Nº	Nombre	Dirección	Código medidor	Población (hab)	Consumo (m ³)	Dotación (l/hab/d)
1	GARECA HILDA MARY	QUEBRADA SAGREDO	46320	4	14	112,90
2	CAZON CARO ARMANDO SANTIAGO	CALLE 21 DE SEPTIEMBRE #0330	21554	4	21	169,35
3	TRUJILLO GIRON CARLOS	PASAJE BENI Nº0894-ESQ	591	4	15	120,97
4	CONDORI IBAÑEZ JUAN CARLOS	AV.CAMARGO Nº2994-ESQ	11391	5	15	96,77
5	CUELLAR FLORES CECILIO	PJE. 1 Nº2118 -ESQ	7924	12	52	139,78
6	SERRANO MARTINEZ CARMEN JULIA	VIOLIN CHAPACO	36420	2	7	112,90
7	MANSILLA VELASQUEZ NANCY	CALLE 2	39607	2	37	596,77
8	TORREJON ZORAIDE MIGUEL	C. ADOLFO PINEIRO S/Nº	9387	4	12	96,77
9	TARIFA CAZON MIRTHA	B. 26 DE AGOSTO	51718	3	7	75,27
10	MERCADO CAIGUARA ALEJANDRA	B. 14 DE SEPTIEMBRE	41791	1	1	32,26
11	ORTIZ CARNICEL ANA PAOLA	BARRIO 27 DE MAYO	54307	1	3	96,77
12	ROJAS BONIFACIO CIPRIANA	AV, ITAU CV-447	29254	2	4	64,52
14	BASPINEIRO BELTRAN SARA MARTHA	CALLE DOMITILA BARRIOS	43992	2	4	64,52
					PROMEDIO	136,89

Fuente: Elaboración propia.

Aspectos que impactan en el consumo mensual de los usuarios se tiene lo siguientes:

a) Micromedidores antiguos.

Son un tema de relevancia e importancia un control estricto en los mismo, debido a que todo medidor tiene un cierto tiempo de vida útil debido a que con el pasar los años el

error de medición llega a ser más grande o tiende a aumentar debido a que las hélices que registran la cantidad de agua que entra al mismo, se llegan a desgastar por varios factores como ser presencia de sedimentos en el agua o también a que se pueda tener mucha presión de servicio por parte de la EPSA (COSAALT R.L.) y pueda dañar el micromedidor rápidamente.

b) Fugas domiciliarias.

Las fugas domiciliarias son un problema ya que influye directamente en la dotación media diaria debido a que no muestra un consumo real del mismo si se tiene varios puntos de fugas existentes en el sistema hidrosanitarios de las viviendas.

4.11.4. Coeficiente de variación anual de la dotación (d).

Si bien es cierto la norma boliviana NB 689 es clara para este coeficiente de variación anual de la dotación (d) está entre el rango de 0,5% a 2% lo que nos recomienda, pero estos valores se determinaron estudios de varias ciudades del país hace 20 años, cabe recalcar que con el pasar de los años las costumbres y comportamiento de la población van cambiando por varios factores que afectan al consumo humano, lo que nos da a entender que el valor hallado en el presente trabajo de investigación de -0,48 nos indica que la población está consumiendo menos agua con el pasar de los años debido a varios factores que se mencionaron anteriormente, por lo cual se recomienda un valor mínimo de 0,5% para el diseño de sistemas de agua potable ya que es el valor que nos recomienda la norma, si bien este trabajo de investigación demuestra se está consumiendo menos agua por lo cual no se puede diseñar con valores negativos lo cual se propone usar el valor mínimo según la norma boliviana NB 689.

También se ve reflejado en los caudales de bombeo de los pozos que alimentan el mismo que desde el 2020 hasta el 2024 según COSAALT R.L. se observa que bombean menos volumen que se muestra en la Figura 21, lo cual se justifica técnicamente el valor encontrado para el coeficiente de variación anual de la dotación (d) del sistema de agua potable del barrio Luis Espinal de la ciudad de Tarija.

a) Cambio climático.

El cambio climático es un tema relevante debido a que influye directamente en el comportamiento de las personas en el uso del agua debido a cambios bruscos de temperatura.

b) Costo del agua.

El costo del agua por parte de COSAALT R.L. es un tema que favorece en el uso responsable del recurso hídrico debido a que como se llega a pagar por consumo los usuarios llegan a controlar el mismo ya que los resulta caro, lo cual está influyendo directamente en el consumo en los años del agua.

c) Campañas de uso responsable por parte de la EPSA.

Las campañas que fomentan el uso responsable del agua han ido teniendo efecto en el pasar de los años ya que se les hace dar cuenta el que pasa si no se cuida en el recurso hídrico lo cual influye directamente que el consumo sea menos mensualmente en las viviendas.

d) Artefactos sanitarios de ahorro de agua.

Hoy en día fue revolucionando debido a que existe ya artefactos sanitarios que son ahorradores de agua y la población fue cambiando los mismos poco a poco reduciendo el consumo de agua debido a que antes por descarga de inodoro se vaciaba 6 litros y ahora con los ahorradores llegan a vaciar 3 litros, lo cual es significativo reflejándose en el coeficiente de variación anual de la dotación dando un valor de -0,48%.

CAPÍTULO V

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1 Conclusiones.

