

1. CAPÍTULO I

1.1. INTRODUCCIÓN

El Agua es indispensable para la vida y la salud, el 28 de Julio de 2010, por medio de la Resolución 64/292, la Asamblea General de las Naciones Unidas reconoció abiertamente el derecho humano al agua y al saneamiento, sin embargo, para muchas personas a nivel mundial es imposible acceder a este recurso.

Más de 2.000 millones de personas carecen de acceso al agua potable y más del doble no cuentan con acceso a servicios de saneamiento seguro. Debido al rápido crecimiento de la población mundial, se prevé que la demanda de agua aumente en casi un tercio para el año 2050. Ante un patrón de consumo acelerado, el creciente deterioro del medio ambiente y los impactos multifacéticos del cambio climático, es evidente que precisamos nuevas formas de gestión de la demanda de competencias para nuestros valiosos recursos de agua. Según el **“Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2018”**

La demanda mundial de agua ha ido en aumento a un ritmo del 1% anual aproximadamente en función del aumento de población, el desarrollo económico y los cambios en los patrones de Consumo, entre otros factores, seguirá creciendo de manera significativa en las dos próximas décadas. La demanda industrial y doméstica de agua aumentará más rápidamente que la demanda agrícola, aunque el sector agrícola seguirá siendo el principal consumidor de agua en el mundo. La gran mayoría de la creciente demanda de agua se producirá en países con economías emergentes o en desarrollo.

Al mismo tiempo, el ciclo global del agua se está intensificando debido al cambio climático: las regiones más húmedas se están volviendo más húmedas y las regiones secas se están volviendo aún más secas. En la actualidad, se estima que hay 3.600 millones de personas (casi la mitad de la población mundial) que viven en áreas con riesgo de sufrir escasez de agua al menos un mes al año, y esta población podría llegar a alcanzar entre 4.800 y 5.700 millones en el año 2050. **“Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2018”**

En Bolivia la Constitución Política del Estado Plurinacional reconoce al agua como un “Derecho fundamentalísimo para la vida”, lo que implica tener acceso al agua para Consumo humano, la producción de alimentos y la sostenibilidad de los ecosistemas de la Madre Tierra. Reafirmando así el derecho soberano de cada país a regular sus recursos hídricos en todos sus usos y servicios. En los últimos años nuestro país ha experimentado la variación de disponibilidad del recurso hídrico, tanto en cantidad como en calidad. Esto es atribuido principalmente a los efectos del cambio climático, a la contaminación de las fuentes de agua, al incremento de la demanda por el crecimiento poblacional y otros aspectos demográficos, como la urbanización, y la expansión agrícola e industrial.

El diseño de sistemas de agua potable para poblaciones urbanas y rurales del Estado Plurinacional de Bolivia, se ha venido desarrollando en base a la Norma Técnica de Diseño para Sistemas de Agua Potable (NB 689) y a los Reglamentos Técnicos de Diseño para Sistemas de Agua Potable promulgadas por el entonces Ministerio de Desarrollo Humano, en Noviembre del año 1996. El presente documento se ha actualizado con la finalidad de brindar a proyectistas, ejecutores,

supervisores y fiscalizadores de un instrumento normativo para el diseño de proyectos de agua potable en las áreas urbanas, peri-urbanas y rurales de nuestro país.

En el diseño de sistemas de agua potable, existen varios parámetros a considerar que son de gran importancia, entre éstos: la Dotación media diaria que determina el caudal medio diario, los Coeficientes K1 (Coeficiente de caudal máximo diario) y K2 (Coeficiente de caudal máximo horario). Para el diseño de sistemas de agua potable los tres parámetros nombrados anteriormente son asumidos por el proyectista en función a su experiencia y en base a la NB 689, la cual propone Dotaciones referenciales en función a la zona geográfica y al tamaño de población. Para el caso particular de Tarija ubicada en una zona geográfica tipo valle con más de 100.000,00 habitantes se recomienda una Dotación media diaria entre 200 a 250 (litros/habitante/día).

Para el Coeficiente de caudal máximo diario la Norma Boliviana NB 689, aconseja asumir valores entre $1,20 < k1 < 1,50$ y para el Coeficiente de caudal máximo horario propone rangos de valores en función al número de habitantes.

Actualmente, en la ciudad de Tarija no se cuenta con información oficial de los porcentajes de composición del Consumo de agua potable y la Dotación, ya que, según lo informado por COSAALT Ltda., no se han realizado investigaciones específicas de este tema en la determinación de Dotaciones per cápita y un análisis minucioso de los Coeficientes de variación.

Sin embargo, existen datos de micro medición mensual por cada usuario registrados en la base de datos de COSAALT Ltda., mediante los cuales se puede hacer un análisis del uso del agua por categoría de usuario.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Dotación de agua es un problema que afecta a muchas ciudades del mundo, dado el crecimiento de la población y los cambios en los usos y costumbres de las mismas.

La ciudad de Tarija no escapa a este problema, pues en los últimos años ha tenido crecimientos de población bastante considerados, dado básicamente a la migración interna que han traído como consecuencia la formación de nuevas áreas de población y que con ellas los problemas de índole infraestructural y de servicios básicos.

Las fuentes de agua potable son cada vez más escasas afectadas por el cambio climático, lo que está obligando a tener que explotar fuentes de agua subterránea (Pozos).

Es por ello que surge la necesidad de realizar una investigación acerca de la Dotación de agua en la ciudad de Tarija, mediante una evaluación del volumen de agua en litros consumido por cada poblador en un día y en cada hora, utilizando la técnica de la micro medición (medidores domiciliarios), en un área piloto previamente determinada; en donde se consideró los factores que afectan el Consumo de agua como: nivel socioeconómico, condiciones climáticas y número de habitantes. Asimismo, nos permitirá realizar una comparación con los parámetros de Dotación de agua establecidos por la NB 689.

La investigación permitirá planificar a largo plazo las políticas de suministro de agua y los valores estimados servirán como referencia para realizar diseños de sistemas de agua potable en poblaciones de similares características.

1.3. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA

Con el avance de la ciencia y la tecnología actualmente los sistemas de agua potable para una ciudad están debidamente equipados y su ejecución está controlada con estructuras de medición que nos permite conocer en la realidad de los parámetros de diseño.

En el caso particular que nos interesa, que son las demandas per cápita y su variación de la misma en el espacio y tiempo, existen las mediciones que se realizan mediante la micro medición (sistema utilizado por la facturación del Consumo), que nos permitirá conocer los siguientes parámetros: Demanda per cápita, Caudal medio diario, Caudal máximo diario y Caudal máximo horario.

Considerando que en la ciudad de Tarija existe actualmente 37,000 conexiones domiciliarias (Memoria Anual 2017 COSAALT Ltda.), y dada su diversidad de estrato socio económico, como así también que la ejecución del sistema de agua potable es variable en función de la época del año (corte de agua en periodo de estiaje de Septiembre – Noviembre), el presente estudio fue establecido considerando que el servicio es normal y continuo (mes de Mayo); además se determinó un área piloto, donde las condiciones de funcionamiento son adecuadas.

Mediante los valores obtenidos se podrán realizar diseños hidráulicos más óptimos desde el punto de vista técnico y económico.

1.4. ALCANCE

El presente trabajo supone una etapa preliminar de obtención y recolección de información asociada a una red de abastecimiento de agua potable de nuestra área

piloto, en el que se analiza la evolución periódica del Consumo para diferentes intervalos de tiempo, con el objeto de proporcionar parámetros de diseño acordes a las necesidades y características propias de nuestra ciudad y población.

Si bien es cierto que el comportamiento periódico o estacional de la demanda de agua, que puede estudiarse y predecirse con mayor o menor fiabilidad para un abastecimiento, está en función del número de datos de que se disponga, es necesario analizar la componente aleatoria que tiene esta demanda, por lo que contar con información de un periodo mínimo de un año, según la NB 689, sería lo ideal para desarrollar un tratamiento más profundo, pero el conjunto de actividades de operación y mantenimiento de nuestro sistema de agua potable, así como el tiempo en el que este servicio es continuo durante las 24 horas (pocos meses al año), hace que no podamos realizar un trabajo durante un año entero.

El presente estudio, busca de forma experimental teniendo en cuenta las micro mediciones de caudales de Consumo de agua, estimar la Dotación media diaria, y además calibrar los Coeficientes k_1 y k_2 . También se busca procesar la información histórica de caudales de consumo mensual, las cuales se disponen en la cooperativa COSAALT Ltda., información que se brindara a mi persona, con datos históricos de lo que va del año 2018 en los siete primeros meses del año en curso. En esta zona se trabajara con un circuito cerrado y se realizaran micro mediciones diarias y horarias para determinar la dotación y así también la calibración de los dos coeficientes. La finalidad de este trabajo es asignar a estos tres parámetros valores más precisos y puedan ser utilizados como referencia ya que son valores reales estimados.

Es de hacer notar que estos parámetros serán solamente válidos para el área piloto y zonas semejantes, para zonas con diferentes características estos valores no son válidos, con esto se logrará la optimización del manejo del agua y el diseño de los sistemas de agua potable en nuestra ciudad.

Luego de tener estos resultados estimados se comparará con los valores de acuerdo a la NB 689 para el caudal de Dotación y los Coeficientes de caudal máximo diario y horario (K1 y K2), analizándose su variación.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. Objetivo general

Estimar y Validar la Dotación media diaria per cápita y los Coeficientes de variación máximo diario y máximo horario (k1, k2) para el abastecimiento de agua potable en un área piloto de la ciudad de Tarija (zona del Barrio las Panosas), durante la gestión 2018 y establecer una comparación entre los parámetros de Dotación de agua establecidos por la NB 689.

1.5.2. Objetivos específicos

- a) Analizar la información histórica de los registros de las micro mediciones realizadas por COSAALT Ltda. en la zona de estudio.
- b) Realizar micro mediciones diarias y horarias a los medidores ya instalados en cada vivienda perteneciente al área piloto.
- c) Elaborar, sistematizar y procesar una encuesta, considerando la medición de Consumos en micro medidores, el número de personas existentes en las viviendas y el tipo de vivienda.

- d) Realizar un análisis entre los datos históricos de Consumo brindados por COSAALT Ltda. y el comportamiento de los Consumos debido a la lecturación, así determinar el caudal medio diario es decir la demanda per cápita.
- e) Calibración de los Coeficientes k_1 (Coeficiente de máximo caudal diario) y k_2 (Coeficiente de máximo caudal horario).
- f) Realizar distintos análisis de Dotaciones de agua para: diferentes tipos de viviendas (unifamiliar y multifamiliar), con la variación de temperatura y el comportamiento de Consumo de agua los fines de semana.

1.6. LIMITANTES DEL ESTUDIO

- Debido a que la Norma Boliviana NB 689 determina, que el Consumo medio diario de una población, debe ser estimado en un estudio realizado en un periodo de un año de registros y esta investigación pretende determinar el Consumo medio diario realizado en un solo mes de observaciones, es por este motivo que no se pretende contradecir los valores presentados en la NB 689, pero si crear una cuestionante de dichos valores.
- Este estudio de investigación no se pudo realizar como indica la NB 689, que se deberían estimar los parámetros en un año de estudio, debido a que las condiciones de abastecimiento de agua en el sistema no son constantes durante todo el año, donde existen meses en los cuales el suministro de agua es discontinuo y en algunas horas del día es nulo.

- El tiempo como determinante fundamental de este trabajo final, al ser un tiempo limitado en el cual se desarrolla la materia de Proyecto de Grado Final II, es uno de los principales motivos para que este estudio se lo haya realizado en un tiempo limitado, y no así de acuerdo a lo que indica la Norma.

1.7. HIPÓTESIS

Con la medición de caudales en un área piloto dentro del Barrio las Panosas en la ciudad de Tarija y el procesamiento de su cálculo, se optimizarán los parámetros de diseño de los sistemas de agua potable.

1.8. VARIABLES

Para la investigación, se establecieron dos variables para el diseño de la encuesta, variables a las cuales corresponden preguntas en específico:

Variable dependiente. - Número de habitantes en cada vivienda, tipo de vivienda (unifamiliar y multifamiliar) y categoría de uso.

Variable independiente. - Consumo de agua

1.9. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación es de tipo DESCRIPTIVA – EXPERIMENTAL.

Descriptiva. - El objetivo de la investigación descriptiva consiste en la descripción exacta de las actividades, objetos, procesos y personas. Su meta no se limita a la recolección de datos, sino a la predicción e identificación de las relaciones que existen entre dos o más variables. Los investigadores recogen los datos sobre la base de una hipótesis o teoría, exponen y resumen la información de manera cuidadosa y

luego analizan minuciosamente los resultados, a fin de extraer generalizaciones significativas que contribuyan al conocimiento.

Experimental. - Es cualquier investigación realizada con un enfoque científico, donde un conjunto de variables se mantiene constantes, mientras que el otro conjunto de variables se mide como sujeto del experimento. La investigación experimental es uno de los métodos de investigación cuantitativa principales.

1.10. METODOLOGÍA

La ejecución de este estudio se inició con una investigación de campo mediante la observación de la población y sus actividades. Además, se realizó la micro medición de Consumos diarios durante un período de aproximadamente un mes en usuarios del área piloto, así mismo se realizó una micro medición horaria en el día de máximo Consumo, esta lecturación horaria se realizó las 24 horas del día comenzando desde las 00:00 horas hasta las 24:00 horas del mismo día. Los datos obtenidos de esta investigación se analizaron para estimar el Consumo per cápita y la calibración de los Coeficientes de caudal máximo (diario y horario).

La medición de Consumos se realizó mediante un análisis de micro medición por cada usuario registrado en la base de datos de COSAALT Ltda. de la respectiva zona.

Se procedió a realizar una encuesta característica para poder determinar el número de habitantes que consumen agua en un domicilio y si el micro – medidor corresponde a uso doméstico, comercial, colegio, etc. así poder considerar solo los domicilios que correspondan a un consumo netamente doméstico.

Posteriormente, se recopiló la información de la micro medición que realiza COSAALT Ltda., datos mensuales de Consumo y se procedió al procesamiento de la misma y en conjunto con la población actual mediante datos de la encuesta realizada, se determinó la composición de la demanda de agua potable y se estimó la Dotación.

Posteriormente se realizaron varios análisis y comparaciones de los resultados obtenidos, de los Consumos de agua diarios, entre estos análisis tenemos: análisis de los Consumos de agua diarios de uso doméstico y la variación de la temperatura ocurrida en los días de la lecturación, análisis de los Consumos de agua para diferentes tipos de viviendas (unifamiliares y multifamiliares), análisis de pérdidas de agua existentes dentro de los domicilios, determinación de los parámetros considerando pérdidas asumidas, determinación de los parámetros sin considerar pérdidas, comparación de resultados obtenidos con la NB 689, y por último se realizó una comparación de resultados obtenidos con otras investigaciones similares.

2. CAPÍTULO II. MARCO CONCEPTUAL

2.1. EL AGUA

La estructura químicamente pura del agua se define como la unión de dos moléculas de hidrogeno con una molécula de oxígeno. Se considera al agua una molécula de gran versatilidad, pues en la naturaleza se puede encontrar en forma líquida, sólida y gaseosa dependiendo de la temperatura y presión a la que esté expuesta. Una de las principales características del agua es su gran polaridad, la cual permite que presente capacidad de adición y cohesión con otras sustancias, actuando como un potente disolvente (Sancho, 2007). Debido a esta característica, el agua que se encuentra en la naturaleza va incorporada de diversas sustancias, vivas e inertes, provenientes del medio por donde transita.

Así mismo, fuentes de contaminación como los desechos de la industria, propician la adición de otros elementos que alteran la composición del agua como tal. Consecuentemente, se ha caracterizado al agua como una sustancia con alta actividad biológica y, por tanto, se deben tomar medidas necesarias de procesamiento y potabilización para que su consumo sea inocuo en los seres humanos (Mataix Verdú, 2009).

2.1.1. Aguas aptas para el consumo humano

La Organización Mundial de la Salud (OMS) conjuntamente con la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) propusieron ciertos reglamentos para aguas de consumo humano, las cuales fueron descritas en la norma del Codex Alimentarius. Bajo esta norma se proponen parámetros de calidad

para aguas minerales naturales, aguas potables envasadas, prácticas de higiene para aguas potables envasadas y prácticas de higiene para la captación, elaboración y comercialización de aguas minerales naturales (OMS; FAO, 2007).

Dentro de los criterios de calidad, se evalúan las características físicas como olor, sabor y color, las características químicas como la alcalinidad, la dureza, la presencia de solutos y características biológicas, en las cuales se evalúa parámetros microbiológicos. Por definición, las aguas aptas para el consumo humano son aquellas que pueden considerarse inocuas para la salud al no poseer microorganismos, parásitos u otras sustancias que pueden ser causa de patogenicidad. Por tanto, las aguas consideradas aptas para el consumo humano pueden ser utilizadas con fines de hidratación y domésticos, higiene personal, preparación de alimentos y conservación de productos alimenticios sin causar potenciales riesgos para la salud.

En atención a la Norma Boliviana “Agua Potable Requisitos” (NB 512), los parámetros de control de calidad del agua para Consumo humano que deben realizar las EPSA, se agrupan de acuerdo a su factibilidad técnica y económica en los siguientes grupos: Control Mínimo, Control Básico, Control Complementario y Control Especial.

Tabla 1: Parámetros de Control Mínimo

Parámetro	Valor máximo aceptable
pH	6,5 – 9,0
Conductividad	1.500 $\mu\text{S}/\text{cm}^*$
Turbiedad	5 UNT
Cloro residual	0,2 – 1,0 mg/l
Coliformes termoresistentes**	< 1 UFC/100 ml
<i>Escherichia coli</i> **	< 1 UFC/100ml < 2 NMP/100ml

* El valor máximo aceptable de la conductividad, se puede expresar también como 1.000 mg STD/l.

** Para el cumplimiento del Control Mínimo, es suficiente realizar uno de estos dos ensayos, ya que ambos identifican la presencia de bacterias.

La temperatura, se debe medir en el punto de muestreo y en laboratorio a tiempo de realizar los análisis. Sirve como referencia para los análisis microbiológicos y para el cálculo del Índice de Langelier.

Tabla 2: Parámetros de Control Básico

Parámetro	Valor máximo aceptable
Físicos	
Color	15 UCV
Químicos	
Sólidos totales disueltos	1.000 mg/l
Químicos Inorgánicos	
Alcalinidad total	370,0 mg/l de CaCO_3
Calcio	200,0 mg/l
Cloruros	250,0 mg/l
Dureza	500,0 mg/l de CaCO_3
Hierro total	0,3 mg/l
Magnesio	150,0 mg/l
Manganeso	0,1 mg/l
Sodio	200,0 mg/l
Sulfatos	400,0 mg/l

Tabla 3: Parámetros de Control Complementario

Tabla N° 3. PARÁMETROS DE CONTROL COMPLEMENTARIO

Parámetro	Valor máximo aceptable
a) Químicos Inorgánicos	
Aluminio	0,1 mg/l
Amoniaco	0,5 mg/l
Arsénico	0,01 mg/l
Boro	0,3 mg/l
Cobre	1,0 mg/l
Fluoruro	1,5 mg/l
Nitritos	0,1 mg/l
Nitratos	45,0 mg/l
Plomo	0,01 mg/l
Zinc	5,0 mg/l
b) Microbiológicos	
Bacterias	
Coliformes totales	< 1 UFC/100 ml
<i>Escherichia coli</i>	< 1 UFC/100 ml
Heterotróficas	500 UFC/100 ml
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	< 1 UFC/100 ml
<i>Clostridium perfringens</i>	< 1 UFC/100 ml
Parásitos	
<i>Cryptosporidium</i> sp.	Ausencia
Giardia sp.	Ausencia
Amebas	Ausencia

Fuente: Norma Boliviana 512 Reglamento

2.1.2. Importancia de la ingesta de agua como medio de hidratación

El agua no se almacena en el cuerpo, por lo cual su aporte debe ser constante a lo largo del día, evitando periodos de deshidratación, en los cuales se alcanzan medios hipertónicos que son desfavorables para el correcto funcionamiento del organismo. Es importante considerar que el agua de consumo humano debe poseer una adecuada composición salina, ya que si la cantidad de sales es elevada puede llevar a estados de deshidratación mientras que si es insuficiente puede generar una pérdida importante de electrolitos corporales (Mataix Verdú, 2009).

La cantidad de solutos como el azúcar o la cafeína, presentes en las bebidas comerciales, retrasan el proceso de hidratación e inclusive pueden contribuir con la aparición de cuadros de deshidratación, ya que para la degradación de estos sustratos el cuerpo utiliza cantidades considerables de líquidos. (Popkin, D'anci, & Rosenberg, 2011).

2.2. FUENTES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA

La fuente es el origen de donde proviene el agua a ser abastecida y puede encontrarse de manera superficial en: lagos, lagunas, ríos, quebradas o provenir de forma subterránea desde manantiales, acuíferos, pozos, entre otros.

Los parámetros fundamentales para su selección son la calidad del agua, el costo que represente el tratamiento de la misma y la cantidad utilizable de la fuente. Además, se debe considerar los posibles daños que se pueden producir en el medio ambiente al captar el agua de la fuente y procurar minimizarlos. La fuente seleccionada debe ser accesible para poder realizar las funciones tanto de operación como de mantenimiento.

2.3. RED DE DISTRIBUCIÓN

La red de distribución es un conjunto de tuberías, accesorios y dispositivos que permiten el suministro de agua a los consumidores de forma constante, con presión apropiada, en cantidad suficiente y calidad adecuada para satisfacer sus necesidades domésticas, comerciales, industriales y otros usos.

En la medida de lo posible las redes deben estar constituidas por mallas, pero si las poblaciones se encuentran muy dispersas en el territorio de abastecimiento se buscará

la manera más adecuada para la distribución de agua, las redes de distribución se clasifican según el diámetro y la función que desempeñe cada una.

- Red matriz

Son redes principales cuyo objetivo es transportar el agua potable desde el tanque de almacenamiento hacia las redes menores y debe cumplir con los siguientes parámetros de diseño.

- a) Los domicilios no deben tener una conexión directa a las redes matrices y más aún si los diámetros son mayores.
- b) Colocar las tuberías cerca a los usuarios de mayor demanda de agua y hacer un análisis de la zona con el fin de evitar problemas de interrupción con obras existentes o futuras.
- c) Dimensionar la red matriz en base al caudal máximo horario acumulado.

- Redes menores

Estas redes se colocan para enviar el agua desde las redes matrices hacia las acometidas domiciliarias y cumplir con ciertas especificaciones técnicas de diseño detalladas en la NB 689.

- a) Estas redes deben estar conectadas entre sí y evitar ramificaciones aisladas.
- b) En caso de no poder evitar puntos aislados se deberá colocar doble tubería o en el extremo un hidrante tipo boca de fuego.
- c) Las redes generalmente estarán separadas un metro desde el bordillo de cada domicilio o institución.

En un sistema de abastecimiento de agua potable, se pueden distinguir dos tipos principales de distribución: el sistema de red abierta y el de malla cerrada.

a) Red abierta o ramificada

La red está constituida por tuberías que forman ramificaciones a partir de una línea principal. La red abierta puede aplicarse en poblaciones semi dispersas y dispersas o cuando por razones topográficas o de conformación de la población no es posible un sistema cerrado.

En este sistema la tubería matriz o principal se instala a lo largo de una calle, de la cual se derivan las tuberías secundarias. La desventaja es que el flujo está determinando en un solo sentido, y en el caso de sufrir desperfectos (como averías) pueda dejar sin servicio a una parte de la población. Otra desventaja es que en el extremo de los ramales secundarios se dan los puntos muertos, es decir el agua ya no circula, sino que permanece estancada, estática, creando olores y sabores desagradables y poniendo en riesgo la salud de la población beneficiada. Entonces en los puntos muertos es necesario instalar válvulas de purga, con la finalidad de limpiar y evitar la contaminación del agua.

b) Red cerrada o anillada

La red está constituida por tuberías que forman circuitos cerrados o anillos. La red cerrada puede aplicarse en poblaciones concentradas y semi – concentradas mediante redes totalmente interconectadas o redes parcialmente interconectadas.

c) Red mixta o combinada

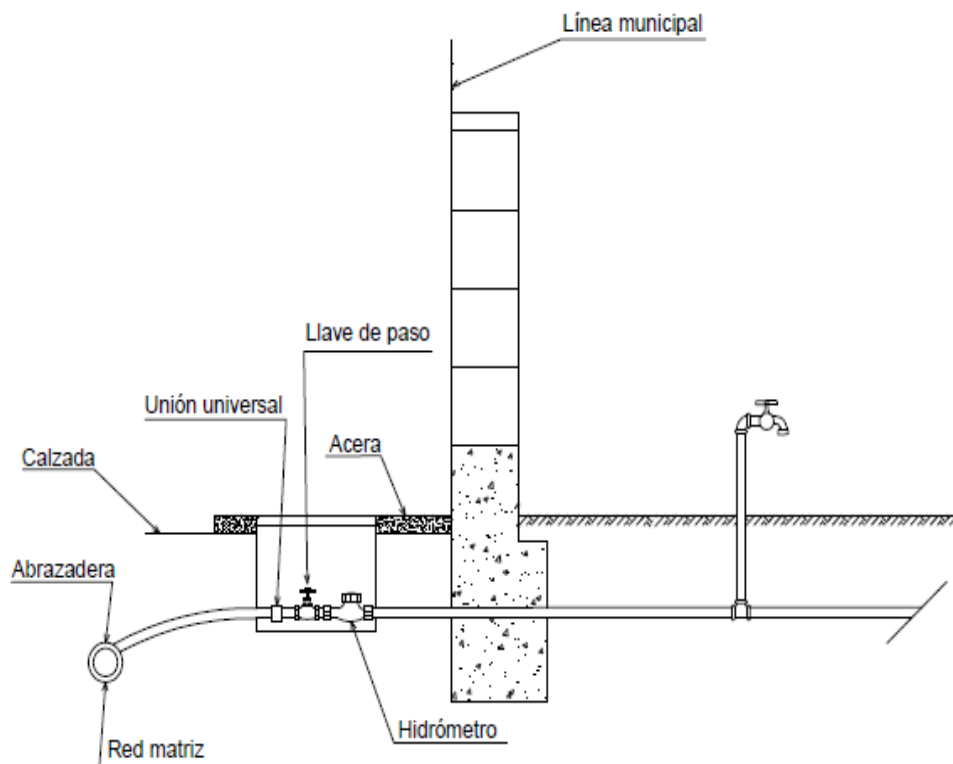
De acuerdo a las características topográficas y distribución de la población, pueden aplicarse en forma combinada redes cerradas y redes abiertas.

2.4. ACOMETIDAS DOMICILIARIAS

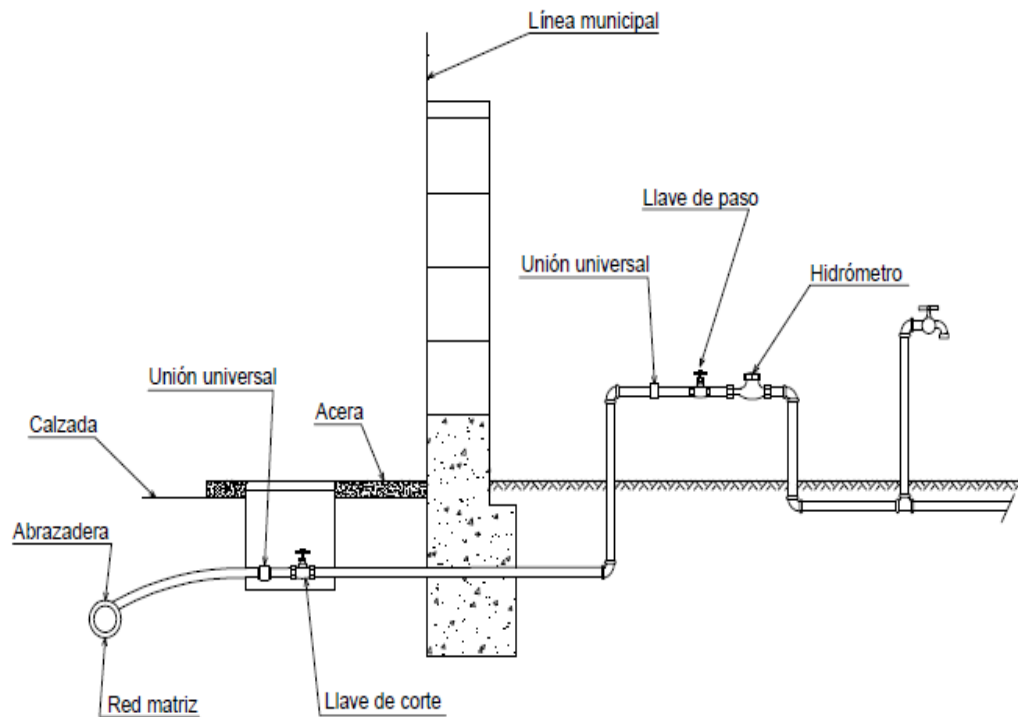
Las acometidas permiten llevar el agua desde las redes menores hasta los puntos de control que son los micro medidores y deben poseer accesorios como: unión de acople, collarín, tubería, codos y niples, micro-medidor (hidrómetro) y llave de paso.

Existen dos formas de instalación de acometidas domiciliarias; dentro de la vivienda y fuera de la vivienda, en nuestro medio actualmente la más usada y por tener más beneficios al momento de la lectura se realiza la instalación de la acometida fuera de la vivienda.

Gráfica 1: Acometida Domiciliaria fuera de la vivienda



Gráfica 2: Acometida Domiciliaria dentro de la vivienda



Fuente: Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias 2001

Como se puede observar en el Gráfica 2, la instalación de la acometida domiciliaria de acuerdo a la norma debe contar con una pileta de control instalada dentro del domicilio, para poder verificar si el medidor está funcionando correctamente y si presenta la medición exacta.

En nuestro medio no se procede a instalar esta pileta de control, por tal motivo cuando se producen problemas en los micro medidores se procede a quitar el medidor para llevar a un banco de medidores y verificar su buen funcionamiento.

2.5.MEDICIÓN DE CONSUMO

Es importante realizar la medición de Consumos de agua potable, porque nos permite obtener un registro de la cantidad de agua utilizada diariamente por las

personas y con esto poder desarrollar proyectos que respondan a necesidades reales de la población y disminuir errores en el diseño de obras tanto de agua potable como de alcantarillado.

2.5.1. Macro Medición

Es el conjunto de elementos y actividades permanentes destinadas a la obtención, procesamiento, análisis y divulgación de los datos operacionales relativos a los flujos, volúmenes, presiones y niveles en sistemas de abastecimiento de agua potable.

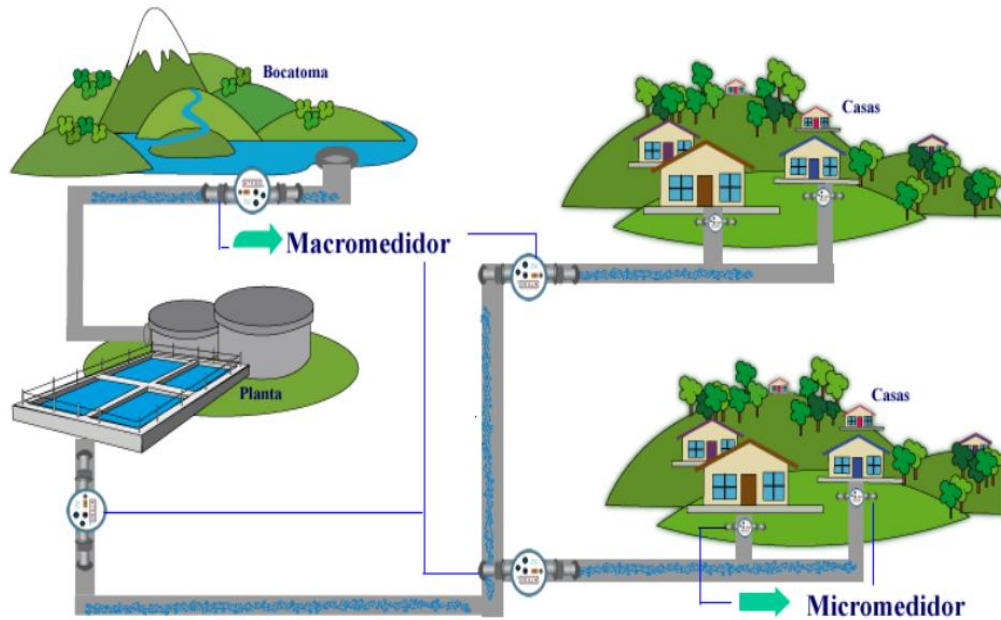
Consiste en un dispositivo instalado a la salida del tanque de almacenamiento o al ingreso de las redes de distribución que permite obtener datos de Consumo reales, con los cuales se puede calcular las pérdidas del sistema y generar planes de control. Además, esta información puede ser útil en el caso de requerir una ampliación en los sistemas de agua potable.

2.5.2. Micro Medición

La micro medición es la actividad que se refiere a la medición, instalación y reparación de los micro medidores, los cuales se definen como un instrumento de carácter obligatorio e independiente utilizado para registrar el Consumo de agua de cada usuario y de esta manera determinar la composición de la demanda en cada población.

Según Ochoa y Bourguett (2001), dice que la micro medición del agua es el conjunto de equipos, elementos y actividades que permiten obtener, analizar y divulgar datos operacionales relativos a los caudales, volúmenes, presiones y niveles de agua en los sistemas de abastecimiento.

Gráfica 3: Características de Instalación de medidores de agua potable



Fuente: Elaboración propia

2.5.2.1. Funcionamiento del Micro – Medidor en Campo

Las técnicas de uso eficiente en las ciudades se pueden clasificar en cinco grupos: medición, detección y reparación de fugas, sistemas tarifarios, reglamentación, comunicación y educación. La micro medición tiene por objeto cuantificar periódicamente el Consumo de agua de cada usuario con fines de facturación, de asegurar que los Consumos sean racionales y para mantener un equilibrio adecuado entre la producción y la demanda de agua. (Uso eficiente del agua, 1994).

Gráfica 4: Micro – medidor de agua potable



Fuente: Elaboración propia

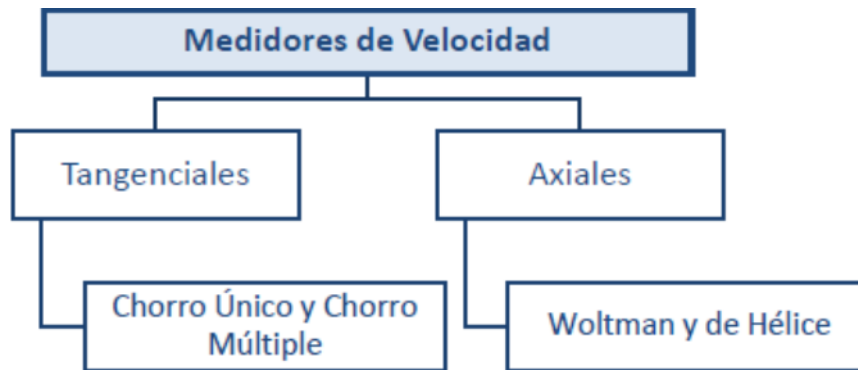
2.5.2.2. Tipos de Micro Medidores

Los tipos de medidores más comunes utilizados en la micro medición son:

a) Medidores de velocidad

Su trabajo se lleva a cabo a través de una caja en donde se encuentra una turbina que gira, como resultado del paso del agua, a cierta velocidad la cual determina el volumen de agua que se consume (AVINA, 2012).

Gómez, Cavalcanti & Rojas (1982) mencionan que los medidores de velocidad se dividen en sistemas tangenciales y axiales dependiendo de la dirección del flujo de agua respecto al eje de la turbina.

Gráfica 5: Clasificación de los micro medidores de velocidad

Fuente: Gómez, Cavalcanti & Rojas (1982)

b) Medidores volumétricos

El Consumo se puede determinar dependiendo de las veces que el agua complete la capacidad de una cámara de volumen conocido, ubicada en su interior. Es importante que el agua que ingrese a la cámara sea lo más limpia posible, para que ésta no se llene de desechos y se genere un registro erróneo del consumo o daños en el sistema.

Los sistemas actualmente empleados para medir el Consumo de forma volumétrica son de disco rotativo y pistón oscilante, los cuales se diferencian en su mecanismo de funcionamiento y proceso de producción. El sistema rotativo está formado por piezas esféricas y cónicas, y su componente móvil lleva una esfera en la mitad. El sistema de pistón tiene únicamente elementos planos y cilíndricos (Gómez, Cavalcanti, & Rojas, 1982).

2.6. DOTACIÓN Y CONSUMO DE AGUA

La Dotación es la demanda de agua de una población para cubrir sus necesidades; se la obtiene por medio de un estudio en el cual están las necesidades de los demandantes: saciar la sed, lavar ropa, aseo personal, cocinar, limpieza, riego de jardines y calles, baños, uso público; es decir la cantidad de agua que se asigna para cada habitante y que incluye el consumo de todos los servicios en un día, considerando las pérdidas.

La Dotación de agua es afectada por muchos factores, por la cual no es una cantidad fija haciendo que esta sea casi un rasgo de una sola comunidad.

Dependiendo de la población que se desee abastecer el Consumo de agua está atado a una serie de factores propios de cada lugar y varían entre municipios, como también puede variar de un lugar de abastecimiento a otro dentro del mismo municipio. Los factores que influyen en el cálculo de la Dotación de agua de un lugar son: clima, nivel de vida de la población, costumbres de la población, sistema de provisión y cobranza, calidad del agua suministrada, costo del agua (tarifa), presión en la red de distribución, Consumo comercial, Consumo industrial, Consumo público, pérdidas en el sistema y existencia de red de alcantarillados.

A continuación, se muestran algunas investigaciones acerca del Consumo de aguas realizadas por diferentes instituciones y organizaciones:

- UNICEF. (2003). Indica “Los habitantes de los países industrializados utilizan como promedio entre 400 y 500 litros de agua al día. En los países en desarrollo, se considera que la población tiene acceso al agua dulce si puede obtener 20 litros de agua por persona al día sin recorrer más de 1 kilómetro de

distancia desde su hogar. En muchas zonas, la población tiene que vivir con una menor cantidad de agua.”

- CEPIS. (2006). En zonas que cuentan con sistemas de distribución de agua potable, el Consumo de agua se sitúa entre 140 a 180 litros diarios per cápita. Mientras en aquellos lugares donde el líquido vital es distribuido en tambores u otros recipientes, el uso disminuye hasta alcanzar 60 o 70 litros diarios por persona.
- EPSEL S.A. (2010). Consumo doméstico está constituido por el consumo familiar de agua y que incluye las bebidas, lavado de ropa, baño y aseo personal, cocina, limpieza y adecuado funcionamiento de las instalaciones sanitarias, el cual representa generalmente el Consumo predominante en el diseño del sistema de agua potable.

Tabla 4: Consumo de agua de uso doméstico

CLASE DE CONSUMO	lts/hab./día
Bebida	3
Uso cocina	10
Lava ropa	15
Limpieza de baño	4
Higiene personal	20
Limpieza del hogar	8
Dotación del consumo doméstico	60

Fuente: Epsel S.A.

- ROMERO / SONNTAG

Tabla 5: Dotaciones domésticas per cápita en zonas urbanas

Región	Vivienda	
	popular	residencial
Altiplano	60 l/c/d	150 l/c/d
Valle	80 l/c/d	175 l/c/d
Trópico (Llanos)	100 l/c/d	200 l/c/d

Tabla 6: Consumos de agua potable por tipo de uso

Grupo	No. corr.	Tipo de uso	Consumo aproximado	
Residencias permanentes comunitarias	1	Cuarteles	150	l/persona/día
	2	Orfanatorios, asilos y casas-cuna		
	3	Escuelas internas		
Escuelas	4	Escuelas externas	50	
	5	Escuelas semi-internas	100	
	6	Universidades		
Residencias eventuales	7	Hoteles sin cocina ni lavandería	200	l/habitación/día
	8	Hoteles con cocina y lavandería	300	
Servicios públicos	9	Edificios públicos	50	l/persona/día (indistintamente funcionarios + público visitante)
	10	Servicios médicos ambulatorios	100	l/persona/día (indistintamente funcionarios + pacientes)
	11	Hospitales	400	l/cama/día
Comercio	12	Edificios comerciales	50	l/c/d (indistintamente personal + clientes)
	13	Restaurantes	30	l/ración
	14	Lavanderías	1000	l/Kg. de ropa seca
	15	Gimnasios	50	l/cliente/día
	16	Gasolineras con servicio de lavado	400	l/vehículo lavado
	17	Mataderos artesanales – animales pequeños	200	l/cabeza abatida
	18	Mataderos artesanales – animales grandes	400	

Fuente: ROMERO / SONNTAG, Tabla 19, pág. 155 (extracto)

2.7. CONSUMOS DE AGUA POTABLE

Se entiende por Consumo, como el uso neto de agua potable suministrada sin considerar las pérdidas que se podrían producir en los diferentes sistemas de abastecimiento y puede expresarse en litros/hab./día o m³/día (Rodríguez, 2001).

El Consumo de agua está en función de varios factores propios a la localidad que se abastece y dependiendo de cada caso, podrá variar de una zona a otra, en una misma ciudad. (Aguirre, A. Determinación de la Dotación del Agua).

El Consumo de agua puede verse afectado por causas como, la categoría de usuario, el clima, los hábitos, la calidad, la densidad de población, el tipo de actividad económica de la zona, la facilidad o dificultad de acceder al recurso hídrico (Rodríguez, 2001).

McGhee (1999) señala que el tamaño de la ciudad influye en el Consumo de agua especialmente en pequeñas poblaciones. Esto se debe a que en esos casos el uso del agua es restringido ya que no cuentan con un adecuado sistema de alcantarillado y agua potable, generalmente estos problemas se presentan en zonas con un nivel económico bajo influyendo también en la cantidad de agua consumida en una población.

Otro factor a considerar en el Consumo de agua es la medición de la misma, los usuarios tienden a disminuir su uso cuando hay control ya que esto incide en su economía. Una de las ventajas de medir el consumo es que se puede identificar patrones según la categoría de usuario y de esta forma desarrollar mejores planes para adecuados sistemas de agua potable (McGhee, 1999).

2.7.1. Tipos de Consumo

En el abastecimiento de una localidad, deben ser consideradas varias formas de Consumo de agua, que se pueden describirse así:

2.7.1.1. Consumo Doméstico

Es el Consumo en las viviendas, el agua utilizada para Consumo humano, sanitarios, cocina, aseo personal, etc. La determinación del Consumo doméstico varía de acuerdo al nivel económico de los consumidores, tamaño de la ciudad, etc.

- a) En el aseo personal
- b) En la descarga de los excusados
- c) En la cocina
- d) En la bebida
- e) En el lavado de ropa
- f) En el riego de jardines
- g) En la limpieza en general
- h) En el lavado de automóviles
- i) En el aire acondicionado

2.7.1.2. Consumo Comercial

Incluye el suministro a instalaciones comerciales (Tiendas, bares, restaurantes, estaciones de servicio, entre otros.) y de oficinas, y en él deberán estudiarse los Consumos puntuales o concentrados de demandas, así como realizar un estimativo de los Consumos futuros. Su importancia dependerá de las condiciones locales. Para establecer el uso comercial, se debe utilizar un censo comercial y realizar un

estimativo de Consumos futuros. Se debe cuantificar y analizar detenidamente la Dotación comercial de acuerdo con las características de dichos establecimientos.

2.7.1.3. Uso Industrial

Agua como materia prima, agua consumida en procesamiento industrial, agua utilizada para congelación, agua necesaria para las instalaciones sanitarias, comedores, etc. Para estimar el uso industrial, se debe utilizar censos industriales y estimativos de Consumos futuros. Se debe cuantificar y analizar detenidamente la Dotación Industrial de acuerdo con las características de dichos establecimientos. Deben estudiarse los Consumos puntuales o concentrados demandados con el fin de establecer los posibles grandes consumidores.

2.7.1.4. Uso para fines Públicos

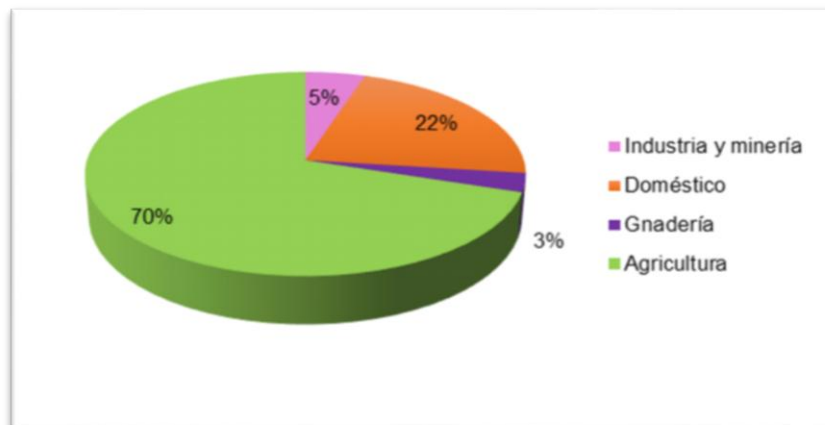
El Consumo para uso público utilizado en los servicios de aseo, riego de jardines y parques públicos, fuentes públicas y demás, se estimará entre el 0% y el 3% del Consumo medio diario doméstico, siempre y cuando no existan datos disponibles. En caso de que estos datos existan, servirán para establecer la proyección del uso público en el municipio.

2.7.1.5. Uso Institucional

Incluyen los Consumos de agua en hoteles y edificios públicos: hospitales, cárceles, etc. así como para las escuelas que deberán analizarse según las características de concentración de población estudiantil durante el día. Deben identificarse los establecimientos y predios que requieran una dotación especial

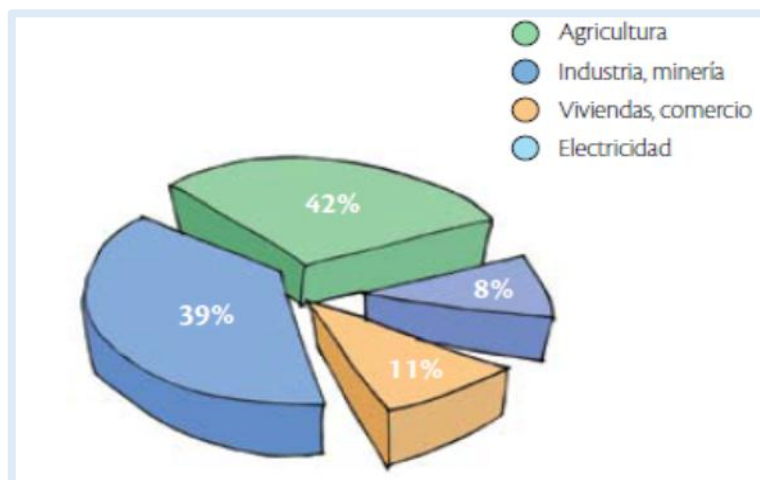
debido a las características de sus actividades, tales como hospitales, cárceles, hoteles etc.

Gráfica 6: Usos del agua en el Mundo



Fuente: Hacia la década del Agua

Gráfica 7: Usos del agua en Bolivia



Fuente: <http://www.recursos/naturales.org.bo> (La Paz, Agosto 2009)

2.8. FACTORES QUE AFECTAN EL CONSUMO DE AGUA

Los principales factores que afectan el Consumo de agua son: el tipo de comunidad, factores económicos y sociales, factores climáticos y tamaño de la comunidad. Independientemente que la población sea rural o urbana, se debe considerar el consumo doméstico, el industrial, el comercial, el público y el consumo por pérdidas.

Las características económicas y sociales de una población pueden evidenciarse a través del tipo de vivienda, siendo importante la variación de consumo por el tipo y tamaño de la construcción.

El Consumo de agua varía también en función al clima, de acuerdo a la temperatura y a la distribución de las lluvias; mientras que el Consumo per cápita, varía en relación directa al tamaño de la comunidad.

A continuación mencionamos los principales factores que afectan el Consumo de agua:

2.8.1. Número de habitantes y tipos de comunidad

Al parecer aquellas zonas con mayor número de personas, pudiesen demandar mayores cantidades de agua, bajo la influencia decisiva del tipo de comunidad en donde desarrollen sus actividades por esta razón es importante conocer, estimar el número de personas de las zonas y su influencia en las cifras de consumo de agua potable.

2.8.2. Nivel socioeconómico de los habitantes

Las características económicas sociales de una población pueden evidenciarse a través del tipo de vivienda. Esto está relacionado directamente con sus ingresos monetarios, lo cual implica que, a mayores ingresos, mejores son las condiciones en cuanto a la calidad de vida, lo cual hace suponer que los Consumos de agua sean mayores (mayor número de salas de baño, piscinas, automóviles, etc.), en comparación con aquellas zonas que presentan un nivel socioeconómico bajo Arocha, S. (1997).

2.8.3. Condiciones climáticas

El clima es un factor determinante en los Consumos de agua. La influencia de los cambios de temperatura y del calor, las épocas de sequía sobre una determinada región. Estas condiciones climáticas suponen un aumento en la cantidad de agua a consumir, por ejemplo, las áreas verdes deben ser regadas mayor número de veces en épocas de sequía que en épocas de lluvias, el calor predominante en una zona implica mayor utilización de la sala de baño (ducha) y un aumento en el agua para el Consumo humano a fin de aminorar los efectos producidos por las altas temperaturas.

2.8.4. Pérdidas y desperdicios

Las pérdidas o desperdicios se conocen como agua que no es contabilizada. El agua no contabilizada es atribuida a errores en la lectura de los medidores, conexiones ilegales y fugas en los sistemas de distribución. La pérdida o desperdicio se puede reducir significativamente mediante el mantenimiento cuidadoso de los sistemas y un programa regular de re-calibración y reemplazo de micro medidores.

Dentro del proceso de diseño, esta cantidad de agua se puede expresar como un porcentaje del Consumo del día promedio y representa un 10 – 40 por 100 del Consumo total, dentro de las pérdidas se consideran las siguientes:

- a) Pérdidas en la conducción
- b) Pérdidas en el proceso de tratamiento
- c) Pérdidas en la red de distribución
- d) Pérdidas en las conexiones domiciliarias

2.8.4.1. Agua no contabilizada

Es la diferencia entre el agua producida y el agua facturada. El agua no contabilizada no es sinónimo de pérdidas, ya que existen Consumos legales que no son facturados, pero no necesariamente representan pérdidas, por ejemplo, uso de hidrantes, riego de parques públicos, llenado de tanqueros, entre otros (EMAAP - Q, 2009).

2.8.4.2. Pérdidas de agua

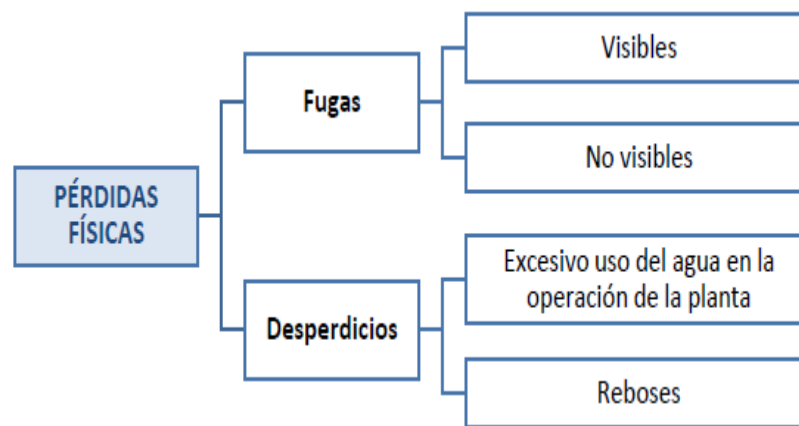
Es la diferencia entre el total de agua distribuida a un sistema, menos el Consumo facturado de los usuarios autorizados y el volumen de agua utilizada legalmente que no se mide ni se factura (agua no contabilizada). Las pérdidas de agua se clasifican en físicas y comerciales.

a) Pérdidas físicas de agua

Estas pérdidas se presentan en forma de fugas y desperdicios, que influyen al momento de determinar la Dotación bruta de una población, y pueden producirse por factores que pueden ser controlados o no.