Los datos utilizados son de alta confianza debido a que fueron tomados con un macro medidor electromagnético de última tecnología (Promag W 800), registrando información con un intervalo de tiempo de horas y sin pérdida de datos, los cuales se conto con una base de datos de un año de información cumpliendo con lo que nos pide la norma boliviana NB 689 para el cálculo de los coeficientes.

Observando en las Figuras 24 a la 35, el comportamiento de consumo horario del sistema de todo un año de información se concluye que el volumen mínimo de consumo se produce alrededor de las 5 a.m. siendo un volumen de 25 metros cúbicos aproximadamente en promedio lo cual es un volumen importante, y el volumen máximo de consumo es de 61,56 metros cúbicos que se da alrededor de las 11 a.m. a 12 p.m.

La recopilación de información y sistematización en conclusión es muy precisa debido a los tiempos de toma de lecturas todo esto gracias al macro medidor (Promag W 800) que registra toda la información y uno no tiene que hacerlo y llega a ser más eficiente debido a que el error de lecturación que puede cometer uno por cansancio se reduce a cero por ciento.

Del censo realizado de los 425 usuarios se identificó una institución pública, para el cálculo de la dotación media diaria del barrio Luis Espinal se tomaron en cuenta 424 usuarios de uso doméstico neto.

Para el análisis se usó bibliográfica, artículos científicos base internacional de varios países y tesis de estudios anteriores en la ciudad de Tarija y reportes de COSAALT R.L. a la AAPS para validar los resultados obtenidos en este proyecto de investigación.

Después de todos los cálculos y análisis se concluye que el coeficiente de variación de caudal máximo diario (k_1) es de 1,14, el coeficiente de variación de caudal máximo horario (k_2) es de 1,38, la dotación media diaria (D) es de 120,39 l/hab/d, y el coeficiente de variación anual de la dotación (d) es de -0,48% para el sistema de abastecimiento del barrio Luis Espinal.

En conclusión, el coeficiente de variación de caudal máximo diario (k_1) de 1,14 y el coeficiente de variación de caudal máximo horario (k_2) de 1,38 no están dentro del rango de lo que nos indica la normativa boliviana NB 689 debido a una pequeña discrepancia de la misma, debido a varios factores principalmente condiciones socioeconómicas, fugas de agua en el sistema o interconexiones del mismo.

La dotación media diaria de 120,39 l/hab/d no está dentro del rango de lo que nos indica la norma boliviana NB 689 para ciudades mayor a 100.000 habitantes para zonas valles que es de 200 a 250 l/hab/d, pero cabe recalcar que el valor encontrado es un valor coherente debido a que tiene correlación con la dotación que reporta la EPSA, que en 2024 reporto 154,72 l/hab/d, y cada año va bajando más por diversos factores socioeconómicos.

El coeficiente de variación anual de la dotación (d) de -0,48% no está dentro el rango que nos recomienda la norma boliviana NB 689, entre el 0,5 a 2%, principalmente a que en el pasar el tiempo la población tiende a gastar menos agua por varios factores que se mencionaron en el análisis, por lo tanto, no es un valor incoherente, sino un valor real calculado con datos de consumo reales medidos.

En conclusión, las curvas de consumo horarias se muestran de manera aplanada debido a que es un comportamiento urbano y no así rural donde se llega a ver que son más pronunciadas las mismas. Y se observa que el patrón de consumo diario se eleva en las épocas de temporada de lluvia entre las épocas de primavera y verano en los meses septiembre a febrero, luego de eso vuelve a caer el consumo de la población principalmente debido a las costumbres de la población en el uso de agua.

Como conclusión final no se cumple la hipótesis que se planteó para este trabajo de investigación, debido a que todos coeficientes no están en el rango que establece la norma boliviana NB 689.

Pero cabe resaltar que, si bien los valores encontrados no están dentro del rango establecido por la NB 689, estos son resultados coherentes teniendo correlación con lo que reporta la EPSA, resaltando para el diseño de sistemas de agua potable la primera fuente de información se usa los consumos reportados por la EPSA por encima de lo que nos dice la NB 689.

5.2 Recomendaciones.

- El tema de pérdidas de agua en el sistema es de gran importancia hoy en día no solo en Tarija sino en el mundo por lo cual se recomienda hacer un estudio más profundo en pérdidas de agua en el sistema. Haciendo un balance hídrico relacionando las lecturas de macro medición y micro medición de todo el sistema para cuantificación de perdidas reales de agua en el sistema con la ayuda de un gran equipo de cooperación.
- Hacer una modelación hidráulica en software EPANET para verificar en situación extremas en que puntos del sistema puede llegar a tener puntos críticos como ser poca presión, caudal para poder mitigar y dar un servicio de mayor excelencia que exige la AAPS a la EPSA (COSAALT R.L.).
- Hacer un mantenimiento o cambio a los micro medidores domiciliarios de las viviendas que llevan ya años con el mismo micromedidor ya que el error de medición crece en función del tiempo de uso.
- Se debe identificar posibles robos de agua o conexiones clandestinas debido a su injerencia de los coeficientes de variación.
- Ampliar el tiempo de estudio de los coeficientes de variación debido a que se limita a un año de estudio, pudiendo obtener valores más reales y precisos para el diseño de sistemas de agua potable en la ciudad de Tarija.
- Trabajar por áreas sectorizadas e instalar un macro medidor a cada entrada de dicha área sectorizada para tener un mayor control e identificación de zonas que puedan presentar perdidas de agua o cualquier situación extraña en el funcionamiento del sistema.