En cuanto a la calidad de los materiales, las presiones y procesos constructivos se pueden tomar acciones para mejorar el diseño y disminuir las pérdidas; sin embargo, hay elementos externos como propiedades del agua y el suelo o fenómenos naturales que no pueden ser controlados (Albarrán, y otros, 1997).

Gráfica 8: Clasificación de pérdidas físicas de agua potable de uso doméstico



Fuente: Laura (2007)

Los desperdicios pueden ocurrir debido a reboses en los tanques de almacenamiento evidenciados en infiltraciones ocasionadas por grietas o cuando el reservorio ha alcanzado su máxima capacidad de llenado y no se cuenta con válvulas de corte. También, estos desperdicios pueden producirse en las plantas de tratamiento al momento de realizar el mantenimiento de su infraestructura (Laura, 2007).

Por otro lado, las fugas representan un mayor problema en los micro medidores de agua de uso domésticos, y generalmente se producen por daños en las instalaciones y accesorios de los sistemas, además no existe un mantenimiento constante y las

entidades encargadas no desarrollan un plan para su debido control (Hazen & Sawyer, 2011).

Existen varios métodos de mantenimiento que pueden contribuir a la disminución de fugas en los sistemas de agua potable (Albarrán, y otros, 1997).

- **Mantenimiento correctivo – Pasivo**

Este método es empleado cuando ya se ha detectado el origen de la fuga de agua, la misma que es visible porque presenta una disminución en la presión y cantidad de agua que llega a los usuarios, y consiste en la reparación de las tuberías en las cuales las fallas han sido identificadas.

- **Mantenimiento preventivo**

Son actividades ejecutadas continuamente para evitar la aparición de nuevas fugas, las cuales pueden ser previstas conociendo el tiempo de uso, calidad y que tan habituales son los daños en las instalaciones. Las actividades a desarrollarse son generalmente pruebas, inspecciones, lubricaciones de los elementos que conforman las tuberías y reparaciones de los componentes según los análisis realizados.

- **Control de presiones**

Para evitar la creación de nuevas fugas y pérdidas del volumen de agua en las redes de distribución, es necesario mantener las presiones mínimas y máximas dentro de los límites establecidos. Este objetivo puede ser alcanzado mediante un correcto trazado de las redes, donde se identifique claramente los sectores de mayor Consumo.

- **Detección sistemática de fugas no visibles**

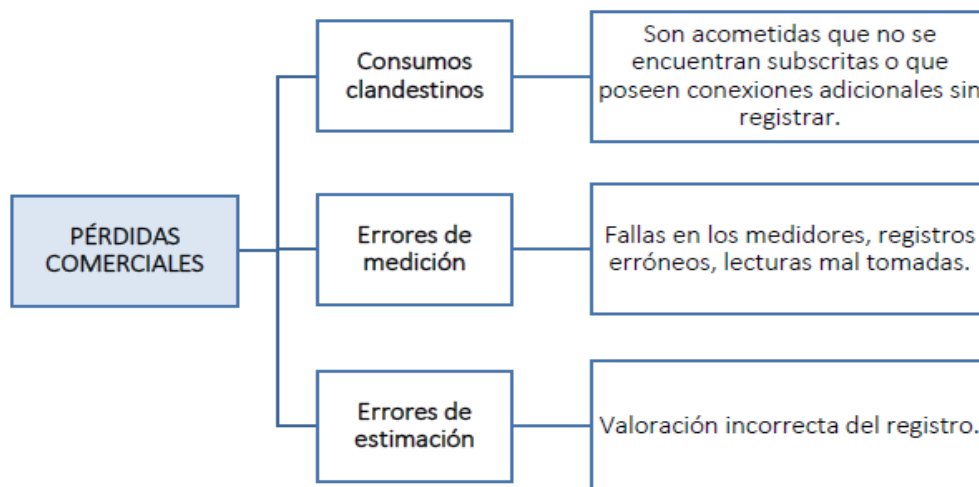
Con el fin de localizar y reparar las fugas de manera inmediata, se hace uso de detectores acústicos que mediante ondas permiten identificar las pequeñas salidas de agua e impedir que se agraven generando mayores inconvenientes a los usuarios.

- b) Pérdidas comerciales de agua**

Se denominan pérdidas comerciales a aquellas que se producen por la inexactitud de la medición, pueden producirse por averías en los equipos, mala calibración o que los instrumentos hayan excedido su tiempo de vida útil. También, estas pérdidas pueden generarse debido a errores humanos como una mala toma en la medición o acometidas ilegales por parte de los usuarios (Albarrán, y otros, 1997).

La reducción de estas pérdidas representa un mayor beneficio económico para las empresas que brindan el servicio de agua potable, por lo que son atendidas prioritariamente en comparación con las pérdidas físicas. Además, otro beneficio que se puede obtener al disminuir estas pérdidas es servir equitativamente a los clientes, ya que gracias al control se podrá brindar un servicio continuo y prolongado (Albarrán, y otros, 1997).

Gráfica 9: Clasificación de pérdidas de agua potable de uso comercial



Fuente: Caporali (1989)

Por otro lado, las pérdidas generadas por un uso inconsciente del agua, pueden ser minimizadas mediante la implementación de campañas alrededor de todo el país con el objetivo de crear buenos hábitos, cuidados del líquido vital y consciencia de la influencia que las conexiones ilegales producen en el resto de la población y en la misma empresa distribuidora del servicio.

c) Pérdidas de agua en los artefactos sanitarios

Los artefactos sanitarios como W.C., lavamanos, lavaplatos, tina y otros, en mal estado, pueden originar grandes pérdidas de agua. Por ejemplo, una llave dañada puede perder entre 80 y 500 litros de agua al día (0,5 m³). Un estanque de W.C. con desperfecto puede significar que en 48 horas se eliminen por el desagüe del alcantarillado lo que una familia consume en un mes, es decir 29 m³.

Las pérdidas o filtraciones de agua potable pueden ser visibles o invisibles. Las primeras Visibles son fáciles de detectar ya que se ven a simple vista, como una llave

goteando. Pero hay fugas de agua que no se ven ni se escuchan y, son justamente las que producen las pérdidas más importantes.

Las fugas invisibles se pueden dar en el tramo de una cañería que existe entre el medidor y la vivienda. Algunas formas de detectar pérdidas invisibles son: Poner un colorante en el estanque del W.C., si el agua del excusado se colorea sin tirar la cadena, significa que hay una filtración.

Cortar todas las llaves de paso (aquéllas que permiten que salga agua por las llaves), si el medidor sigue marcando Consumo, significa que hay una filtración. Ésta se puede detectar después de tener las llaves de paso cerradas al menos durante quince minutos.

- Gota a gota, de una llave se escapan 80 litros cada 24 horas (2,4 m³ al mes).
- Un Chorrillo de 1.55 mm deja salir 230 litros cada 24 Horas (7 m³ al mes).
- Un Chorrillo de 3 mm deja salir 500 litros cada 24 horas (15 m³ al mes).

Según el informe de la Autoridad de Fiscalización y Control Social de Agua Potable y Saneamiento Básico (AAPS), frecuentemente el usuario no revisa periódicamente que los grifos estén bien cerrados y en buen estado. Por ejemplo, si se deja un grifo apenas goteando pierde 46 litros de agua al día, es decir que ocasiona una pérdida de 1.380 litros al mes, es decir más de un metro cúbico mensual. Si la apertura del grifo es de 12 mm, se está perdiendo alrededor de 34 mil litros diarios, que representan un total de 1.020 metros cúbicos mensuales.

Gráfica 10: Pérdida de agua diaria por un grifo mal cerrado o en mal estado



Fuente: Informe de la AAPS (Mayo 2010)

2.9. NORMAS VIGENTES

Los proyectos de aprovisionamiento de agua en las ciudades, poblaciones urbanas y rurales en la República de Bolivia, se desarrollaron primero en base a las Normas de Diseño para Sistemas de Agua potable, que fueron promulgadas, por el entonces Ministerio de Urbanismo y Vivienda, en el año 1976. Dichas Normas fueron en su momento, la respuesta a la problemática generada por falta de normativa y reglamentación de los sistemas de agua potable, empeoro, tomando en cuenta los nuevos adelantos y necesidades que conlleva el progreso en un medio en particular, es que se hacía necesaria la revisión y actualización de las citadas Normas.

Es así que, recogiendo dicha inquietud, la Dirección de Saneamiento Básico elabora la actual Norma Técnica de Diseño para Sistemas de Agua Potable “NORMA BOLIVIANA NB 689” en Noviembre de 1996, actualizada en su tercera versión en

Abril de 2007. Esta Norma tiene como objeto fundamental regular y ordenar el diseño y, consecuentemente, la construcción de los sistemas de agua potable, mejorando así las condiciones de vida y salud de los Bolivianos.

Asimismo, tomando en cuenta la importancia de los sistemas de agua potable en el área rural y dadas las características de los mismos, es que la Secretaría Nacional de Saneamiento Básico (DINASBA) en fecha 7 de Septiembre en 1993 aprueba el “MANUAL DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE AGUA POTABLE EN POBLACIONES MENORES A 5000 HABITANTES”, como texto de referencia para las instituciones y profesionales en el sector.

Otros Reglamentos y Normas vigentes en la actualidad son: “REGLAMENTO NACIONAL DE INSTALACIONES SANITARIAS DOMICILIARIAS”, Reglamento nacional emitido por el Ministerio de Desarrollo Humano, a través de su Dirección Nacional de Saneamiento Básico (DINASBA), en Diciembre de 1996, actualizada en Mayo del 2011, Decreto Supremo N° 071/09, de fecha 9 de Abril de 2009. “Creación de la Autoridad de Fiscalización y Control Social de Agua Potable y Saneamiento Básico (AAPS)”, Ley N° 2066, de “Servicios de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario”, de fecha 11 de Abril del 2000 y Resolución Ministerial N° 510, Reglamento Nacional de Prestación de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado para Centros Urbanos, de fecha 29 de Octubre de 1992.

3. CAPÍTULO III PARÁMETROS DE DISEÑO

Los parámetros que serán el objeto del presente estudio están referidos principalmente a las cantidades de agua para el Consumo doméstico, estos parámetros básicos de diseño propios de cada zona, tales como: Dotaciones, Coeficientes de variación horaria y diaria y Consumos diarios y horarios, son los que deben ser ajustados y comparados con los proporcionados por la NB 689.

La NB 689, nos proporciona los valores recomendados para estos parámetros, así como la definición apropiada de cada uno de ellos.

3.1. DOTACIÓN MEDIA DIARIA

La Dotación media diaria se refiere al Consumo de agua anual total previsto en un centro poblado, dividido por la población abastecida y el número de días del año. Es el volumen equivalente de agua utilizado por una persona en un día.

Para el caso de sistemas nuevos de agua potable, con conexiones domiciliarias, la Dotación media diaria puede ser obtenida sobre la base de la población y la zona geográfica dada, según lo especificado en la Tabla 7.

Tabla 7: Dotación media diaria (lts/hab./día)

ZONA	Población (hab)					
	Hasta 500	De 501 a 2.000	De 2.001 a 5.000	De 5.001 a 20.000	De 20001 a 100.000	Más de 100.000
Del altiplano	30 a 50	30 a 70	50 a 80	80 a 100	100 a 150	150 a 200
De los valles	50 a 70	50 a 90	70 a 100	100 a 140	150 a 200	200 a 250
De los llanos	70 a 90	70 a 110	90 a 120	120 a 180	200 a 250	250 a 350
Notas:	1			2		
1 Justificar a través de un estudio social						
2 Justificar a través de un estudio socio-económico						

Fuente: Norma Boliviana NB 689

Las Dotaciones de agua indicadas anteriormente (NB 689) son referenciales y deben ajustarse sobre la base de estudios reales que identifiquen la demanda de agua, capacidad de la fuente de abastecimiento y las condiciones socioeconómicas de la población, así podrán utilizarse los resultados obtenidos en poblaciones con características similares.

Para sistemas nuevos de agua potable, en zonas rurales, como caso excepcional, donde la disponibilidad de agua no llegue a cubrir la demanda de la población (consumo restringido) se debe calcular la Dotación de agua en base al caudal mínimo de la fuente de abastecimiento y la población futura. En caso de establecer una Dotación menor a 30 l/hab./día, no se deben considerar conexiones domiciliarias, solamente se considerarán piletas públicas.

Para el caso de ampliación, incorporación o cambio de los componentes de un sistema de agua existente, la Dotación media diaria debe ser obtenida en base al análisis y resultados de los datos de producción y consumo del sistema. En forma previa al uso de los valores de consumo deberá efectuarse la verificación del equilibrio de caudales del sistema a fin de determinar los componentes debidos a pérdidas en cada uno de los componentes del sistema.

3.2. DOTACIÓN FUTURA DE AGUA POTABLE

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 del agua y por la disponibilidad de la misma. Por lo que, se debe considerar en los proyectos, una

Dotación futura para el período de diseño, la misma que debe ser utilizada para la estimación de los caudales de diseño.

Para 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:

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

Donde:

Df: Dotación futura en l /hab. /d

Do: Dotación inicial en l /hab. /d

d: Variación anual de la Dotación (%)

t: Número de años de estudio en años

3.3. CAUDALES DE DISEÑO

Los Caudales de diseño para sistemas de agua potable deben ser estimados para su dimensionamiento de los diferentes componentes del sistema. Se deben considerar los siguientes caudales:

3.3.1. Caudal medio diario

Es el Consumo medio diario de agua potable 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:

$$Qmd = \frac{Df * Pf}{86400}$$

Donde:

Qmd: Caudal medio diario en l/s

Pf: Población futura en hab.

Df: Dotación futura en l/hab. /d

3.3.2. Caudal máximo diario

Es la demanda máxima de agua 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.

$$Q_{max.d.} = Q_{md} * k_1$$

Dónde:

Q_{máx.d}: Caudal máximo diario en l/s

k_1 : Coeficiente de caudal máximo diario ($k_1 = 1,20$ a $1,50$)

Qmd: Caudal medio diario en l/s

3.3.3. Caudal máximo horario

Es la demanda máxima que se presenta en una hora durante un año completo de registro. 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 8.

$$Q_{max.h.} = Q_{max.d.} * k_2$$

Donde:

Q_{max.h}: Caudal máximo horario en l/s

k_2 : Coeficiente de caudal máximo horario

Q_{máx.d}: Caudal máximo diario en l/s

Tabla 8: Valores del Coeficiente de caudal máximo horario (k₂)

Población (habitantes)	Coeficiente k₂
Hasta 2000	2,20 a 2,00
De 2001 a 10000	2,00 a 1,80
De 10001 a 100000	1,80 a 1,50
Más de 100000	1,5

Fuente: Norma Boliviana NB 689

4. CAPÍTULO III GENERALIDADES DE LA LOCALIDAD Y

ÁREA PILOTO

4.1. CARACTERÍSTICAS DEL DEPARTAMENTO DE TARIJA

El Departamento de Tarija fue creado por Decreto Supremo de fecha 24 de Septiembre de 1831, durante la presidencia del Mariscal Andrés de Santa Cruz. Su Capital es la ciudad de Tarija que se encuentra a 1.866 metros sobre el nivel del mar. Fundada el 4 de Julio de 1574 con el nombre de Villa de San Bernardo de Tarixa por el Capitán Luis de Fuentes y Vargas, a orillas del Río Guadalquivir. Su fecha cívica es el 15 de Abril en homenaje a la Batalla de la Tablada liderada por José Eustaquio “Moto” Méndez en 1817.

El Departamento de Tarija se halla situado al Sur del Estado Plurinacional de Bolivia, entre los 21° 23’ de Latitud Austral y los 62° y 65° 20’ de Longitud Occidental del Meridiano de Greenwich, limita al Norte con el Departamento de Chuquisaca, al Sur con la República Argentina; al Este con la República del Paraguay y al Oeste con los Departamentos de Potosí y Chuquisaca, cuenta con una superficie de 37.623 kilómetros cuadrados, tiene una densidad poblacional de 14,2 personas por kilómetro cuadrado y cuenta con 6 Provincias y 11 Municipios (INE; Censo 2012).

Gráfica 11: Población, densidad y número de Municipios a Noviembre 2012, según Provincia

PROVINCIA	POBLACION	DENSIDAD DE LA POBLACION	MUNICIPIOS
	(En número de habitantes)	(Habitantes por Km ²)	(En número)
TARIJA	483.518	12,9	11
Cercado	205.375	98,8	1
Aniceto Arce	53.186	10,2	2
Gran Chaco	147.478	8,5	3
Avilés	20.271	7,4	2
Méndez	35.217	7,2	2
Burnet O' Connor	21.991	4,1	1

Fuente: Instituto Nacional de Estadística

El Departamento de Tarija según el censo del 2012, cuenta con 483.518 habitantes, por su parte la Provincia Cercado de Tarija alcanza un total de 205.375 habitantes, de los cuales el 88% pertenecen al área urbana y el 12% pertenecen al área rural.

La ciudad de Tarija, sede de la Capital del Departamento es el asentamiento humano de mayor tamaño con 135.783 habitantes. Con relación al total de la población Departamental, la Provincia Cercado, contiene el 40% de habitantes, de los cuales el 35% se radican en el área urbana o ciudad de Tarija y el restante 5% en las diferentes comunidades rurales de la Provincia con 17.674 habitantes en el área dispersa.

Tabla 9: Distribución de la Población por Censo y Área, según Provincia, Censos 1950, 1976, 1992, 2001 y 2012

(EN PORCENTAJE)

PROVINCIA	1950		1976		1992		2001		2012	
	Urbana	Rural	Urbana	Rural	Urbana	Rural	Urbana	Rural	Urbana	Rural
TARIJA	23,6	76,4	38,9	61,1	54,7	45,3	63,3	36,7	65,0	35,0
Cercado	51,7	48,3	67,7	32,3	83,3	16,7	88,5	11,5	87,4	12,6
Aniceto Arce	-	100,0	34,9	65,1	47,8	52,2	49,6	50,4	55,6	44,4
Gran Chaco	41,6	58,4	46,8	53,2	61,1	38,9	69,4	30,6	66,4	33,6
Avilés	-	100,0	-	100,0	-	100,0	-	100,0	-	100,0
Méndez	-	100,0	8,1	91,9	7,8	92,2	8,6	91,4	9,7	90,3
Burnet O' Connor	-	100,0	-	100,0	-	100,0	12,5	87,5	18,4	81,6

Fuente: Instituto Nacional de Estadística

Tabla 10: Población estimada y proyectada por Departamento, según años calendario, 2000-2025

AÑO	BOLIVIA	TARIJA	AÑO	BOLIVIA	TARIJA
2000	8.427.790	397.578	2013	10.507.789	513.512
2001	8.588.068	406.414	2014	10.665.841	523.459
2002	8.748.345	415.250	2015	10.825.013	533.429
2003	8.908.625	424.085	2016	10.985.059	543.405
2004	9.068.890	432.921	2017	11.145.770	553.373
2005	9.229.155	441.757	2018	11.307.314	563.342
2006	9.389.422	450.593	2019	11.469.896	573.331
2007	9.549.689	459.429	2020	11.633.371	583.330
2008	9.709.958	468.265	2021	11.797.257	593.318
2009	9.870.229	477.100	2022	11.961.042	603.273
2010	10.030.501	485.936	2023	12.125.003	613.207
2011	10.190.775	494.772	2024	12.289.431	623.133
2012	10.351.118	503.608	2025	12.454.178	633.050

Fuente: Instituto Nacional de Estadística, Revisión 2014

4.2. CARACTERÍSTICAS DE LA CIUDAD DE TARIJA

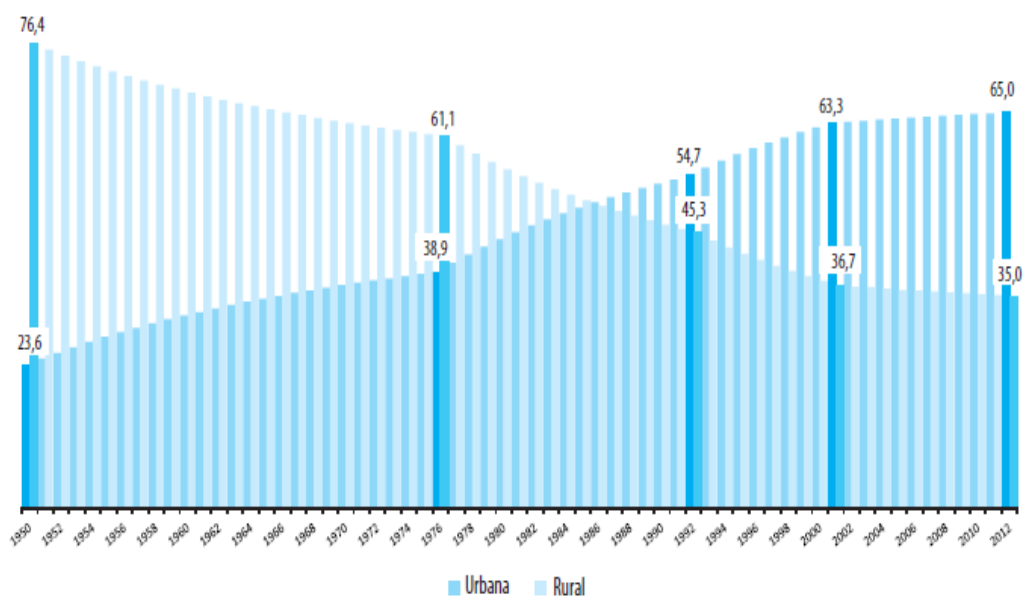
La ciudad de Tarija, después del desarrollo urbano de los últimos tiempos, se encuentra dividida en dos zonas por el cauce del Río Guadalquivir. En los últimos años ha sufrido transformaciones sobre todo en el aspecto socioeconómico, marcando un crecimiento urbano incontrolado debido a corrientes migratorias, desvirtuando la estructura y el uso de suelo predeterminado.

Si bien la población del Departamento ha mostrado un crecimiento sostenido durante el periodo 1992 a 2012 cuando se acelera a una tasa del 3,18% anual. La población de las zonas urbanas presenta mayores tasas de crecimiento.

Según podemos observar en el Gráfica 12, la tendencia en la evolución de la población muestra diferentes tasas según el ámbito espacial al que se haga referencia.

Gráfica 12: Tendencia del crecimiento de la Población urbana y rural, Censos 1950, 1976, 1992, 2001 y 2012

(En porcentaje)



Fuente: Instituto Nacional de Estadística Revisión 2014

4.2.1. Densidad Demográfica

La densidad demográfica de una población es un indicador estadístico que nos muestra como está distribuida la población en el espacio, y es la relación entre la población y la superficie.

En cuanto a la densidad poblacional para el período 1950 – 2012, en el Departamento de Tarija se registra un aumento de 2,7 a 12,9 habitantes por kilómetro cuadrado un análisis histórico de la densidad en la ciudad, está señalando que su valor máximo se alcanzó en la década de los 60 y 70 con un valor de 123 y 248 habitantes por hectárea, respectivamente; mientras que el mismo cálculo realizado en el año 1997, disminuye a 73 habitantes por hectárea; a partir de este año, la densidad va disminuyendo gradualmente, 2002 alcanzó 59 hab./ha., y el año 2006 a 42 hab./ha.

Gráfica 13: Densidad Poblacional por Censo, según Provincia, Censos 1950, 1976, 1992, 2001 y 2012

PROVINCIA	DENSIDAD POBLACIONAL (Habitantes por kilómetro cuadrado)				
	1950	1976	1992	2001	2012
TARIJA	2,7	5	7,7	10,4	12,9
Cercado	15,3	27,7	52,1	73,8	98,8
Aniceto Arce	2,2	6,3	8,6	10,1	10,2
Gran Chaco	1,1	2,5	4,3	6,7	8,5
Avilés	4	4,9	5,9	6,4	7,4
Méndez	4,1	5,1	6,1	6,6	7,2
Burnet O'Connor	1,9	2,8	3,3	3,6	4,1

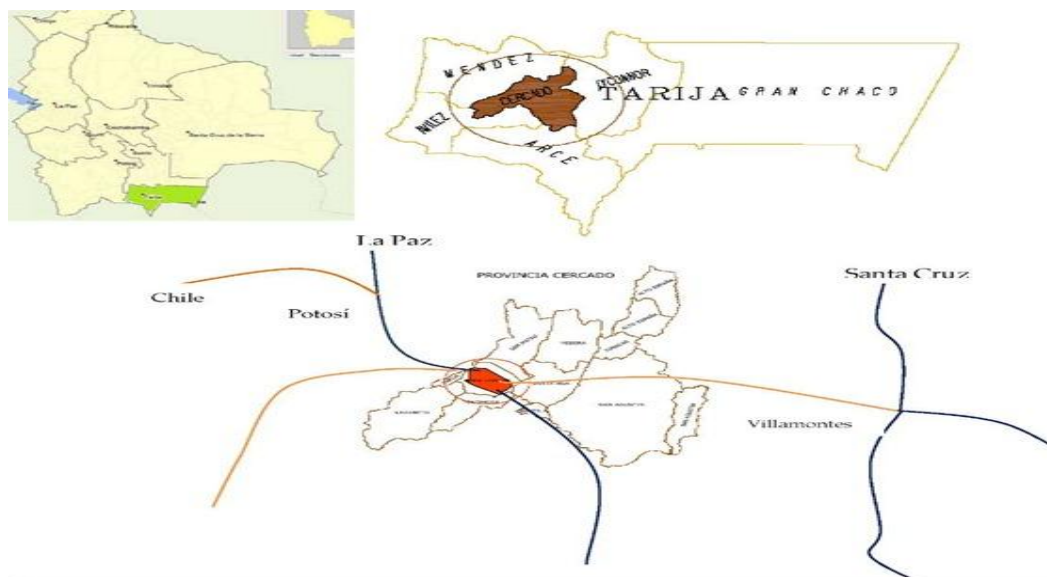
Fuente: Instituto Nacional de Estadística Revisión 2014

4.2.2. Localización

La presente investigación se encuentra ubicada en la ciudad de Tarija Provincia Cercado del Departamento de Tarija, ubicada geográficamente en un amplio valle del

Río Guadalquivir en el Sur de Bolivia a una altitud de 1800 m.s.n.m. Es la Capital del Departamento del mismo nombre. Se halla situada a los 21° 32' de Latitud Sur y a los 64° 46' Longitud Oeste.

Gráfica 14: Departamento de Tarija - Provincia Cercado



4.2.3. Clima

El clima de Tarija es semiárido, con precipitaciones estacionales durante el verano. En la estación seca del año, que se presenta en los meses de Abril a Noviembre, es decir por 8 meses del año, cae solamente el 24% de la precipitación media anual de 600 mm. Y en un periodo extremadamente seco, entre Agosto y Noviembre, en el que cae aproximadamente 2% de dicha precipitación.

El clima de primavera es ligeramente cálido y agradable, con algunas lluvias. La temporada de primavera en Tarija comprende desde el 21 de Septiembre al 21 de Diciembre con una máxima promedio de 25 °C y una baja promedio de 8,3 °C.

El tiempo de verano es ligeramente cálido y agradable, con algunas lluvias. La temporada de verano en Tarija comprende desde el 21 de Diciembre al 21 de Marzo, con una máxima promedio de 24 °C y una baja promedio de 11,3 °C.

El clima de otoño es agradable. La temporada de otoño en el Tarija comprende desde el 21 de Marzo al 21 de Junio con una máxima promedio de 22 °C y una baja promedio de 6.7 °C.

El clima de invierno es agradable, pero más frío que en otras temporadas, se considera la estación seca. Temporada de invierno en el Tarija comprende desde el 21 de Junio al 21 de Septiembre con una máxima promedio de 20,7 °C y una baja promedio de 1.0 °C.

4.2.4. Población

La población del Municipio de Tarija (Capital del Departamento y de la Provincia Cercado) llegó a alrededor de 247 mil habitantes proyectados para 2018, y para 2020 habrá cerca de 268.000 personas en esta región según el censo realizado el 2012.

La población proyectada de la ciudad de Tarija al 2006 asciende a 171.489 habitantes, ocupando un área del territorio de 4.101 hectáreas en el área urbana de la ciudad de Tarija según el Censo Nacional de Población y Vivienda (CNPV 2012).

Las poblaciones de los distritos varían entre los 3,8 a 24,7 mil habitantes. Los de mayor población son los distritos 8, 9 y 10 y los de menor población los distritos 1, 12, 3 y 4. El número promedio de habitantes por hogar en la ciudad de Tarija es de cinco, tomando en cuenta las 35.488 viviendas cuantificadas. Se estima que en la

ciudad existen 34.298 familias según el promedio de 5 integrantes por familia que se determinó a través del (CNPV 2012).

Tabla 11: Población por Censo, según Área y tipo de vivienda, Censos 1992, 2001 y 2012

(En número)

ÁREAY POBLACIÓN POR TIPO DE VIVIENDA	1992	2001	2012
TARIJA	291.407	391.226	483.518
Particular	283.485	377.048	463.310
Colectiva	7.475	13.151	18.452
Sin vivienda	447	1.027	1.756
Urbana	159.438	247.736	314.510
Particular	154.872	241.473	301.486
Colectiva	4.430	5.649	12.161
Sin vivienda	136	614	863
Rural	131.969	143.490	169.008
Particular	128.613	135.575	161.824
Colectiva	3.045	7.502	6.291
Sin vivienda	311	413	893

Fuente: Instituto Nacional de Estadística Revisión 2014

4.2.5. Aspectos Económicos

En los primeros años de la vida Republicana, hasta la guerra del chaco, el Departamento y la ciudad de Tarija tuvieron un desarrollo lento, basado esencialmente en los servicios públicos, el comercio y la agricultura.

Actualmente después de casi una década de tener el crecimiento más alto de Bolivia, el Departamento de Tarija, desde hace dos años, afronta una recesión económica por la dependencia de la renta petrolera. Situación que conlleva a tener una economía vulnerable y desequilibrada que se manifiesta en la falta de empleo y el incremento del comercio informal.

Hay una crisis profunda en el Departamento de Tarija y eso se nota con un conjunto de indicadores económicos que existen. La economía en Tarija se mueve de acuerdo al comportamiento del sector petrolero, es decir si el sector crece a la economía le va bien, pero si le va mal decrece, es lo que está pasando actualmente en Tarija.

El primer indicador del Producto Interno Bruto (PIB) en el Departamento es el gas y petróleo con un 52%, otros sectores importantes como la agropecuaria apenas representa el 7%, las industrias 7%, la construcción y obra pública el 6%, entonces la economía en Tarija está totalmente desequilibrada.

4.2.6. Saneamiento Básico

El Saneamiento Básico hace referencia al abastecimiento de agua potable, alcantarillado y evacuación de aguas servidas y tratamiento de residuos. En Tarija la Cooperativa de Servicios de Agua potable y Alcantarillado Sanitario (COSAALT Ltda.), es la encargada de brindar este servicio.

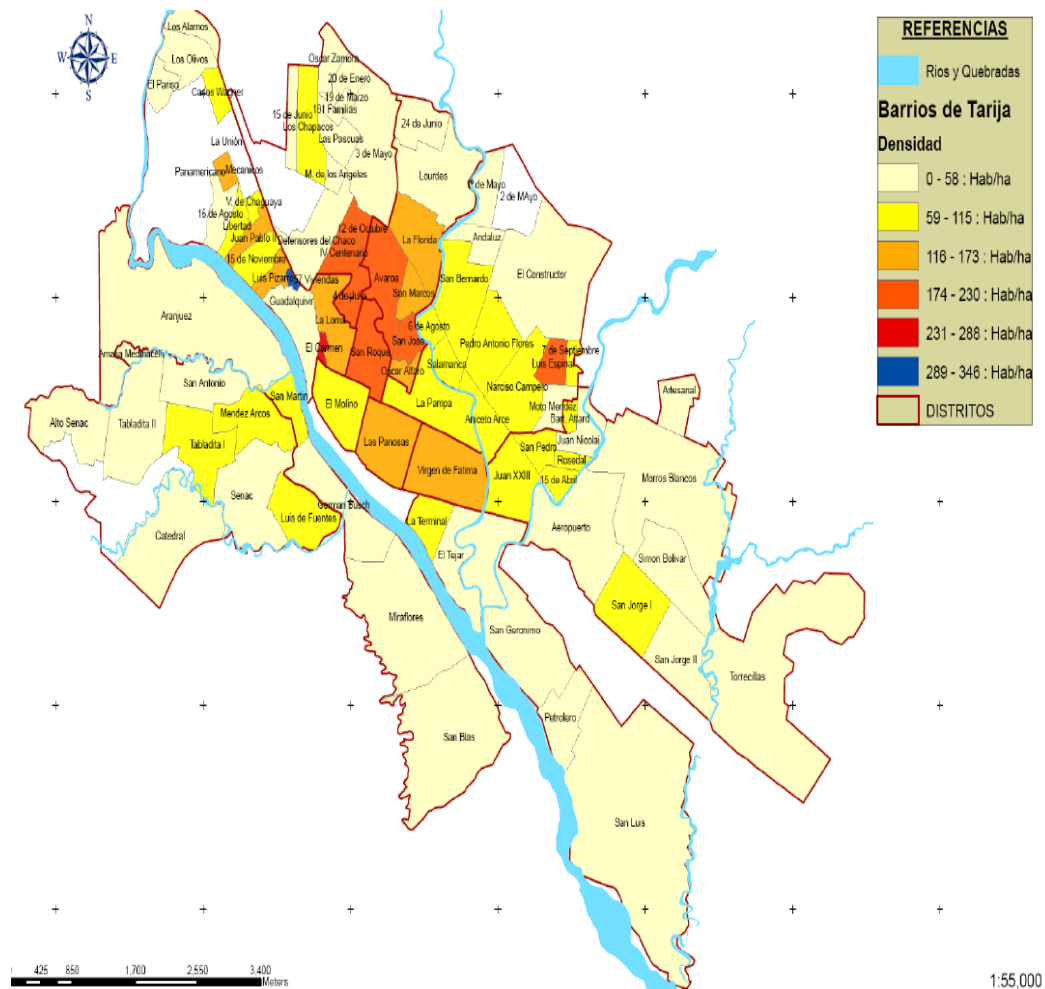
De acuerdo a la información primaria obtenida en los diferentes barrios de la ciudad, podemos deducir que el servicio que tiene mayor cobertura en la ciudad es el agua potable, con porcentajes aceptables del 96,54%, por el contrario, el servicio de alcantarillado sanitario, tiene un porcentaje de 85,27 % de cobertura registrado el año 2017.

4.3. CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO

Nuestra zona de estudio, se encuentra dentro del Barrio de las Panosas el cual pertenece al Distrito 3 de la ciudad de Tarija.

Según INE 2001, el Distrito 3 contaba con alrededor de 6.083 habitantes y 1.726 viviendas. Tenía una densidad poblacional de 114 hab. /ha., y es un barrio medianamente poblado de la ciudad, estando en el cuarto lugar de distritos más poblados.

Gráfica 15: Densidad Poblacional de la ciudad de Tarija



Fuente: Gobierno Municipal de la ciudad de Tarija y la Provincia Cercado

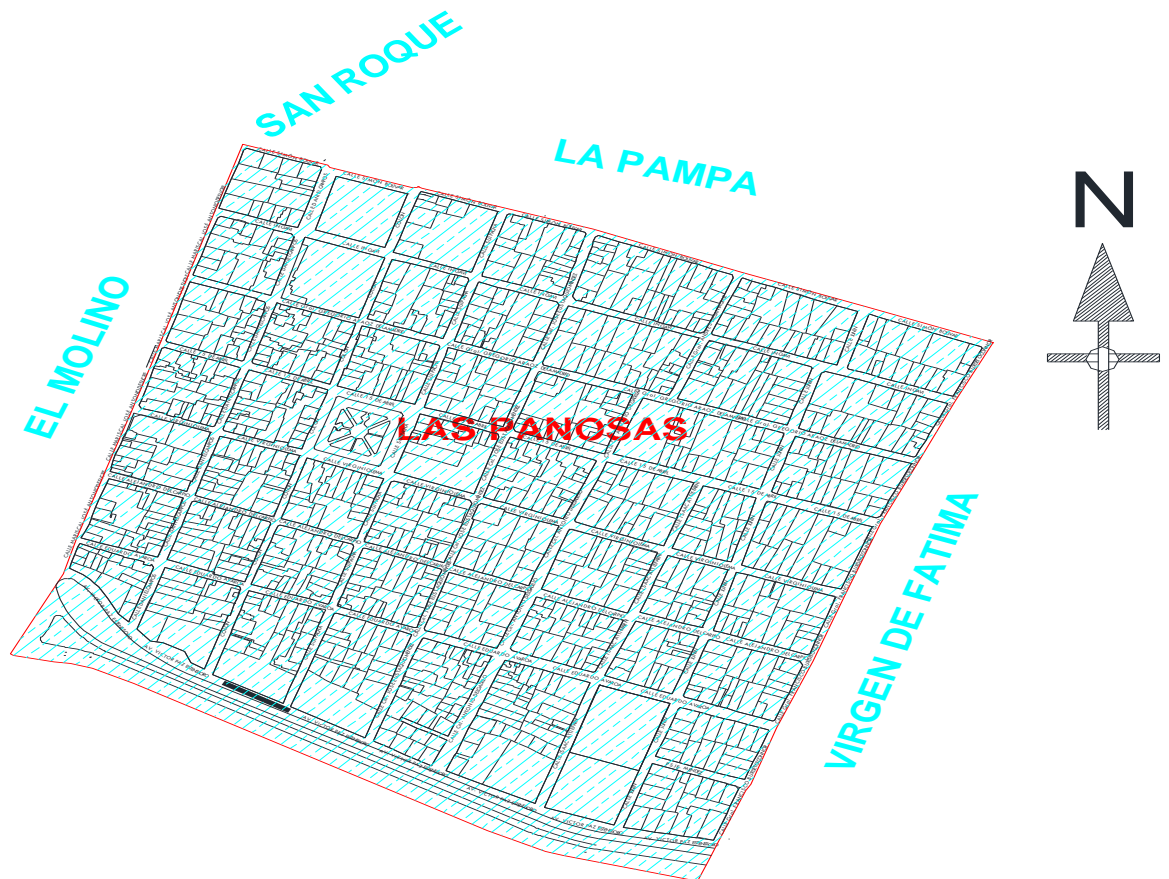
4.3.1. Límites del Barrio las Panosas

Los límites del Barrio de las Panosas son: al Norte Barrio la Pampa, al Este Barrio el Molino al Sur Río Guadalquivir y al Oeste Barrio Villa Fátima.

4.3.2. Extensión

El Barrio las Panosas abarca una superficie territorial de 0.50695 km². Cuenta con 54 cuadras dentro de sus límites.

Gráfica 16: Barrio las Panosas



Fuente: Elaboración propia

4.3.3. Descripción del Área Piloto

Para la determinación del área piloto, COSAALT Ltda. realizó un análisis de las posibles zonas donde se podrían realizar este estudio, llegando a concluir que la zona del Barrio de las Panosas era la zona más indicada, ya que cuenta con las condiciones

más aceptables de: el suministro de agua potable es constante y permanente las 24 horas del día, todos los domicilios cuentan con micro medidores de consumo y los micro medidores se encuentran en estado óptimo aceptable.

El área piloto, está comprendida o delimitada por: al Norte por la Calle Ingavi, al Sur con la Calle Alejandro del Carpio, al Este con la Calle Méndez y al Oeste con la Calle O'Connor.

Dentro de esta área piloto se procedió a realizar las lecturaciones diarias y una lecturación horaria en el día de máximo consumo, en las calles:

- Ingavi: desde la calle O'Connor a la calle Méndez en ambos frentes.
- La Madrid: desde la calle O'Connor a la calle Méndez en ambos frentes
- 15 de abril: desde la calle O'Connor a la calle Méndez en ambos frentes
- Virginio lema: desde la calle O'Connor a la calle Méndez en ambos frentes
- Santa cruz: desde la Ingavi a la calla Madrid en ambos frentes
- Delgadillo: desde la Madrid a la calle Alejandro del Carpio en ambos frentes
- Junín: desde la calle Ingavi a la calle Alejandro del Carpio en ambos frentes
- Isaac Attie Desde la calle 15 de abril a la calle Alejandro del Carpio

Dentro del área piloto existen 299 medidores de los cuales 214 son de uso domésticos y el resto de los medidores pertenecen a uso comercial, oficinas, mercados y colegios. Para el caso particular del estudio de investigación sólo es de importancia los medidores de consumo doméstico ya que los medidores de uso doméstico son los de mayor consumo y los de mayor importancia dentro del diseño

de sistemas de agua potable y alcantarillado, los cuales se encuentran identificados en el anexo (A.3.)

Gráfica 17: Delimitación del área piloto



Fuente: Elaboración propia

4.4. SISTEMAS DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE TARIJA

4.4.1. Antecedentes

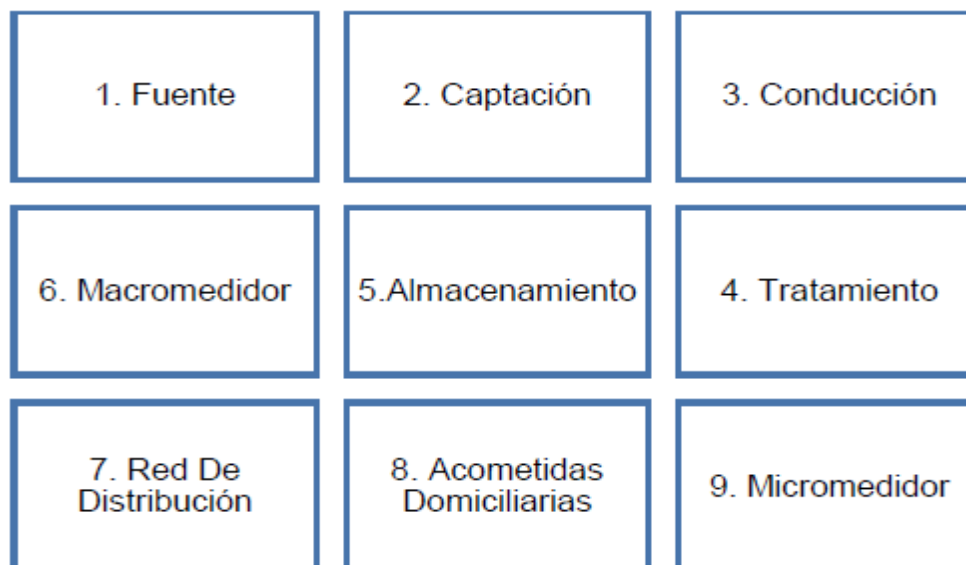
La Cooperativa de Servicios de Agua y Alcantarillado de Tarija (COSAALT LTDA.) es la responsable de la prestación de los servicios de agua potable de la

ciudad de Tarija, perteneciente al Departamento de Tarija, siendo la ciudad más grande del Departamento.

Hasta el año 1896, la prestación de los servicios de agua potable en esta ciudad estuvo a cargo de la Administración Regional para Obras Sanitarias de Tarija (AROS – TARIJA), dependiente del Ministerio de Urbanismo y Vivienda.

COSAALT Ltda., fue fundada el 22 de Septiembre de 1986 y obtuvo su personería jurídica el 27 de Noviembre de 1986, mediante Resolución del Consejo Nacional de Cooperativas, ejerciendo su influencia en toda la jurisdicción correspondiente al Municipio de Tarija, pudiendo ampliar sus servicios a otros ámbitos territoriales y jurisdiccionales del Departamento, siendo su duración indefinida. En Febrero del 2001 se suscribe el Contrato de Concesión por 40 años, entre la Superintendencia de Saneamiento Básico y COSAALT Ltda.

Gráfica 18: Componentes de un sistema de agua potable

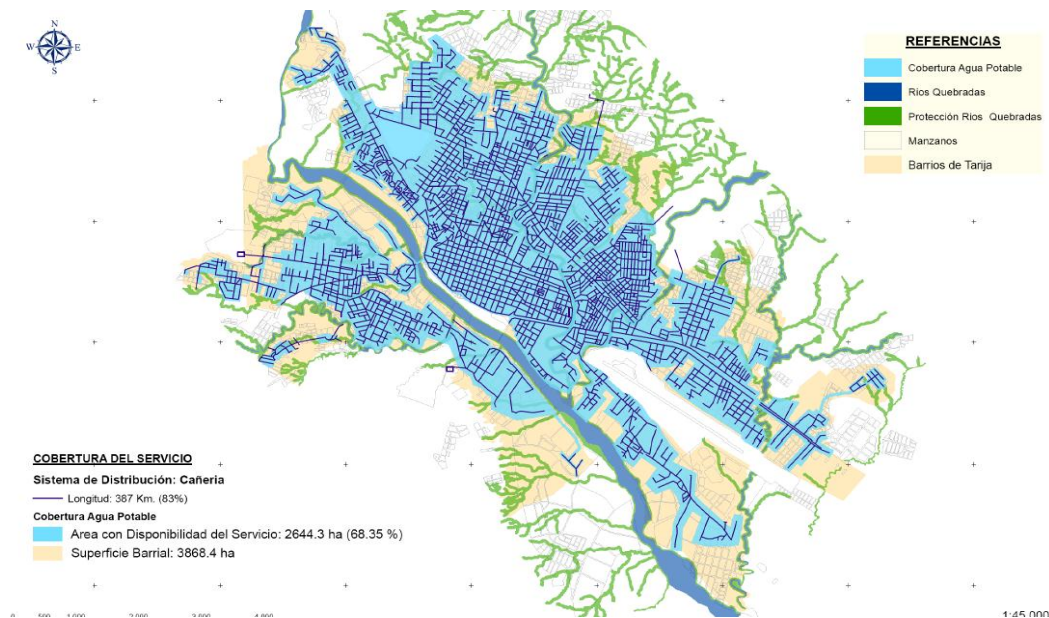


Fuente: AVINA, 2012

4.4.2. Agua Potable

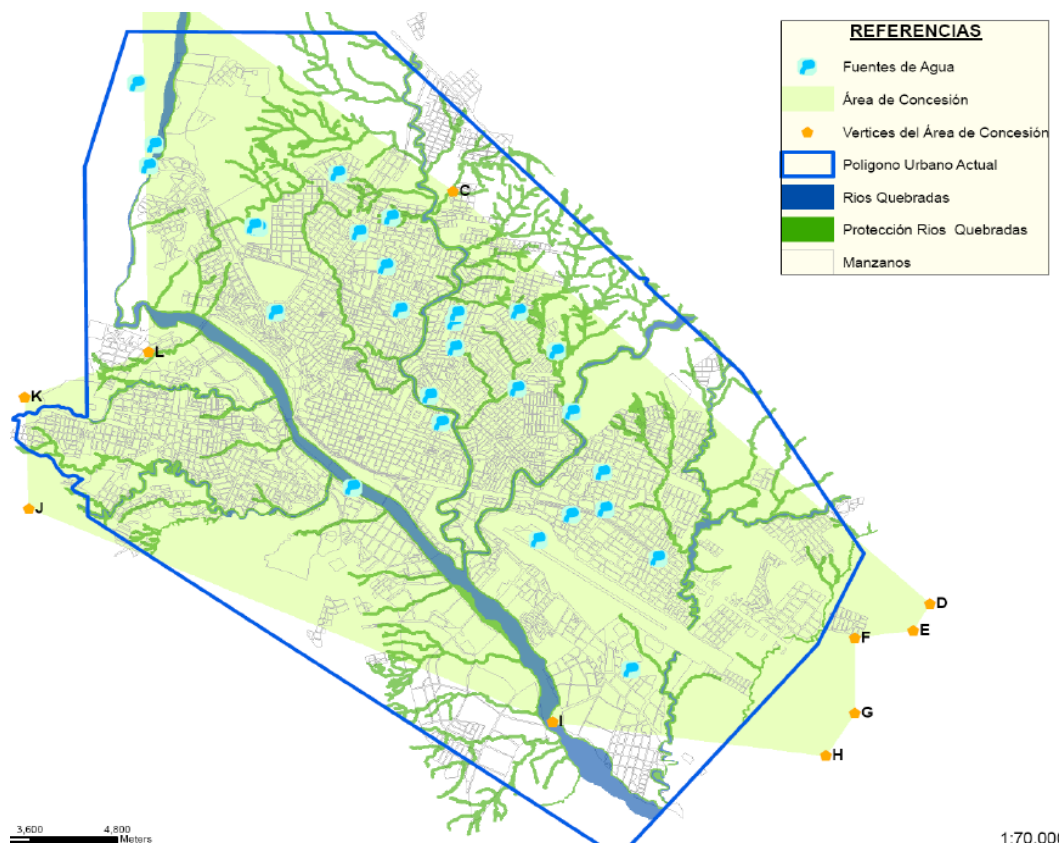
La Dotación del recurso agua a la población, requiere de una costosa infraestructura tanto en lo que se refiere a la captación de la materia prima, como en la distribución de la misma, la que determina la localización de actividades económicas y su ordenación en el territorio. El sistema de distribución de agua potable en la ciudad de Tarija, tenía una cobertura del 96,54% y territorialmente el área con disponibilidad del servicio de agua potable alcanza a 78,36%, cabe señalar que la continuidad del servicio durante la gestión 2017 fue del 72,76% y las horas de servicio en promedio fueron de 19,73 horas. Las actuales fuentes de agua ubicadas en diferentes sectores de la ciudad y fuera del radio urbano, que sumados todos ofertan un total de 43,1 millones de litros al día. También en la Gráfica 20, se observa el perímetro de concesión de la cooperativa COSAALT Ltda. hasta el año 2038

Gráfica 19: Cobertura del servicio de agua potable



Fuente: Gobierno Municipal de la ciudad de Tarija y la Provincia Cercado

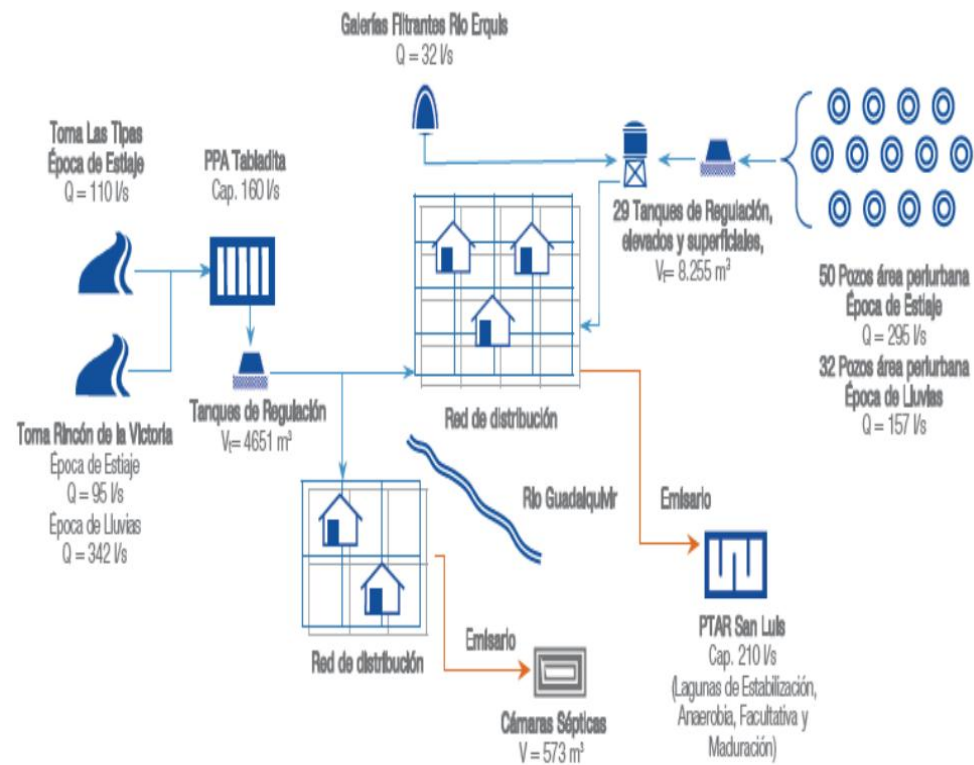
Gráfica 20: Concesión y fuentes de agua de COSAALT Ltda.



Fuente: Gobierno Municipal de la ciudad de Tarija y la Provincia Cercado

El sistema por el cual se abastece agua potable a las viviendas es de dos tipos: por gravedad y pozos perforados con tanques elevados o Sistemas de Autoabastecimiento de Recurso Hídrico (SARH), de estos últimos se tiene un numero de 50 ubicados en diferentes puntos de la ciudad. Para la distribución de este servicio, se tiene una red que alcanza los 400 km. de tuberías al interior de la mancha urbana.

Gráfica 21: Esquema del sistema de Agua potable y Alcantarillado Sanitario (COSAALT Ltda.)



REFERENCIAS

 Ríos, quebradas, arroyos	 Tanque Superficial
 Pozo Profundo	 Galería Filtrante
 Planta Potabilizadora de Agua	 Cámara Séptica
 Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	 Red de Distribución Agua Potable
 Tanque de Regulación	 Red de Colectores Sanitarios

Fuente: Indicadores de Desempeño de las EPSA reguladas en Bolivia 2017

4.4.2.1. Evolución de las Conexiones y su Proyección

Este recurso al igual que los otros servicios, cuenta con una organización institucional que regula su distribución y utilización, datos proporcionados por COSAALT Ltda., muestran que en los últimos años las conexiones se incrementaron en un 29%, siendo la categoría de mayor significancia la domiciliaria.

Con esta información las proyecciones que determinan una tasa promedio de crecimiento interanual del 3,3%, se ha proyectado que para el año 2016 se tendrá 34.680 conexiones, un incremento del 38,8% al año 2006 (COSAALT Ltda.).

Tabla 12: Informe de Gerencia Comercial Gestión 2017

DESCRIPCIÓN	AÑO	
	2016	2017
Población Total (hab)	199,561	204,209
Población Servida de Agua Potable	190,298	194,823
Población Servida de Alc. Sanitario	167,595	174,734
Cobertura de Agua Potable (%)	95.36	96.54
Cobertura de Alc. Sanitario (%)	83.98	85.27
Conexiones de Agua Potable	37,023	38,487
Conexiones de Alc. Sanitario	32,606	33,995
Habitantes por familia o Conexión	5.14	5.14
Cobertura de micro - medicion (%)	78	80

Fuente: Memoria Anual Gestión 2017 COSAALT Ltda.

Una tarea importante es la de planificar, realizar la gestión y valorar económicamente el control y manejo del agua como recurso natural para atender las necesidades básicas y también desarrollar técnicas para el suministro comercial del agua estableciendo tarifas para asignar el valor monetario al uso de este recurso que es de uso universal y esencial para la vida humana, y por este motivo se deberá utilizar de manera eficiente y con altos niveles de conciencia para que todos los

habitantes humanos, como animales y plantas de nuestro planeta podamos satisfacer nuestras necesidades (Memoria Anual Gestión 2016, COSAALT Ltda.)

Tabla 13: Estructura Tarifaria de Agua Potable (sistema medido) Septiembre 2018

CATEGORIAS	CARGO FIJO AGUA	CARGO FIJO ALCANTARILLADO	CARGOS FIJOS POR CONSUMO		
			0 a 10 m ³	11 a 40 m ³	Mas de 40 m ³
Doméstica A	16.52	13.21	1.377	3.029	5.507
Doméstica Mínima	16.52	13.21	1.377	3.029	5.507
Oficial	55.07	44.05	1.377	3.029	5.507
Especial	68.02	54.41	1.377	3.029	5.507
Comercial	68.02	54.41	1.377	3.029	5.507
Industrial I	216.34	173.08	1.377	3.029	5.507
Industrial II	216.34	173.08	1.377	3.029	5.507
Industrial III	216.34	173.08	1.377	3.029	5.507
Pila Pública	44.05	0.00	1.377	3.029	5.507

Fuente: COSAALT Ltda.

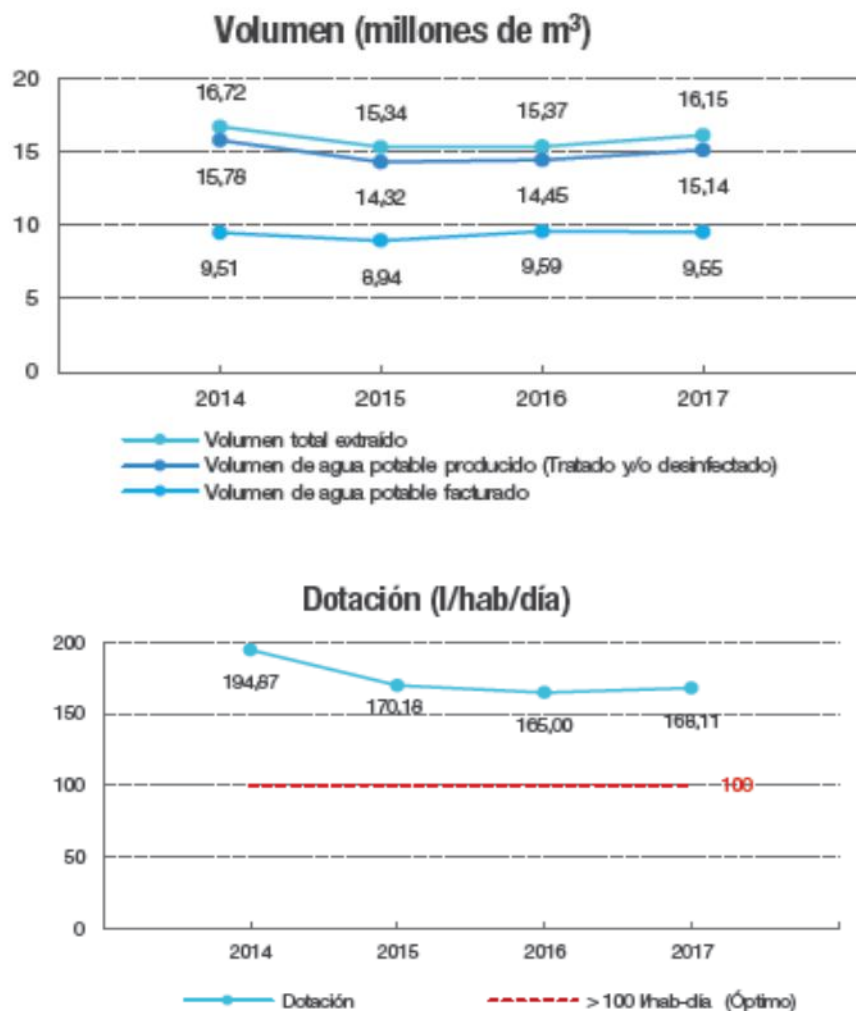
De acuerdo al plan de implementación de proyectos presentado por COSAALT Ltda. se tienen las siguientes fuentes de agua que se muestran en la Tabla 14, de ello podemos observar que la de mayor producción es el Rio de la Victoria (Rincón de la Victoria), lo cual es un aporte muy importante en la oferta de agua a la población.

Tabla 14: Producción Anual de Agua Potable Gestión 2016

DESCRIPCIÓN	CAUDALES PRODUCIDOS		PORCENTAJE
	lts/s	m ³	
FUENTES SUPERFICIALES			
Rincon de La Victoria	234,1	7.371.546,91	45.7
Las Tipas	41,96	1.330.560,00	8.2
FUENTES SUB - SUPERFICIALES			
Galeria rio Erquiz	32,01	1.009.125,76	6.3
FUENTES SUBTERRANEAS			
Pozos Profundos	203,74	6.435.782,19	39.8
TOTAL	511,81	16.147.014,86	

Fuente: Informe del Consejo de Administración COSAALT Ltda. Gestión 2017

Gráfica 22: Gráficos Técnicos (COSAALT Ltda.)



Fuente: Indicadores de Desempeño de las EPSA reguladas en Bolivia 2017

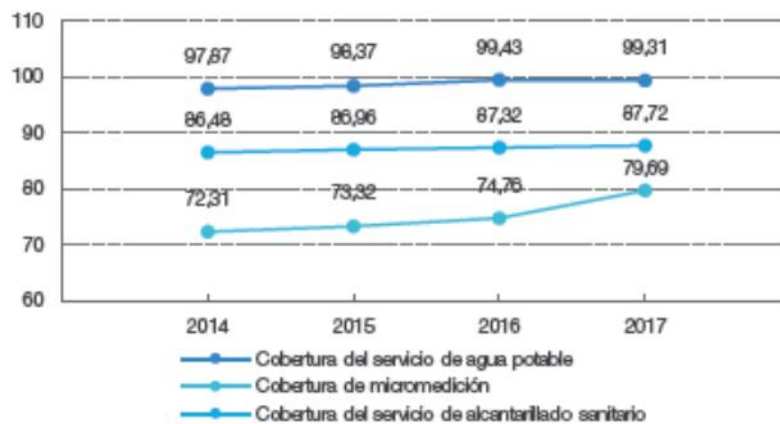
4.4.2.2. Cobertura de los Servicios

Hasta la gestión 2000, se consideraba una población estimada de 194.352,00 habitantes, sobre la cual se estima la cobertura de los servicios de agua potable en el orden de 97,91 %, para el año 2016 con 37.023,00 conexiones aproximadamente. Los indicadores más importantes considerados por la empresa prestadora del servicio COSAALT Ltda., se encuentran a continuación.

Tabla 15: Indicadores Comerciales, Gestión 2016 (COSAALT Ltda.)

CRITERIO	INDICADOR	FÓRMULA Y VARIABLES			CUANTITATIVO	PARAMETRO OPTIMO
ALCANCE DE LOS SERVICIOS	Cobertura del Servicio de Agua Potable (CAP)	N° Total de Conexiones de AP	37.023,00	conexiones	97.91	95
		Habitantes por Conexión AP	5.14	hab./conexión		
		Población total	194.352,00	habitantes		
	Cobertura del Servicio de Alcantarillado (CAS)	N° Total de Conexiones de AS	32.606,00	conexiones	86.23	>65
		Habitantes por Conexión AS	5.14	hab./conexión		
		Población total	194.352,00	habitantes		
	Cobertura de micro medición (CM)	N° de Medidores Instalados	29.041,00	numero	78.44	90
		N° de Conexiones de AP	37.023,00	conexiones		

Fuente: Informe del Concejo de Administración COSAALT Ltda. Gestión 2016

Gráfica 23: Cobertura del Servicio

Fuente: Indicadores de Desempeño de las EPSA reguladas en Bolivia 2017

4.4.3. Sistemas de Distribución

Originalmente en la ciudad de Tarija el sistema de agua potable solo abarcaba el casco viejo de la ciudad, cuya construcción se remonta aproximadamente 60 años atrás. Este sistema central fue renovado en los años 1990 al 1992. En la última década, se implementaron otros proyectos complementarios que de alguna manera permitieron satisfacer la demanda de este servicio, así que, actualmente, Tarija dispone de un sistema principal o central y otros 50 sistemas aislados o

independientes que se hallan interconectados al central. Todas las redes de distribución están constituidas por tuberías interconectadas formando mallas.

4.4.3.1. Sistema Central

La Red de distribución del sistema central o principal está dividida en dos partes: un sistema que suministra el agua a la zona alta de la ciudad (Senac) y otro que suministra el agua a la parte baja o centro urbano principal.

En época húmeda, los caudales del Rincón de la Victoria son más que suficientes para satisfacer la demanda, este sistema funciona por gravedad. Cuando los caudales disminuyen, llegando al punto de ser insuficientes para satisfacer la demanda (mes de Junio) aproximadamente; COSAALT Ltda. inicia una operación de bombeos de pozos complementarios y de apoyo, además de la implementación del sistema del Río Guadalquivir.

4.4.3.2. Sistemas Independientes

La operación de los sistemas aislados, provistos de tanques de almacenamiento, resulta ser la misma, tanto en época húmeda como en época seca o estiaje, presentando solo variaciones en el horario de suministro. En la época seca empiezan, en algunos casos, a cubrir ciertas zonas de influencia dentro del sistema central o principal.

Actualmente, la demanda del líquido elemento en la ciudad de Tarija es de aproximadamente 450 litros/segundo, estando la principal toma en el Rincón de la Victoria, donde se capta actualmente hasta 342,25 litros/segundo, que junto con más de 50 pozos habilitados y 3 galerías filtrantes que proporcionan unos 150

litros/segundo, totalizan 511,82 litros segundo aproximadamente, que es la cantidad de agua con que se cuenta para el abastecimiento de la ciudad (COSAALT Ltda.)

Tabla 16: Descripción de Sistemas de Autoabastecimiento de Recursos Hídricos (SARH)

N°	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	SARH que se encuentran regularizados con macro medición	50
2	SARH regularizados y programados para instalación de macro medidores	2
3	SARH que se encuentran regularizados, pero hacen caso omiso a la firma del convenio	2
4	SARH que se encuentran en proceso de regularización en la AAPS	16
5	SARH que se encuentran con conminatoria de regularización	18
NÚMERO TOTAL DE SARH		86

Fuente: Memoria Anual 2017 COSAALT Ltda.

Tabla 17: Numero de Pozos regularizados por Gestión

2011	5
2012	8
2013	9
2014	9
2015	9
2016	28
2017	50

Fuente: Memoria Anual 2017 COSAALT Ltda.

4.4.4. Micro Medición

En la ciudad de Tarija existen aproximadamente 38.000 conexiones domiciliarias (Memoria Anual 2017), la situación actual de la zona central de la ciudad de Tarija en cuanto a los micro medidores se encuentran en óptimas condiciones o condiciones aceptables en su gran mayoría, existen también una cantidad considerada de micro

medidores que se encuentran en un estado muy desfavorable ya que muchos medidores están en un funcionamiento aceptable pero no óptimo, existen micro medidores empañados de los cuales no se puede observar o leer el consumo con mucha precisión, otros micro medidores están rotos o rajados y otros demasadamente rayados en su tapa superior.

Para poder realizar la lectura de los micro medidores, previamente se coordinó una capacitación con un técnico encargado de las lecturas de COSAALT Ltda., donde él nos dio a conocer la manera más práctica de realizar una lectura.

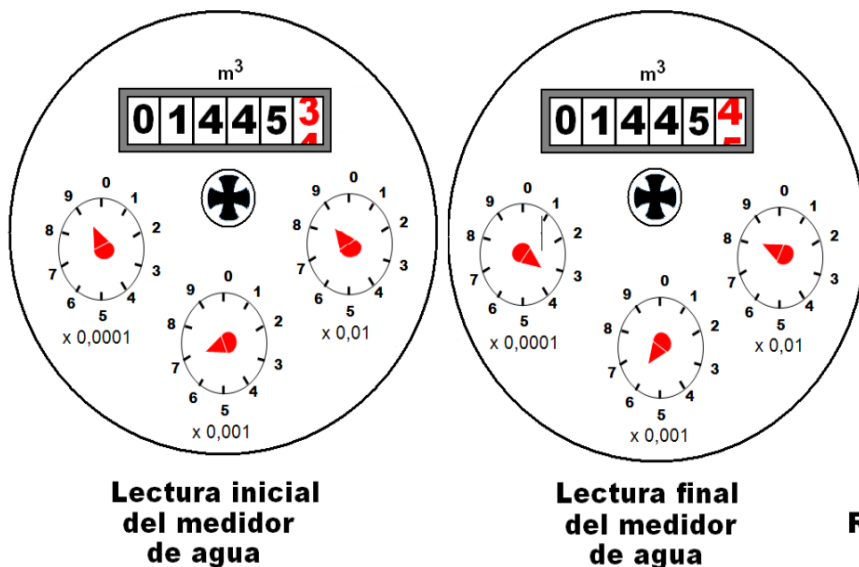
Se tiene que contar con una llave para poder abrir la caja donde se encuentran los micro medidores, en medidores que se encuentran empañados se debe de limpiar la tapa superior, para poder realizar la lectura.

Los micro medidores cuentan con una barra de dígitos en donde nos registra el Consumo de agua en un determinado tiempo. Los primeros 6 dígitos (color negro) registran el Consumo de agua en m^3 , los últimos dígitos (color rojo), registran el Consumo de agua en litros.

Bajo la barra de dígitos se presentan marcadores en forma de reloj que registran el Consumo de agua en 0,01, 0,001 y 0,0001 de m^3 de consumo.

En la Gráfica 24 podemos observar dos micro medidores que registran diferentes consumos, a simple vista observando la barra de dígitos podemos observar que la diferencia de consumo es de 100 litros, pero realizando una observación más precisa en los marcadores inferiores podemos observar que la variación de consumo es de 90 litros, esto hace que se produzca una variación en la lectura de 10 litros, debido a no observar o no considerar el registro de los marcadores.

Gráfica 24: Esquema de un Micro - Medidor



Fuente: Elaboración propia

Los micro medidores instalados en el área piloto son de distintas marcas como ser (LAO, HOL, SCH, BAO y MAD), a continuación, se hará una descripción del micro – medidor de la marca LAO como referencia a los micro medidores.

4.4.4.1. Micro – Medidor LAO

El Hidrómetro de chorro múltiple Magnético LAO está diseñado para atender en forma dinámica las normas técnicas, reglamentos y demandas críticas de aplicación, preservando su inviolabilidad. Ampliamente aplicado en familias de bajo consumo, el Hidrómetro de chorro múltiple Magnético LAO reúne lo que existe de mejor en tecnología industrial. Está fabricado con materiales de alta calidad rendimiento, como polímeros de ingeniería, ejes y cojinetes de alta resistencia. Los hidrómetros LAO están certificados para su uso en agua potable con la Norma Boliviana (NB ISO 4064), en de conformidad con la normativa nacional del INMETRO.

a) Descripción detallada

- Funcionamiento taquimétrico (velocidad) del tipo (chorro múltiple).
- Transmisión magnética.
- Clase metrológica B.
- Relojería seca, giratoria 360 ° con limitador de rotación.
- Cúpula de alta resistencia al impacto y la intemperie.
- Lectura directa a través de cilindros ciclométricos.
- Dispositivo indicador de menor velocidad, utilizado para calibración electrónica y detección de fugas.
- Dispositivo de puesta a cero, minimizando los costos de mantenimiento.
- Ejes y pivotes de acero inoxidable de alta resistencia.
- Turbina, engranajes y demás componentes en polímeros de ingeniería adecuados a la función, promoviendo alta sensibilidad en bajas caudales y resistencia a desgastes en altos caudales.
- Carcasa de aleación de cobre (mínimo 60%) diseñada para soportar distribuciones de esfuerzos.
- Cámara hidráulica formada por la propia carcasa y garantizada por la rigidez de los materiales y capacidad de los procesos de mecanizado en relación a sus tolerancias dimensionales.
- Sistema de blindaje magnético para protección contra campo magnético externo.

- Ajuste de los errores de medición a través de un dispositivo externo.
- Innovador sistema de corte, garantizando mayor seguridad al mecanismo de ajuste del hidrómetro.
- Tapa de protección con pin articulador metálico.
- Cumple las normas ABNT NBR y Reglamentación del INMETRO.

b) Especificaciones Técnicas

Tabla 18: Especificaciones Técnicas del Micro Medidor “LAO”

Modelo		UJBX		UJB0		UJB1		UJB2
Diámetro nominal	in	½	¾	½	¾	½	¾	¾
	mm	15	20	15	20	15	20	20
Clase metrológica		B	B	B	B	B	B	B
Salida máxima (Qmax)	m³/h	1.2	1.2	1.5	1.5	3	3	5
Salida nominal (Qn)	m³/h	0.6	0.6	0.75	0.75	1.5	1.5	2.5
Salida transición (Qt)	m³/h	0.048	0.048	0.06	0.06	0.12	0.12	0.2
Salida mínima (Qmin)	m³/h	0.012	0.012	0.015	0.015	0.03	0.03	0.05
Salida de partida	l/h	6	6	6	6	15	15	25
Máxima pérdida de carga	MPa	0.1		0.1		0.1		0.1
Error máximo admisible	Campo.sup	-2		-2		-2		-2
	Campo.inf	-5		-5		-5		-5
Lectura de pantalla	Max. m³	9999		9999		9999		9999
	Min. m³	0.0001		0.0001		0.0001		0.0001
Presión operativa	bar	10		10		10		10
Temperatura operativa	°C	40		40		40		40
Resolución del sensor REED	Pulso/litro	1 pulso/100 litros						
Resolución del sensor optoelectrico	Pulso/litro	1 pulso/0.1 litro = 10 pulsos/litro						

Fuente: Catálogo de LAO

Gráfica 25: Imagen ilustrativa del Micro – Medidor LAO



Gráfica 26: Imagen ilustrativa del Micro - Medidor H2ole! (HOL)



4.4.5. Grado de precisión de los Medidores

Para la realización de los estudios necesarios sobre los micro medidores nuevos y usados deberemos tener acceso a un equipo de ensayo, estos equipos consisten en una bancada en la que se ubican los medidores a ensayar. Se fuerza el paso de agua a través de ellos a diversos caudales. Para cada uno de los caudales ensayados se compara el registro del medidor con el volumen de agua que realmente ha circulado a través de los equipos, este se conoce bien por existir un recipiente aforado o bien por pesaje del agua acumulada, según el tipo de Banco.

Gráfica 27: Equipos para la Calibración de los Micro Medidores



Fuente: Elaboración propia

Naturalmente estos ensayos deben realizarse en condiciones ambientales controladas, con metodologías estandarizadas que permitan asegurar la repetitividad de los resultados y realizando calibraciones e intercomparaciones periódicas. Es conveniente que el Banco sea manejado por personal especializado y que se guarde registro de los ensayos mediante sistemas informáticos que permitan almacenar, indexar y homogeneizar los resultados de los ensayos.

En el Banco de medidores para cada uno de los medidores ensayados se realiza la medición de error a diferentes caudales. El error entre los caudales ensayados se

interpola, obteniéndose una curva que nos permite caracterizar el error de medición global del contador:

Para la determinación del error de indicación se utiliza la siguiente expresión:

$$E_{\%} = \frac{(V_{MBP} - V_{PC})}{V_{PC}} * 100$$

$E_{\%}$ = Error porcentual relativo (al patrón de medición).

V_{MBP} = Volumen indicado por el medidor bajo prueba.

V_{PC} = Volumen corregido del recipiente patrón.

Asimismo, se debe tener en cuenta que:

$E_{\%}$ = Error porcentual relativo (al patrón de medición).

V_{MBP} = Lectura final – Lectura inicial (en el medidor).

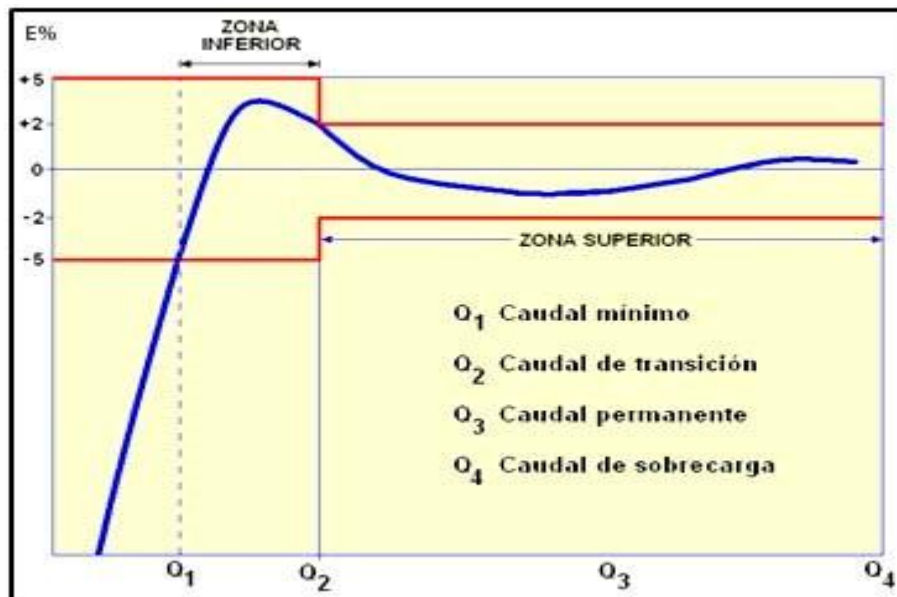
V_{PC} = Volumen indicado en el patrón x $[1 + \alpha (t - 15 \text{ }^{\circ}\text{C})]$.

Para obtener el volumen corregido del patrón:

t = Temperatura del agua en $^{\circ}\text{C}$.

α = Coeficiente de dilatación volumétrica del material del recipiente volumétrico patrón.

Gráfica 28: Curva de los Errores de un Micro - Medidor de Agua



Fuente: IBMETRO

En la Gráfica 28, se puede apreciar que esta curva tiene 2 franjas de control color rojo: una zona inferior y una zona superior, la curva de errores se define por medio de los caudales del medidor.

En general, Caudal mínimo (Q_1), Caudal de transición (Q_2), Caudal permanente (Q_3) y Caudal de sobrecarga (Q_4) versus el error porcentual relativo.

Caudal mínimo (Q_1): Caudal a partir del cual el medidor empieza a proporcionar indicaciones de volumen.

Caudal de transición (Q_2): Caudal que divide en 2 zonas de medición el comportamiento del medidor, cada una de estas zonas se caracteriza por un error máximo permisible distinto.

Caudal permanente (Q3): Caudal en el cual el medidor opera de manera satisfactoria y permanente bajo las condiciones de uso a flujo uniforme y/o intermitente.

Caudal de sobrecarga (Q4): Caudal en el cual el medidor opera satisfactoriamente por cortos periodos de tiempo sin deteriorarse.

Otras definiciones necesarias de conocer son:

Caudal: Cociente del volumen de agua que pasa por el medidor (volumen registrado en el indicador) y el tiempo que demora en hacerlo.

Caudal de arranque: Caudal en el cual, el medidor empieza a funcionar de manera estable. Determina la “sensibilidad” del medidor.

Curva de errores: Gráfico (caudal vs. E%) que muestra los errores de indicación del medidor en función de sus caudales.

4.4.5.1. Banco de Micro Medidores de COSAALT Ltda.

El Banco de micro medidores de COSAALT Ltda., está ubicado en el Barrio Lourdes, este cuenta con personal técnico de tres personas, el técnico encargado es el señor Mamerto Gutiérrez Leniz.

Gráfica 29: Banco de Micro Medidores de COSAALT Ltda.



En este Banco se realizan las calibraciones y reparaciones de los micro medidores nuevos y usados en mal estado, al realizar la calibración de los micro medidores, ellos verifican que los errores de registro de cada medidor no sobrepasen los límites permitidos según la (NB ISO 4064). Para que los micro medidores sean aceptables la calibración debe cumplir los requisitos siguientes:

- a) Para micro medidores nuevos los límites permisibles de error son: al suministrar Caudales máximos el error permisible es de $\pm 2\%$, al suministrar Caudales nominales el error permisible es de $\pm 2\%$, al suministrar Caudales de transición el error permisible es de $\pm 2\%$ y al suministrar Caudales mínimos el error permisible es de $\pm 5\%$.

- b) Para micro medidores de red o reparados los límites permisibles de error son: al suministrar Caudales máximos el error permisible es de $\pm 4\%$, al suministrar Caudales nominales el error permisible es de $\pm 4\%$, al suministrar Caudales de transición el error permisible es de $\pm 4\%$ y al suministrar Caudales mínimos el error permisible es de $\pm 10\%$.

Aquellos micro medidores que sobrepasen estos límites son micro medidores desechados que no son aptos para poder usarlos en el registro de Consumos de agua.

Para que esta investigación sea transparente, es necesario conocer el grado de precisión de los micro medidores a ser analizados, para tal efecto tomaremos en cuenta los siguientes aspectos:

- a) COSAALT Ltda. como entidad administradora no realiza un control sistemático y programado a los micro medidores instalados en cada domicilio.
- b) Los usuarios son los que generalmente detectan las malas lecturaciones o falla de los micro medidores, dados los errores del micro – medidor reflejado en sus facturaciones.
- c) En el caso de realizar las inspecciones técnicas COSAALT Ltda. no cuenta con personal técnico especializado ni instrumentos o equipos para la verificación de la calidad de datos en el micro – medidor; realmente sólo se dedica a lecturar los mismos.

Ante esta situación, la acción metodológica utilizada para verificar de manera aproximada la precisión de los micro medidores fue la siguiente:

- En base a los datos históricos del sistema proporcionados por COSAALT Ltda. (8) meses de datos, se pudo realizar una observación visual de los

consumos de cada domicilio que corresponden a la categoría doméstica, para así poder determinar si existe o no gran variación en los consumos de cada mes, cabe recalcar que no es una manera exacta de poder apreciar si los medidores están en buen funcionamiento o si son aceptables o no, pero es la única manera de poder realizar esta verificación. En esta verificación se pudo observar que algunos datos mensuales presentan valores nulos, esto se suele darse en casos donde el lector no pudo realizar la lectura debido a factores como: empañamiento de la tapa del micro – medidor, el micro – medidor puede encontrarse ahogado, etc.

- Según información proporcionada por el Gerente Comercial de COSAALT Ltda. el Lic. Benito Castillo Galarza, los micro medidores de la zona de estudio se encuentran en buen funcionamiento, ya que no existen quejas de parte de los usuarios al momento de realizar la facturación y cobranza. Ya que los usuarios son los primeros en identificar si existe o no falla en los micro medidores al realizar el pago del consumo.
- En el registro del Banco de micro medidores de COSAALT Ltda. se procedió a realizar una verificación de funcionamiento de los micro medidores de nuestra área piloto, tomando como referencia 30 medidores elegidos al azar. Con el número del medidor se procedió a buscar en los registros con los que cuenta el Banco, si los medidores presentaron fallas al menos en los últimos dos años. En esta verificación se observó que los micro medidores elegidos al

azar no presentaron fallas registradas en ese tiempo, por lo cual concluimos que los micro medidores se encuentran en buen estado o estado aceptable.

De acuerdo a los criterios anteriormente descritos se puede concluir que la precisión de los medidores es aceptable, pudiéndose estimar un error aproximado del orden del 4% de la curva de errores para medidores de red o medidores en funcionamiento (medidores en mal estado), lo cual es considerado aceptable, así también de los errores que se cometen en la lecturación que se estima estaría en el rango del 1 a 2%; en general podemos decir que la precisión en los medidores en el área piloto es del orden del 6% de error.

Gráfica 30: Hoja de Ensayo para Micro Medidores

COSAALT - Ltda. CALIBRAR VERIFICAR 68010 TALLER - LABORATORIO DE MEDIDORES
 TARIJA Noe.: Red.: Rep.: Part.: 78010 Coop.:

EN LICITACION: ADQUIRIDOS: AFOROS: ENSAYOS DE RUTINA: Múmero Hoja: HASTA:
 TIPO: VELOSIMETRO MAGNETICO AFOROS DIAMETRO 160mm. 190mm. TIEMPO: DE CAPACIDAD m3/h. N° Hoja N° CAJA

HOJA DE ENSAYO PARA MEDIDORES

ITEM	NUMERO DEL MEDIDOR	Lectura Lh.	Error %	Lectura Lh.	Error %	Lectura Lh.	Error %	Lectura Lh.	Error %	Lectura Lh.	Error %	Lectura Lh.	Error %	Lectura Lh.	Error %	Lectura Lh.	Error %	OBSERVACIONES	
																			Tip. Nominal
1	183594	58,86	0,834	127,80	30,44	128,24	10,36												
2	183593	153,80	-1,06	182,24	11,6	190,60	9,6												
3	183592	44,80	0,84	142,24	10,6	150,60	9,4												
4	183591	47,80	0,1	172,24	30,58	177,68	10,84												
5	183590	51,80	0,89	170,80	30,8	177,40	10,1												
6	183589	44,80	0,78	142,24	10,6	150,60	9,4												
7	183588	59,36	0,78	160,46	30,66	171,12	10,18												
8	183587	54,78	0,9	154,66	30,34	155,03	10,4												
9	183586	47,80	0,874	142,24	10,6	150,60	9,4												
10	183585	47,80	0,26	174,20	1,6	184,32	1,2												

Nue = Nuevo Red = RED Rep. = Reparado Part. = Particulares Coop. = Cooperativa Marcar con una (X) a la forma del medidor que se esta haciendo la prueba
 Tarija: 30 De: Octubre De 20: 18 Tecnico:

Nota: Para Medidores Nuevos Error Caudal Máximo Permisido: ± 2% Error Caudal Nominal Permisido: ± 2% Error Caudal Transición Permisido: ± 2% Error Caudal Máximo Permisido: ± 5%

Nota: Para Medidores de RED ó REPARADOS SEGÚN Norma Boliviana NB ISO 4064. Error Caudal Máximo Permisido: ± 4% HZ Ofel 1 Iguassu V 5 Chorro Multiple Error Caudal Nominal Permisido: ± 4% BAOA 2 Iguassu IV 6 Chorro Unico Error Caudal Transición Permisido: ± 4% Madalena 3 LAO 7 Error Caudal Máximo Permisido: ± 10% Iguassu III 4 Sereus 8

Fuente: Banco de Micro medidores de COSAALT Ltda.

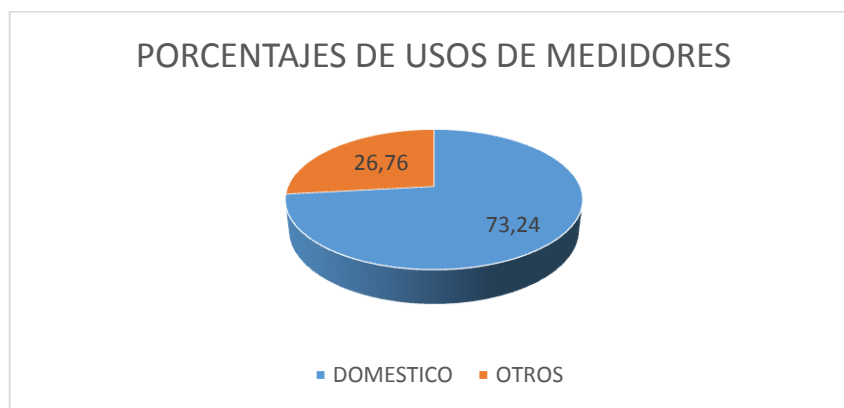
4.5. INVESTIGACIÓN DE CONSUMOS

4.5.1. Medición de Consumos en Campo.

En el área piloto existen 299 conexiones contemplados en su totalidad, de los cuales 214 son de uso doméstico y 85 pertenecen a la clasificación de medidores comerciales o medidores sin uso. En el área piloto, se realizaron 31 lecturas del Consumo diarios de todos los micro medidores incluyendo domésticos y comerciales, debido a que cuando se procedió a la lectura no se tenía identificado que conexiones se categorizaban de uso domésticos o comerciales, de este modo se procedió a la lectura de los 299 micro medidores en total, esta lectura se la realizó aproximadamente en el mismo horario cada día con intervalos de 1 minuto entre micro – medidor, en los meses Mayo y Junio (02/05 a 01/06) de la gestión 2018.

Durante este proceso se pudo observar las diferentes marcas de micro medidores de velocidad de chorro múltiple instalados por COSAALT Ltda., la cual certifica que “los medidores de agua potable instalados para uso de sus clientes cumple con los estándares según la Norma Boliviana ISO 4064”.

Gráfica 31: Esquemas de usos de Agua de Consumo del Área Piloto



Fuente: Elaboración propia

4.5.2. Encuesta de Campo

Se elaboró el formato definitivo de la encuesta con cuatro preguntas necesarias para la estimación del de la Dotación Per cápita, donde se pudo identificar: el nombre del propietario, la ubicación, el uso del servicio, el número habitantes de cada vivienda y si es una vivienda unifamiliar o multifamiliar (departamentos o edificio), es así que el formato definitivo de la encuesta se puede observar en la siguiente Tabla:

Tabla 19: Formato de Encuesta Realizada

N°	NOMBRE	DIRECCION	TIPO DE VIVIENDA					TIPO DE VIVIENDA		N° de habitantes
			domestico	oficina	mixto	colegio	institucion	mercado	unifamiliar	
1	COSAALT LTDA.	INGAVIN° E-0749					X			
58	VEZAGA SILES CIMAR	INGAVIN° E-0520	X					X		4
59	KISEN BRIEGER OSCAR-INST.	INGAVIN° N-0550				X				
122	MERCADO RENE BARRENTOS	DELGADILLO					X			
124	CADENA BURGOS EYBER	DELGADILLO N° N-0521	X						X	4
125	COLODRO MIGUEL ANGEL JUAN	DELGADILLO N° 0509		X					X	
126	ESCUELA MARIA LAURA JUSTINIANO	DELGADILLO				X				
296	BURRY USQUEDA CESAR	VIRGINO LEMA N° E-0640	X					X		5
297	BURRY USQUEDA CESAR	VIRGINO LEMA N° E-0644	X					X		9
298	KATUNAR ZAFARANCH ROQUE	VIRGINO LEMA N° E-0684	X					X		1

Fuente: Elaboración propia

En el anexo A.6 se puede observar algunos domicilios subrayados de color, se realizó esta clasificación de los domicilios con colores, dentro de los cuales corresponden a:

El color rojo. - Son domicilios que no corresponden directamente a consumos domésticos, son medidores comerciales entre oficinas, mercados, colegios, etc. En esta caracterización también se encuentran aquellos medidores que no presentan Consumo los cuales se encuentran inactivos.

El color mostaza. - Los de color mostaza son domicilios en donde se encuentran compartido el Consumo ya sean oficinas o comercios, en donde según los propietarios los negocios no Consumen agua, es por esta incertidumbre que se procedió a marcar esos dichos domicilios, para luego poder comprobar si existe un consumo o no de parte de las oficinas o comercios.

De acuerdo a lo observado cuando se realizaban las encuestas, existía mucha imprecisión en el dato de número de habitantes que pertenecen a cada vivienda, ya que las personas al saber que era un estudio de medición de agua potable, tendían a mentir y a no dar la información correcta del número de habitantes que habitan cada vivienda, por miedo a que el estudio o la información brindada pueda afectar en la facturación.

4.5.3. Consumos diarios domésticos

Una vez encuestados (Anexo A.6.) y registrados los volúmenes de Consumo de agua (Anexo A.5.) pertenecientes a las viviendas de nuestra área piloto, se procedió a la clasificación en función al tipo de consumo de todas las viviendas del área piloto. Con los registros de volúmenes de consumo de la micro medición, el número de habitantes pertenecientes al tipo de Consumo doméstico resultados del encuestado y el tipo de vivienda a la que pertenece (unifamiliar o multifamiliar) se procedió a sumar todos los volúmenes de Consumo por días y se dividió entre el número de habitantes encuestados. De esta manera se obtuvo la Dotación Per cápita o Caudal medio diario, para los dos tipos de vivienda.

Se procedió a realizar el análisis de dos tipos de vivienda (unifamiliar y multifamiliar), este análisis se lo realizó debido a que la variación de consumos de agua en domicilios unifamiliares y en domicilios multifamiliares es muy variable dado que los Consumos de agua en viviendas unifamiliares son mayores que en las viviendas multifamiliares, esto debido al tiempo de permanencia o no de los habitantes que residen en los domicilios.

Tabla 20: Caudales de Consumo medio diario con datos medidos

DÍA	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO	LUNES	MARTES
FECHA	02-may	03-may	04-may	05-may	06-may	07-may	08-may
Nº	1	2	3	4	5	6	7
vol. Acu. (m³/día)	179,294	173,016	183,568	161,510	121,979	175,091	157,064
vol. Acu. (lts/día)	179293,500	173016,000	183568,000	161509,600	121979,400	175091,000	157064,000
vol. Acu. (lts/s)	2,075	2,002	2,125	1,869	1,412	2,027	1,818

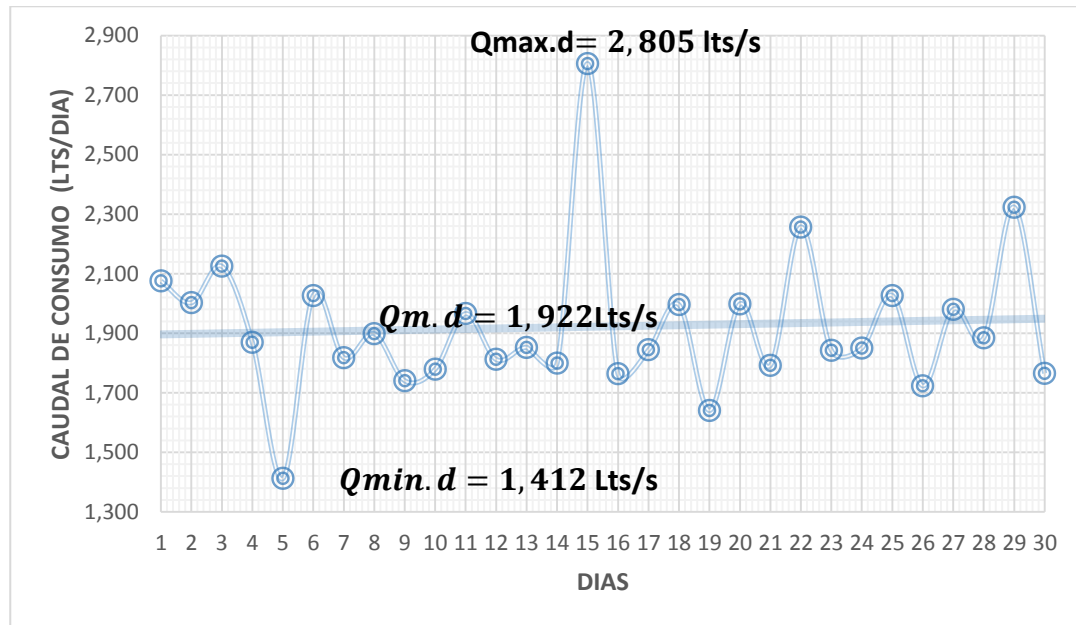
MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES
09-may	10-may	11-may	12-may	13-may	14-may	15-may	16-may
8	9	10	11	12	13	14	15
164,036	150,384	153,715	169,832	156,532	160,047	155,431	242,386
164036,000	150384,000	153715,000	169832,000	156532,000	160047,000	155431,000	242386,000
1,899	1,741	1,779	1,966	1,812	1,852	1,799	2,805

JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES
17-may	18-may	19-may	20-may	21-may	22-may	23-may	24-may
16	17	18	19	20	21	22	23
152,396	159,326	172,429	141,756	172,646	154,819	194,959	159,205
152396,050	159326,800	172428,605	141755,592	172646,005	154818,666	194959,043	159204,694
1,764	1,844	1,996	1,641	1,998	1,792	2,256	1,843

VIERNES	SÁBADO	DOMINGO	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES
25-may	26-may	27-may	28-may	29-may	30-may	31-may
24	25	26	27	28	29	30
159,846	175,104	148,908	171,086	162,807	200,713	152,475
159845,738	175103,543	148908,346	171086,099	162806,908	200713,434	152474,508
1,850	2,027	1,723	1,980	1,884	2,323	1,765

Fuente: Elaboración propia (cálculos completos anexo A.7.)

Gráfica 32: Variaciones diarias de Consumo



Fuente: Elaboración propia

Tabla 21: Resultados de los Caudales de Consumo

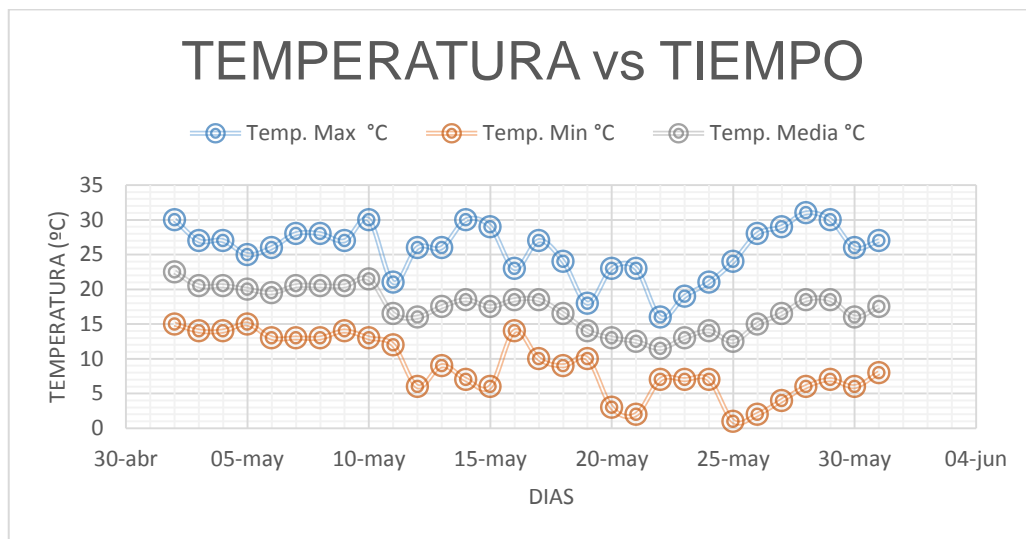
CONSUMO DIARIO	Medio	1,922	lts/s
	Máximo	2,805	
	Mínimo	1,412	
POBLACIÓN		896	Hab.

En las gráficas se pueden observar que se presentan días con picos altos y días con picos bajos, de los cuales no son muy dispersos en valor estos picos se presentan; los altos en los días Miércoles y los bajos en los días Domingos, realizando un análisis de los picos más relevantes, estos se presentan en:

- N° 15.- Pico alto, perteneciente al día Miércoles 16/Mayo/2018, de la Gráfica de variaciones diarias de Consumo con un valor de 2,805 lts/s.
- N° 5.- Pico bajo, perteneciente al día Domingo 06/Mayo/2018, de la Gráfica de variaciones diarias de Consumo con un valor de 1,412 lts/s.

Realizando un análisis de la gráfica de Consumos diarios y la temperatura (máxima y mínima), que se produjo en los mismos días de estudio, para poder relacionar dichos picos de consumo con las variaciones de temperatura a la que corresponde.

Gráfica 33: Variaciones de Temperatura para la ciudad de Tarija para el mes de Mayo



Fuente: Elaboración propia

La Gráfica 33, de variaciones de temperatura podemos observar que la fecha 06/05/18 se presentó una temperatura máxima de 26 °C y una mínima de 13 °C. En la fecha 16/05/18 se presentó una temperatura máxima de 23 °C y una mínima de 14 °C.

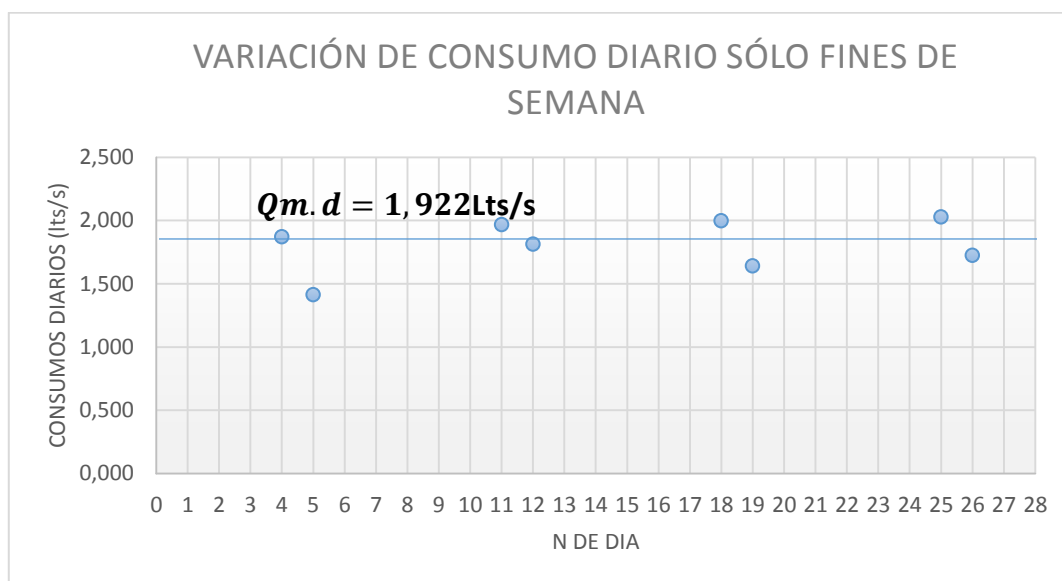
De este análisis podemos observar que cuando se presentan los picos bajos las temperaturas son bajas y cuando se presentan los picos altos las temperaturas son mayores, así podemos concluir que la relación de la temperatura con los Consumos de agua es proporcional, a mayor temperatura mayor Consumo de agua y a temperaturas bajas, menor es el Consumo de agua

También se realizó un análisis de la gráfica de Consumos diarios, para poder observar el comportamiento de los consumos que se producen en los fines de semana.

Tabla 22: Consumos diarios Considerando sólo los Fines de Semana

DIA	SÁBADO	DOMINGO	SÁBADO	DOMINGO	SÁBADO	DOMINGO	SÁBADO	DOMINGO
FECHA	05-may	06-may	12-may	13-may	19-may	20-may	26-may	27-may
Nº	4	5	11	12	18	19	25	26
vol. Acu. (m³/día)	161,5096	121,9794	169,832	156,532	172,428605	141,755592	175,1035435	148,9083458
vol. Acu. (lts/día)	161509,600	121979,400	169832,000	156532,000	172428,605	141755,592	175103,543	148908,346
vol. Acu. (lts/s)	1,869	1,412	1,966	1,812	1,996	1,641	2,027	1,723

Gráfica 34: Variaciones de Consumo diarios sólo Fines de Semana



Fuente: Elaboración propia.

- De los análisis realizados se compararon los datos diarios de todos los fines de semana con el dato del Consumo medio diario de todo el mes de estudio.
- Podemos observar en la gráfica que los Consumos de los fines de semana, se encuentran en su gran mayoría por debajo del Consumo medio diario.
- El valor máximo de Consumo de un fin de semana excede por muy poco al valor del Consumo medio diario.

- d) Podemos observar también, que el Consumo en los fines de semana es muy bajo, considerando que la mayoría de la población de nuestra área piloto, trabaja en los días de semana, el Consumo de agua en los fines de semana deberían ser mayores, pero del análisis realizado observamos que los consumos son menores en la mayoría al Consumo medio diario.
- e) Si bien este estudio no es apto para poder dar sugerencias precisas sobre el comportamiento de los Consumos de agua porque se lo realizó en un periodo determinado, podemos señalar que en el área piloto no es necesario abastecer a la población con gran cantidad de agua en los fines de semana, esto como resultado del análisis realizado.

4.5.3.1.Observaciones

En las gráficas presentadas anteriormente se han empleado escalas convenientes para que se pueda apreciar la variación del Consumo diario a lo largo del tiempo en la zona de estudio.

Se procedió a realizar el estudio en el mes de Mayo, debido a que las condiciones para poder realizar las lecturaciones y condiciones en las que se encontraba todo el sistema de abastecimiento de agua, eran las óptimas en esta época.

4.5.3.2. Determinación de la Dotación Per cápita de uso Comercial y Público

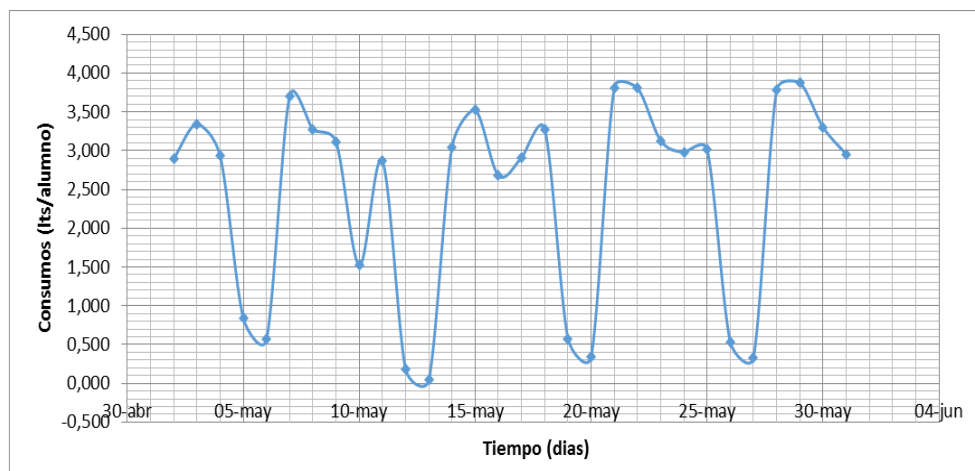
Se procedió a determinar las Dotaciones de agua en: Mercados, Cooperativas, Unidades Educativas, etc., que se encuentran dentro de nuestra área piloto.

Si bien, éste estudio se enfoca principalmente a la determinación de la Dotación Per cápita de agua potable de uso doméstico, siendo éste el de mayor importancia dentro del diseño de sistemas de agua potable, no podemos dejar de lado el análisis de Consumos de agua que no pertenecen a la categoría doméstica.

Cuando se realizaron las lecturaciones diarias dentro de la zona de estudio al no poder realizar lecturaciones a medidores solo de uso doméstico, se realizó la lecturación a todos los medidores en general, considerando medidores comerciales, públicos, etc. de esta forma fue posible cuantificar y determinar la Dotación Per cápita de los mismos.

a) Centros educativos, escuelas, colegios, universidades y otros similares, alumnado externo

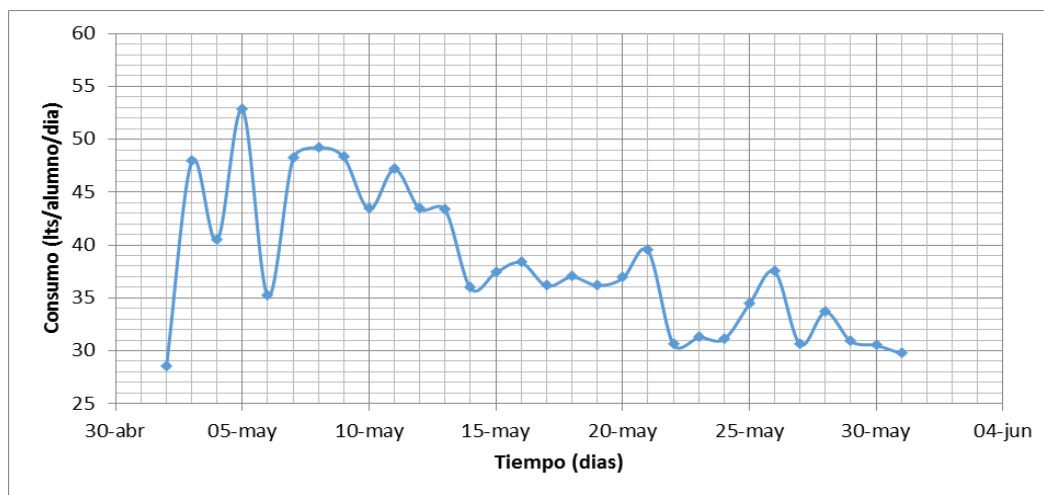
- Instituto KISEN SING – INST. CATEC ubicado en la calle Junín con numero de domicilio N° N-0685 y su micro – medidor está identificado con el numero SCH-058245.



DATOS	
alumnos inscritos en la gestión 2018	400
personal docente	30
personal administrativo	10

RESULTADOS		
población total	440	hab
dotación media	3,170	lts/alumno/dia

- Unidad Educativa MARIA LAURA JUSTINIANO ubicada en la calle Delgadillo esquina La Madrid y sus micro – medidores están identificados con los números (SCH-540021 y HOL-2153)

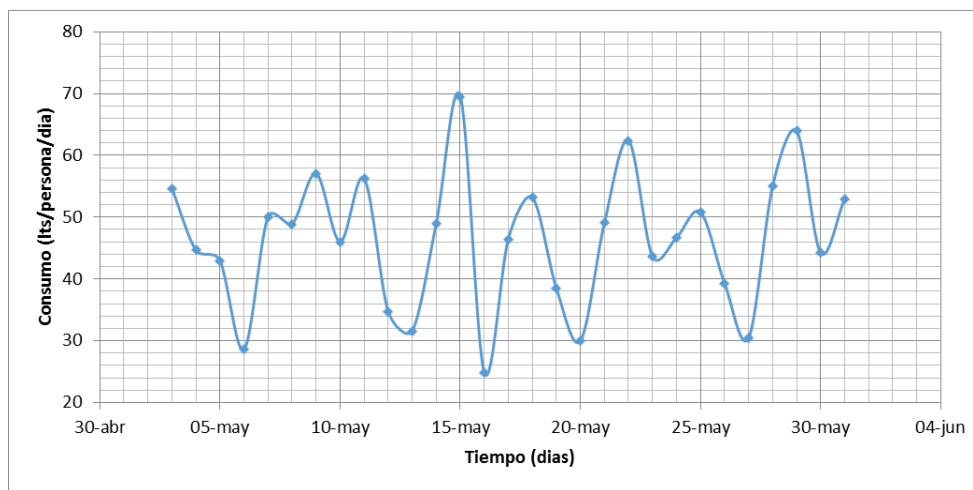


DATOS	
alumnos inscritos en la gestión 2018	1230
personal docente	60
personal administrativo	12

RESULTADOS		
población total	1302	hab
dotación media	38,427	lts/alumno/dia

b) Edificios de oficinas, personal

- Cooperativa de Servicios de Agua y Alcantarillado Tarija (COSAALT Ltda.), esta institución está ubicada en la calle Ingavi con número de domicilio N° E-0749 y su micro – medidor está identificado con el número LAO-496186.

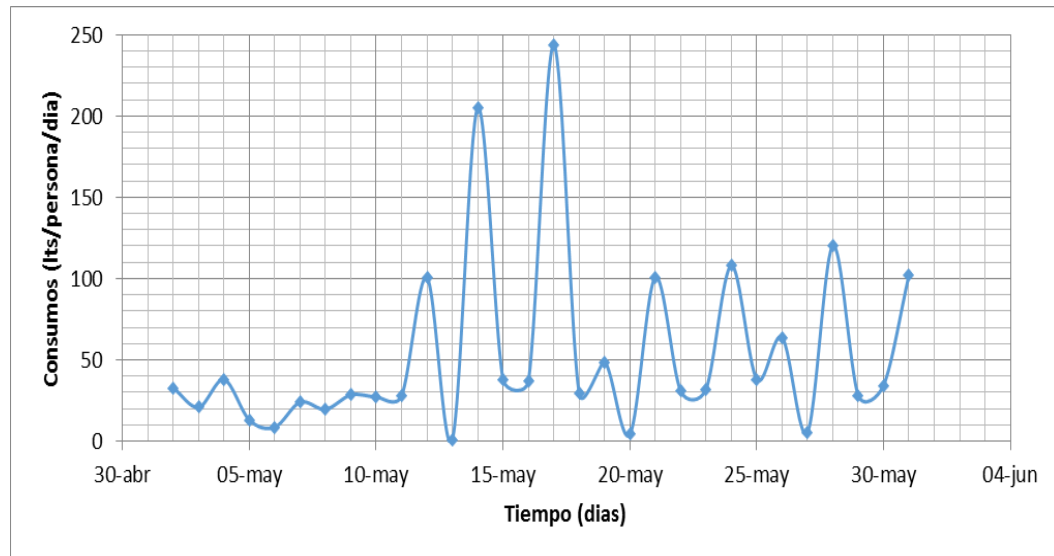


DATOS	
personal ejecutivo	5
personal profesionales y técnicos	32
personal administrativo	51
TOTAL	88

RESULTADOS		
población total	88	hab
dotación media	49,001	lts/persona/día

- COOPERATIVA DE AHORRO Y CREDITO EL CHURQUI LTDA.

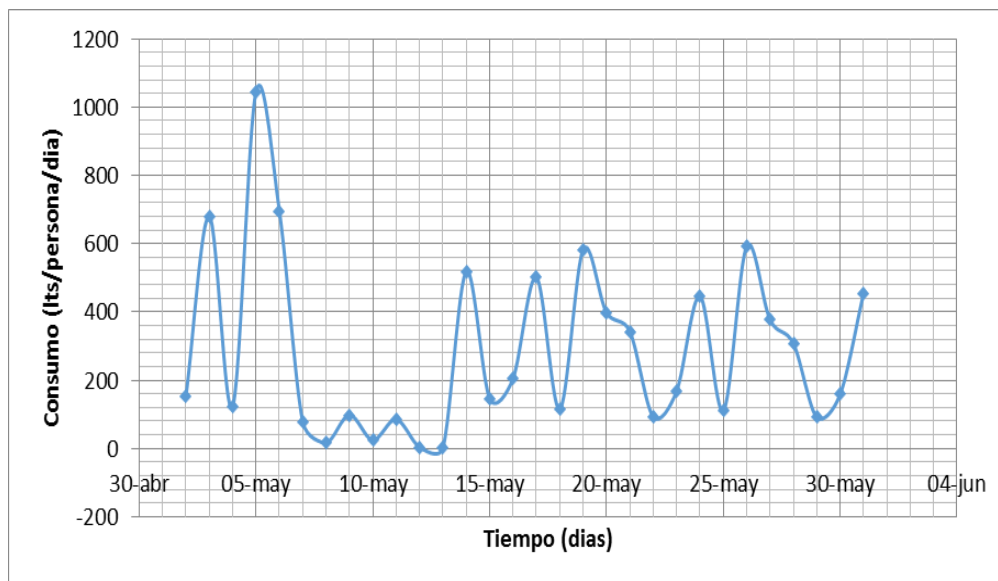
Ubicada en la calle Delgadillo con número de domicilio 570 y su micro – medidor está identificado con el número SCH-001082.



DATOS	
personal ejecutivo	3
personal administrativo	24
TOTAL	27

RESULTADOS		
población total	27	hab
dotación media	61,288	lts/persona/dia

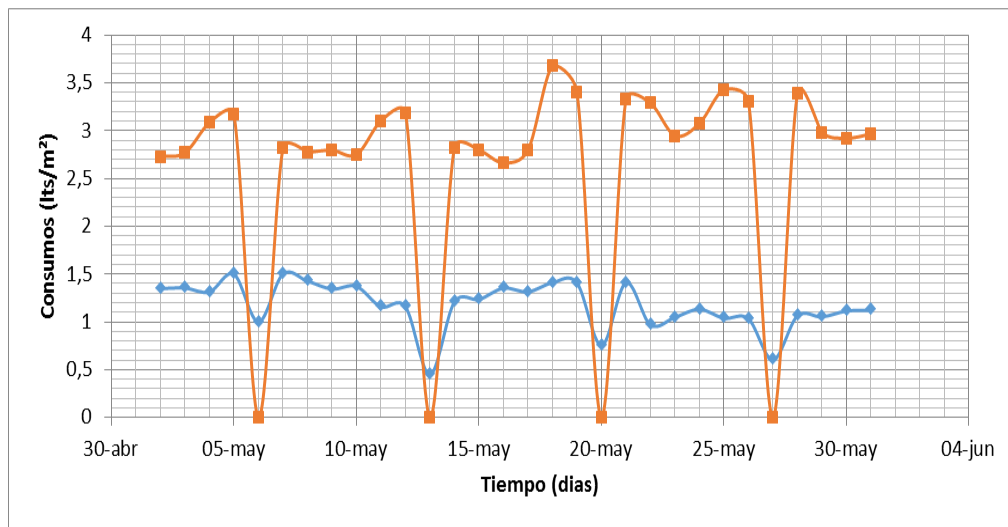
- MINISTERIO DE TRABAJO ubicado en la calle Delgadillo sin número de domicilio y su micro – medidor está identificado con el número SCH-004473.



RESULTADOS		
población total	15	hab
dotación media	223,437	lts/persona/dia

c) Mercados, supermercados

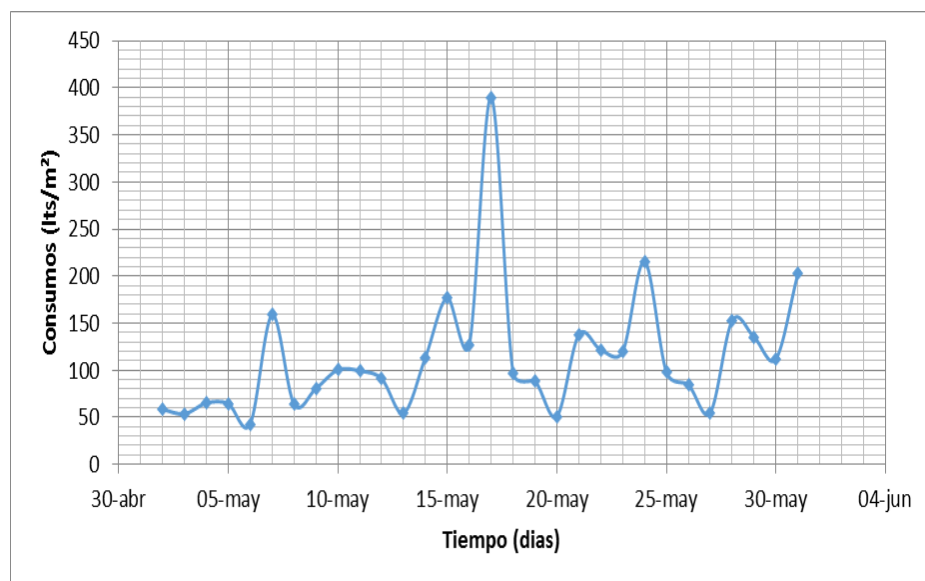
- MERCADO RENE BARRIENTOS ubicado en la calle La Madrid sin número de domicilio y su micro medidor está identificado con el número SCH-00135.
- MERCADO RENE BARRIENTOS ubicado en la calle Delgadillo sin número de domicilio y su micro medidor está identificado con el número LAO-88235.



RESULTADOS		
SUPERFICIE 1	2066,486	m ²
SUPERFICIE 2	1051,303	m ²
DOTACIÓN	4,282	lts/m ² /día

d) Hoteles y similares

- Hotel ubicado esquina La Madrid y Méndez, con número de domicilio N° N-0314 y su micro – medidor está identificado con el número SCH-006197.



RESULTADOS		
número de camas	22,000	s/u
dotación media	113,798	lts/cama. día

La determinación de la Dotación y Consumos de agua de las instituciones, oficinas, colegios y otros se las realizó, gracias a que se contaba con datos diarios debido a la lecturación, los cálculos completos para poder observar el comportamiento de Consumo de los mimos se muestran en el Anexo 8, en donde se realizaron dos diferentes cálculos de la Dotación de uso comercial. La primera determinación se la realizo considerando los días en que funcionan estas instalaciones (excepto los fines de semana) y la segunda determinación se la realizó considerando todos los días del mes.

4.5.3.3. Comparación de Dotaciones de uso comercial con los datos brindados por el Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias y Domiciliarias.

Se realizó una comparación de los resultados obtenidos mediante este estudio y los valores que nos proporciona el Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias. En la Tabla 23, se observa que los valores determinados por este estudio son mucho menores a los valores proporcionados por el Reglamento.

Tabla 23: Comparación de Consumos diarios entre el Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias y Domiciliarias y los valores determinados por este estudio

CATEGORÍA		DOTACIÓN	
		DETERMINADO	REGLAMENTO
escuelas, colegios, universidades y otros similares, alumnado externo	KISEN SING – INST. CATEC	3,17 Lts/alumno. día	50 lts/alumno. día
	MARIA LAURA JUSTINIANO	38,427 lts/alumno. día	
Edificios de oficinas, personal	(COSAAAL Ltda.)	49,001 lts/perona. día	50 lts/persona. día
	COOPERATIVA DE AHORRO Y CREDITO EL CHURQUI LTDA.	61,288 lts/persona. día	
	MINISTERIO DE TRABAJO	223,437 lts/persona. Día	
Mercados, supermercados	MERCADO RENE BARRIENTOS	4,282 lts/m ²	10 lts/m ²
Hoteles y similares	HOTEL	113,798 lts/cama. día	100 - 200 lts/cama. día

Fuente: Elaboración propia

4.5.4. Medición de Consumo horario

Para poder determinar los Coeficientes de máximo Consumo diario y horario, se procedió a realizar una lecturación horaria en cada uno de los micro medidores, para poder realizar esto se procedió a capacitar a un grupo de personas, las cuales colaboraron en lecturar la mayor cantidad de medidores cada hora.

Se dividió el área piloto en 8 brigadas, con la finalidad de poder lecturar 30 micro medidores cada brigada en una variación de tiempo de 10 min. Esto significa que cada persona debería lecturar al menos 30 medidores comenzando 5 minutos antes y 5 minutos después en cada hora exactamente, para que no exista gran variación. Se

logró lecturar al menos 248 medidores en general, considerados micro medidores domésticos y comerciales.

No se pudo realizar la lecturación solo de los micro medidores domésticos, debido a que existía mucha más dificultad en identificar y saltar la lecturación de medidor en medidor, es por este motivo que se lectura todos los medidores en general.

Al no poder lecturar la totalidad de los micro medidores se procedió a sacar porcentajes de Consumo, con los cuales se completó los medidores faltantes.

Esta lecturación horaria se la realizó en el día de máximo Consumo, que para nuestra área piloto es el día Miércoles, por este motivo la presente lecturación se la realizo el día 13 de Junio del año 2018 comenzando desde las 00:00 de ese día, hasta las 00:00 del día siguiente.

Tabla 24: Consumos horarios de la Zona de Estudio (lts/s)

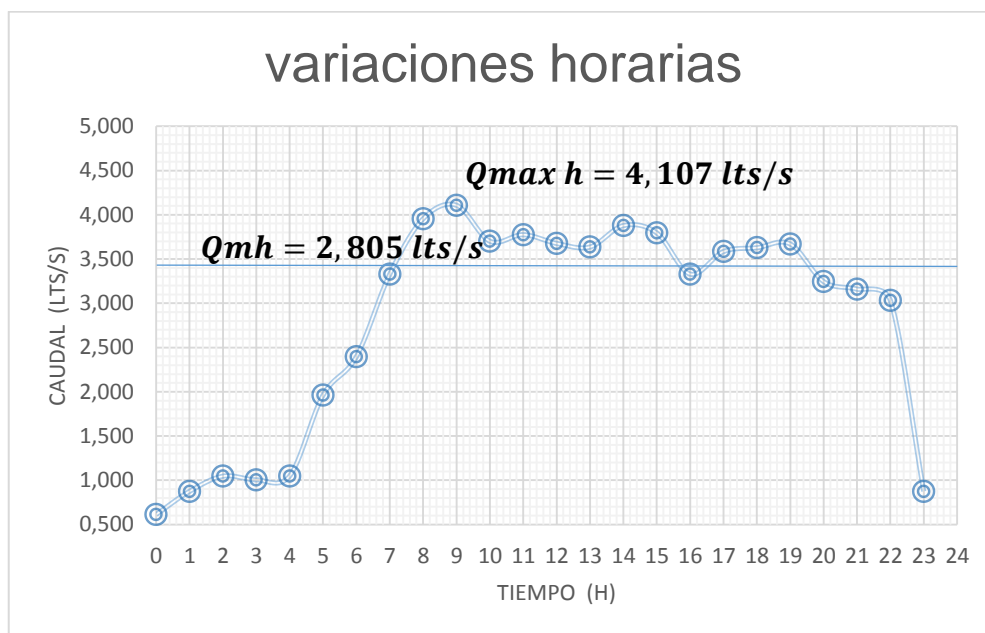
N° hora	0	1	2	3	4	5	6	7
hora	00:00 a 01:00	01:00 a 02:00	02:00 a 03:00	03:00 a 04:00	04:00 a 05:00	05:00 a 06:00	06:00 a 07:00	07:00 a 08:00
Vol. (m³/hora)	2,208	3,148	3,766	3,617	3,774	7,061	8,626	11,987
Vol. (lts/hora)	2208,483	3147,665	3765,844	3617,255	3773,786	7060,922	8626,225	11986,824
Vol. (lts/s)	0,613	0,874	1,046	1,005	1,048	1,961	2,396	3,330

8	9	10	11	12	13	14	15	16
08:00 a 09:00	09:00 a 10:00	10:00 a 11:00	11:00 a 12:00	12:00 a 13:00	13:00 a 14:00	14:00 a 15:00	15:00 a 16:00	16:00 a 17:00
14,240	14,787	13,324	13,591	13,235	13,089	13,961	13,662	11,987
14240,373	14786,656	13323,855	13590,652	13235,087	13089,415	13961,177	13662,026	11986,824
3,956	4,107	3,701	3,775	3,676	3,636	3,878	3,795	3,330

17	18	19	20	21	22	23
17:00 a 18:00	18:00 a 19:00	19:00 a 20:00	20:00 a 21:00	21:00 a 22:00	22:00 a 23:00	23:00 a 24:00
12,905	13,059	13,212	11,681	11,374	10,915	3,148
12905,469	13058,577	13211,684	11680,609	11374,394	10915,072	3147,665
3,585	3,627	3,670	3,245	3,160	3,032	0,874

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 35: Variaciones horarias de Consumo en la Zona de Estudio



Fuente: Elaboración propia

Tabla 25: Resultados de los Caudales de Consumo horarios (lts/s)

CONSUMO HORARIO	MEDIO	2,802	lts/s
	MÁXIMO	4,102	
	MÍNIMO	0,613	

4.5.5. Estimación de los parámetros de estudio considerando pérdidas

Resultados de Consumos diarios, de la Gráfica de variaciones diarias de consumo.

CONSUMO DIARIO	Medio	1,922	lts/s
	Máximo	2,805	
	Mínimo	1,412	
POBLACIÓN		896	Hab.

$$Df = \frac{86400 * Qmd}{Pf}$$

$$Df = \frac{86400 * 1,922}{896}$$

$$Df = 185,336 \frac{lts}{hab} / dia$$

$$k1 = \frac{Q \max. d}{Q \min. d}$$

$$k1 = \frac{2,805 \text{ lts/s}}{1,922 \text{ lts/s}}$$

$$k1 = 1,460$$

Resultados de Consumos horarios, de la Gráfica de variaciones horarias de consumo.

CONSUMO HORARIO	MEDIO	2,802	lts/s
	MÁXIMO	4,102	
	MÍNIMO	0,613	

$$k2 = \frac{Qmaxh}{Qmaxd}$$

$$k2 = \frac{4,107 \text{ lts/s}}{2,805 \text{ lts/s}}$$

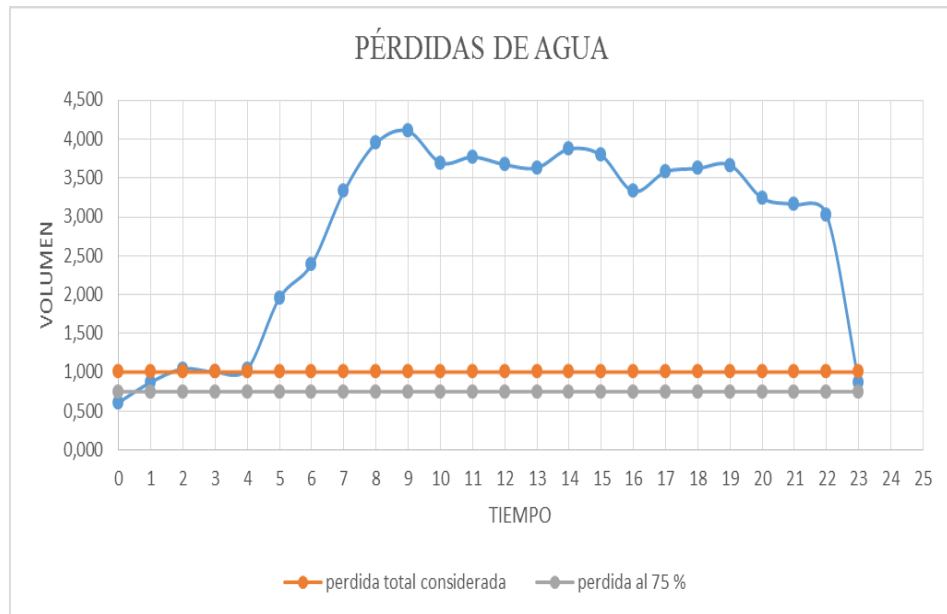
$$k2 = 1,464$$

4.5.6. Estimación de Pérdidas

De la gráfica de variaciones horarias se pudo identificar que en las horas 23:00 pm. a 05:00 am. existe consumo en los domicilios, realizando un análisis a este consumo, no es posible determinar si este consumo se debe a Consumo de agua por la población o si se refiere a pérdidas de agua dentro de los domicilios (pérdidas de los artefactos sanitarios), ya que en esas horas las personas están descansando y no tendría que existir Consumos de agua, al realizar esta observación vamos a considerar que este consumo corresponde a pérdidas producidas dentro de los domicilios, estas pérdidas corresponden a un porcentaje de 26,661 % del total del Consumo horario.

La determinación de pérdidas se realizó de la siguiente manera:

- Para la determinación de las pérdidas consideradas anteriormente, del gráfico de variaciones de consumo se procedió a dar como referencia un eje distinto, eliminando todos los consumos que se produjeron en las horas ya mencionadas anteriormente, este nuevo eje tiene un valor de 1,004 lts/s.
- Si bien es que se consideró todo el consumo producido en esas horas como pérdidas, existente la incertidumbre de que podrían ser consumos provocados por las personas y no así pérdidas de agua, es por esto que se consideró solo el 75% de todo ese consumo como pérdidas de agua y un 25% de consumos reales por las personas.

Gráfica 36: Análisis de Pérdidas de Agua en los domicilios

Fuente: Elaboración propia

En la Gráfica 36, de las variaciones de Consumo horario se realizó el análisis de pérdidas, las líneas de color naranja reflejan el nuevo eje asumido, la línea de color plomo es el eje asumido al 75% de pérdidas, todos los Consumos de agua por debajo de estas línea se consideraron pérdidas de agua. Para esto se sumaron todos los consumos producidos del día considerando las pérdidas (consumos totales), luego se procedió a sumar todos los consumos producidos sin considerar pérdidas a 75%, de esta manera se determinó la diferencia de la misma llegando a concluir el porcentaje de pérdidas totales de los artefactos sanitarios de los domicilios de 26,661%.

Volumen total con pérdidas	67,257	lts/s
Volumen total sin pérdidas	43,814	lts/s
Diferencia	23,443	lts/s
Porcentaje de pérdidas	35,548	%
75 % de pérdidas	26,661	%

Asimismo, cuando se realizó la visita al Banco de micro medidores de COSAALT Ltda. se pudo constatar que los micro medidores con el tiempo van perdiendo su grado de precisión de medida, y presentan error en su lectura, este error varía de acuerdo a lo mencionado anteriormente. Para el caso particular de este estudio se adoptará un valor de error o pérdida de 4% valor que fue dado como dato por el encargado del Banco de medidores.

Al realizar las lecturaciones a los micro medidores, por parte del lector también existen errores al no visualizar correctamente los dígitos de registro, por este motivo también consideraremos una pérdida o error de 2%.

Realizando un análisis de todas las pérdidas mencionadas anteriormente, concluimos que la sumatoria de todas estas pérdidas corresponde a 32,661%, pérdidas que consideraremos en la determinación de la Dotación Per cápita y la determinación de los Coeficientes de máximo Caudal diario y horario.

Tabla 26: Pérdidas Determinadas

TIPO DE PÉRDIDAS	PORCENTAJE
Dentro del domicilio	26,661
Del lector	2
Del micro - medidor	4
TOTAL	32,661

Fuente: Elaboración propia

4.5.7. Determinación de Parámetros de Estudio sin considerar las Pérdidas

4.5.7.1. Determinación de la Dotación Per Cápita de uso Domestico

Tabla 27: Consumos Diarios Modificados

DÍA	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO	LUNES	MARTES
FECHA	02-may	03-may	04-may	05-may	06-may	07-may	08-may
Nº	1	2	3	4	5	6	7
vol. Acu. (m ³ /día)	179,294	173,016	183,568	161,510	121,979	175,091	157,064
sin perdidas	120,734	116,507	123,613	108,759	82,140	117,905	105,765
vol. Acu. (lts/día)	120734,450	116507,244	123612,856	108758,950	82139,708	117904,528	105765,327
vol. Acu. (lts/s)	1,397	1,348	1,431	1,259	0,951	1,365	1,224

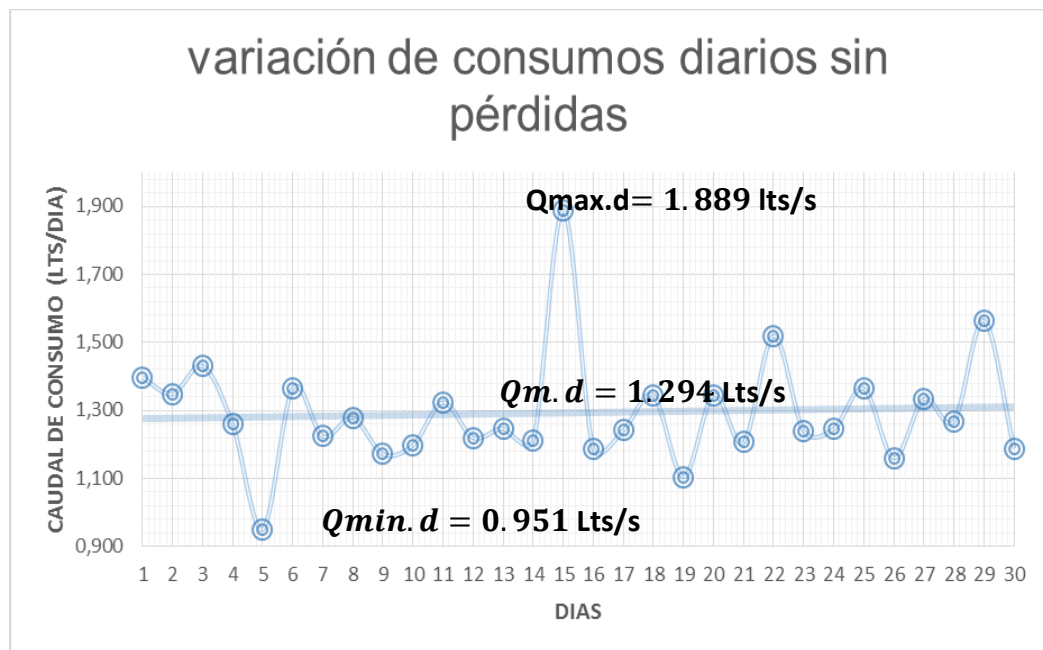
MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES
09-may	10-may	11-may	12-may	13-may	14-may	15-may	16-may
8	9	10	11	12	13	14	15
164,036	150,384	153,715	169,832	156,532	160,047	155,431	242,386
110,460	101,267	103,510	114,363	105,407	107,774	104,666	163,220
110460,202	101267,082	103510,144	114363,170	105407,083	107774,049	104665,681	163220,309
1,278	1,172	1,198	1,324	1,220	1,247	1,211	1,889

JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES
17-may	18-may	19-may	20-may	21-may	22-may	23-may	24-may
16	17	18	19	20	21	22	23
152,396	159,326	172,429	141,756	172,646	154,819	194,959	159,205
102,622	107,288	116,112	95,457	116,258	104,253	131,283	107,207
102621,976	107288,400	116111,698	95456,798	116258,093	104253,342	131283,470	107206,849
1,188	1,242	1,344	1,105	1,346	1,207	1,519	1,241

VIERNES	SÁBADO	DOMINGO	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES
25-may	26-may	27-may	28-may	29-may	30-may	31-may
24	25	26	27	28	29	30
159,846	175,104	148,908	171,086	162,807	200,713	152,475
107,639	117,913	100,273	115,208	109,633	135,158	102,675
107638,522	117912,975	100273,391	115207,668	109632,544	135158,419	102674,809
1,246	1,365	1,161	1,333	1,269	1,564	1,188

CONSUMO DIARIO	MEDIO	1,294	Its/s
	MÁXIMO	1,889	
	MÍNIMO	0,951	
POBLACIÓN		896	Hab.

Gráfica 37: Variaciones diarias de Consumo Modificadas



Fuente: Elaboración propia

$$Q_{md} = \frac{Pf * Df}{86400}$$

Donde:

Q_{md}: Caudal medio diario en lts/s

Pf: Población futura en hab.

Df: Dotación futura en lts/hab./día

$$Df = \frac{86400 * Qmd}{Pf}$$

$$Df = \frac{86400 * 1,294}{896}$$

$$Df = 124,778 \frac{lts}{hab} / dia$$

4.5.7.1.1. Verificación

Para la realización de la verificación y validación vamos a comparar la Dotación media diaria determinada a partir de los datos medidos y con los datos proporcionados del registro de COSAALT Ltda., los datos proporcionados por esta entidad corresponde a los meses de: Enero, Febrero, Marzo, Abril, Mayo, Junio, Julio y Agosto. A partir de estos datos, considerando sólo los micro medidores de uso doméstico, con los volúmenes de Consumo de agua y con los datos de la encuesta para saber la población se determinó la Dotación media diaria para cada mes para los dos tipos de viviendas analizadas, sin considerar las pérdidas.

Tabla 28: Dotación media diaria con datos de COSAALT Ltda.

Mes	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO
Volumen (m³)	5317	4753	4956	5207	4873	4150	4584	4798
Volumen (lts)	5317000	4753000	4956000	5207000	4873000	4150000	4584000	4798000
Dias	31	28	31	30	31	30	31	31
Volumen (lts/día)	171516,1	169750	159871	173566,7	157193,5	138333,3	147870,97	154774,2
Vol. Sin pérdidas	115497,246	114307,95	107655,51	116878,058	105852,564	93152,283	99574,83097	104223,394
Dotacion (lts/hab/día)	128,903	127,576	120,151	130,444	118,139	103,965	111,133	116,321

Fuente: Elaboración propia (cálculos completos Anexo A.3.)

Con los valores de la Dotación media diaria obtenida con los volúmenes medidos y los datos proporcionados por COSAATL Ltda. se procedió a realizar la tabla de

valores comparativos Tabla 29, de esta forma validar los datos medidos con los datos proporcionados por COSAALT Ltda.

Tabla 29: Comparación de datos de Dotación Tarija - Zona Central - Barrio las Panosas

TABLA DE DATOS COMPARATIVOS			
Valores Propios Medidos			
Mes	mayo	124,778	lts/hab./dia
Valores proporcionados por COSAALT Ltda.			
Mes	ENERO	128,90	lts/hab./dia
	FEBRERO	127,58	
	MARZO	120,15	
	ABRIL	130,44	
	MAYO	118,14	
	JUNIO	103,96	
	JULIO	111,13	
	AGOSTO	116,32	
Media		119,579	

Fuente: Elaboración propia

4.5.7.1.2. Observaciones

En la tabla de valores comparativos se puede observar que los valores obtenidos con los datos medidos y los valores obtenidos con los datos proporcionados por COSAALT Ltda. no presentan gran variación por cuanto son valores relativamente parecidos.

La variación que existe entre los datos medidos y los datos proporcionados por COSAALT Ltda. en el mes de Mayo se puede deber a que: los lectores de COSAALT Ltda. realizan las lecturaciones en los primeros días de cada mes, exactamente entre el cinco o seis de cada mes en la zona de estudio, en nuestro caso la lecturación que se realizó, se la hizo el dos de Mayo de la Gestión 2018 (día

Miércoles), esto hace que exista una variación de 3 a cuatro días de Consumo que se hizo el registro antes que COSAALT Ltda. otro de los motivos podría ser que para la determinación de la Dotación con los datos de COSAALT Ltda. se la realizó tomando la media diaria de los datos mensuales que difieren de la media diaria de los datos medidos.

En las gráficas presentadas anteriormente se han empleado escalas convenientes para que se pueda apreciar la variación del Consumo diario a lo largo del tiempo en la zona de estudio.

Si bien la determinación de la Dotación con los datos medidos, nos presenta valores menores a los que nos brinda la NB 689, de acuerdo a nuestra constitución geográfica y la población, no se puede asegurar que los valores de la Norma estarían sobre dimensionados ya que este estudio cuenta con sus limitantes ya mencionadas anteriormente.

4.5.7.2. Análisis de la Dotación para dos tipos de viviendas de uso Doméstico (unifamiliar y multifamiliar)

Realizando un análisis de la zona de estudio se pudo constatar que de acuerdo a la encuesta aplicada, existen dos tipos de viviendas de uso doméstico, las viviendas unifamiliares y las viviendas multifamiliares.

La vivienda unifamiliar se refiere a viviendas donde solo habita una familia, en este tipo de vivienda el consumo de agua es mayor ya que las costumbres y usos son muy diferentes, en estas viviendas cuentan con jardines, con patios, con mayor número artefactos sanitarios, etc.

La vivienda multifamiliar se refiere a viviendas donde habitan varias familias, que pueden ser residenciales, departamentos, alquileres y otros, en este tipo de viviendas el Consumo de agua es menor, ya que las costumbres y usos son diferentes a las de las viviendas unifamiliares, en estas viviendas muchas personas solo regresan a sus domicilios a dormir, no tienen jardines, existen patios reducidos y el uso de agua es condicionado.

Tabla 30: Consumos diarios de viviendas unifamiliares

DIA	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO	LUNES	MARTES
FECHA	02-may	03-may	04-may	05-may	06-may	07-may	08-may
Nº	1	2	3	4	5	6	7
vol. Acumu. (m ³ /día)	146,588	137,099	145,896	122,409	95,631	138,394	124,915
sin perdidas	98,711	92,321	98,245	82,429	64,397	93,193	84,117
vol. Acumu. (lts/día)	98711,230	92321,096	98244,907	82429,266	64396,690	93193,136	84116,512
vol. Acumu. (lts/s)	1,142	1,069	1,137	0,954	0,745	1,079	0,974

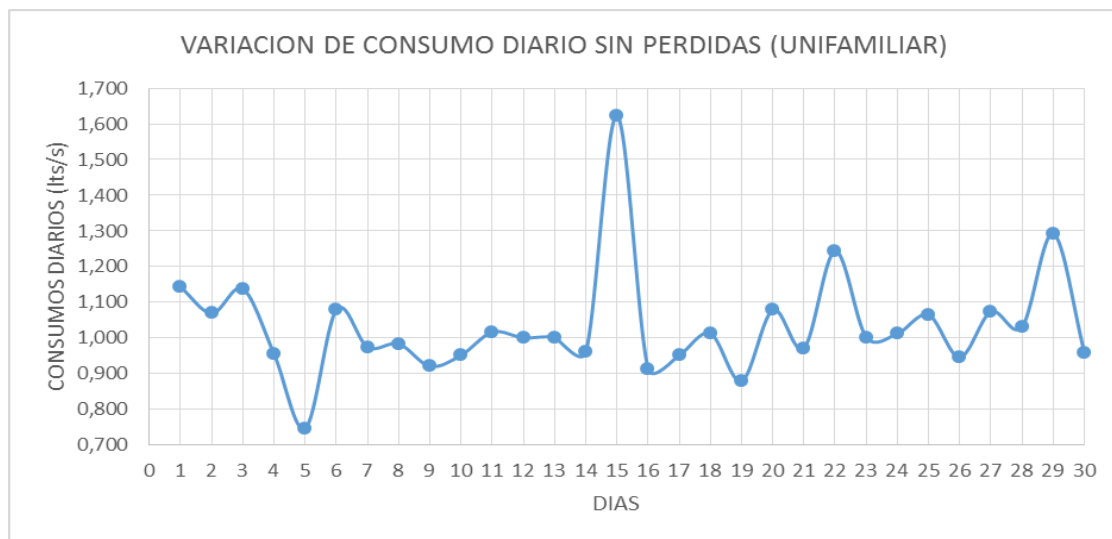
MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO	LUNES	MARTES	MIERCOLES
09-may	10-may	11-may	12-may	13-may	14-may	15-may	16-may
8	9	10	11	12	13	14	15
126,104	118,035	121,986	130,332	128,299	128,352	123,056	208,310
84,917	79,484	82,144	87,764	86,395	86,431	82,865	140,274
84917,173	79483,589	82144,153	87764,265	86395,264	86430,953	82864,680	140273,871
0,983	0,920	0,951	1,016	1,000	1,000	0,959	1,624

JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES
17-may	18-may	19-may	20-may	21-may	22-may	23-may	24-may
16	17	18	19	20	21	22	23
117,086	122,075	129,830	112,677	138,329	124,581	159,532	128,462
78,845	82,204	87,426	75,875	93,150	83,892	107,427	86,505
78844,818	82204,195	87425,986	75875,288	93149,584	83891,686	107426,921	86505,098
0,913	0,951	1,012	0,878	1,078	0,971	1,243	1,001

VIERNES	SABADO	DOMINGO	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES
25-may	26-may	27-may	28-may	29-may	30-may	31-may
24	25	26	27	28	29	30
129,813	136,522	121,279	137,676	132,229	165,852	123,028
87,415	91,933	81,668	92,709	89,042	111,683	82,846
87414,707	91932,592	81668,066	92709,448	89041,799	111682,828	82845,834
1,012	1,064	0,945	1,073	1,031	1,293	0,959

CONSUMO	MAXIMO	1,624	lts/s
	MEDIO	1,033	
	MINIMO	0,745	
POBLACION		672	hab.

Gráfica 38: Variaciones diarias de consumo en viviendas unifamiliares



Fuente: Elaboración propia

$$Q_{md} = \frac{P_f * D_f}{86400}$$

Dónde:

Q_{md}: Caudal medio diario en lts/s

P_f: Población futura en hab.

D_f: Dotación futura en lts/hab./día

$$Df = \frac{86400 * Qmd}{Pf}$$

$$Df = \frac{86400 * 1,033}{672}$$

$$Df = 132,81 \frac{lts}{hab} / dia$$

Tabla 31: Consumos diarios de viviendas multifamiliares

DIA	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO	LUNES	MARTES
FECHA	02-may	03-may	04-may	05-may	06-may	07-may	08-may
Nº	1	2	3	4	5	6	7
vol. Acumu. (m³/día)	32,025	35,207	37,002	38,500	25,949	36,007	31,489
sin perdidas	21,565	23,708	24,917	25,926	17,474	24,247	21,204
vol. Acumu. (lts/día)	21565,315	23708,042	24916,777	25925,650	17473,662	24246,754	21204,378
vol. Acumu. (lts/s)	0,250	0,274	0,288	0,300	0,202	0,281	0,245

MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO	LUNES	MARTES	MIERCOLES
09-may	10-may	11-may	12-may	13-may	14-may	15-may	16-may
8	9	10	11	12	13	14	15
37,102	31,719	30,589	38,740	27,473	30,995	31,625	33,546
24,984	21,359	20,598	26,087	18,500	20,872	21,296	22,590
24984,116	21359,257	20598,327	26087,129	18500,043	20871,723	21295,959	22589,541
0,289	0,247	0,238	0,302	0,214	0,242	0,246	0,261

JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES
17-may	18-may	19-may	20-may	21-may	22-may	23-may	24-may
16	17	18	19	20	21	22	23
34,610	36,210	41,810	28,401	33,539	29,526	34,776	30,100
23,306	24,383	28,154	19,125	22,585	19,883	23,418	20,269
23305,785	24383,374	28154,219	19124,683	22584,612	19882,505	23417,768	20269,255
0,270	0,282	0,326	0,221	0,261	0,230	0,271	0,235

VIERNES	SABADO	DOMINGO	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES
25-may	26-may	27-may	28-may	29-may	30-may	31-may
24	25	26	27	28	29	30
29,178	37,832	27,009	32,755	29,868	34,196	28,780
19,648	25,476	18,188	22,057	20,113	23,027	19,380
19647,856	25475,936	18187,624	22057,167	20113,008	23027,316	19380,127
0,227	0,295	0,211	0,255	0,233	0,267	0,224

CONSUMO	MAXIMO	0,326	lts/s
	MEDIO	0,256	
	MINIMO	0,202	
POBLACION		224	hab.

Gráfica 39: Variaciones diarias de Consumo de viviendas multifamiliares



Fuente: Elaboración propia

$$Qmd = \frac{Pf * Df}{86400}$$

Dónde:

Qmd: Caudal medio diario en lts/s

Pf: Población futura en hab.

Df: Dotación futura en lts/hab./día

$$Df = \frac{86400 * Qmd}{Pf}$$

$$Df = \frac{86400 * 0,256}{224}$$

$$Df = 98,743 \frac{lts}{hab} / dia$$

Tabla 32: Resultados de Dotación para dos tipos de viviendas

TIPO DE VIVIENDA	POBLACION	DOTACION
	hab	lts/hab/dia
UNIFAMILIAR	672	132,81
MULTIFAMILIAR	224	98,743

4.5.7.2.1. Observaciones

En el área piloto existen 37 viviendas multifamiliares y 177 viviendas unifamiliares categorizadas de uso doméstico.

Del análisis se observa que el Consumo de agua en las viviendas unifamiliares es mucho mayor que en las viviendas multifamiliares, todos estos valores determinados en el análisis corresponden a valores sin considerar las pérdidas hipotéticas mencionadas anteriormente.

4.5.7.3. Cálculo del Coeficiente de Caudal máximo diario (k1)

Para determinar el Coeficiente de máximo Caudal diario es necesario obtener los valores calculados en la gráfica de “Variaciones diarias de Consumo” de donde se tiene los siguientes datos:

$$k1 = \frac{Q \text{ max. d}}{Q \text{ m. d}}$$

Donde:

k1: Coeficiente de máximo Caudal diario

Qmax.d: Caudal máximo diario. 1,889 lts/s

Qm.d: Caudal medio diario. 1,294 lts/s

$$k1 = \frac{1,889 \text{ lts/s}}{1,294 \text{ lts/s}}$$

$$k1 = 1,460$$

Para que los datos sean válidos, el Caudal máximo diario (Qmaxd) se debe considerar entre el 120 y 150% del Caudal medio diario (Qmd), recomendándose el valor de 130%, para el área piloto estudiada en función de la población y la micro medición, el Caudal máximo diario (Qmaxd) excede en 146,011 % del Caudal medio diario. Resultado que se encuentra dentro de los límites indicados en la Norma Boliviana NB 689.

4.5.7.3.1. Observaciones

Según el resultado del Coeficiente de Caudal máximo diario se puede observar que el valor obtenido se acerca al límite superior de la NB 689, siendo el máximo de 1,50 este valor puede ser discutido y analizado ya que con esta investigación se esperaba encontrar valores de k1 menores a 1,30 que es lo que la NB 689 aconseja utilizar en el diseño de cualquier sistema de agua potable. Sale del alcance del estudio el comportamiento de Consumo de la población de estudio de la cual depende directamente la determinación del Coeficiente de Caudal máximo diario.

4.5.7.4. Determinación del Coeficiente de Caudal máximo horario (k2)

Es la relación entre el máximo Caudal observado en una hora del día de mayor Consumo (Qmaxh) y el Caudal máximo diario (Qmaxd) de un año de estudio.

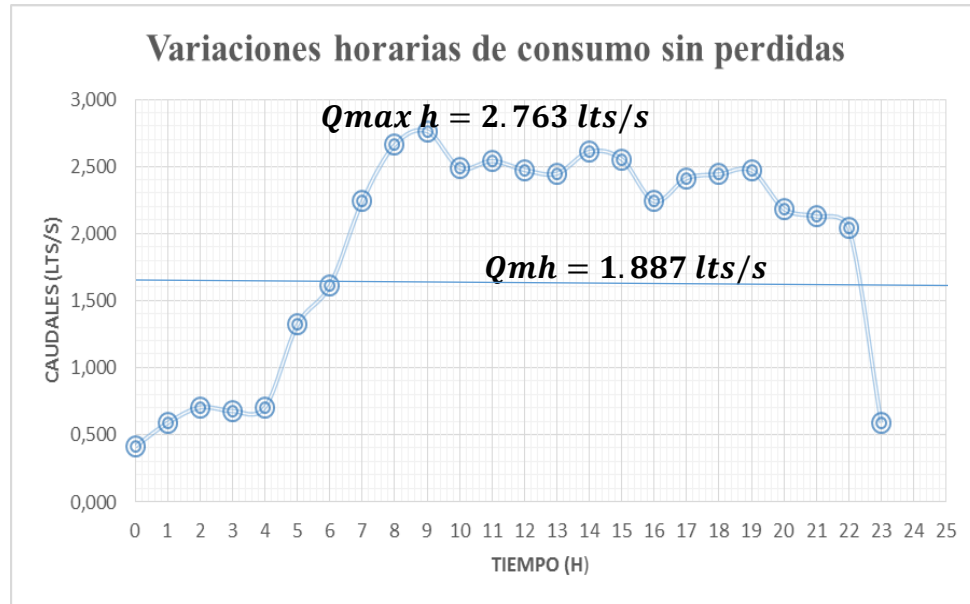
Tabla 33: Consumos horarios Modificados (sin pérdidas)

N° hora	0	1	2	3	4	5	6	7
hora	00:00 a 01:00	01:00 a 02:00	02:00 a 03:00	03:00 a 04:00	04:00 a 05:00	05:00 a 06:00	06:00 a 07:00	07:00 a 08:00
Vol. (m ³ /hora)	2,206	3,144	3,762	3,613	3,769	7,052	8,616	11,977
Vol. (lts/hora)	2205,771	3143,815	3761,615	3612,837	3769,178	7052,332	8615,738	11976,674
Vol. (lts/s)	0,613	0,873	1,045	1,004	1,047	1,959	2,393	3,327
Vol. Correg. 1	0,000	0,000	0,041	0,000	0,043	0,955	1,389	2,323
Vol. Correg. 2	0,000	0,120	0,292	0,251	0,294	1,206	1,640	2,574
Vol. Correg. Final	0,413	0,588	0,704	0,676	0,705	1,319	1,612	2,240

8	9	10	11	12	13	14	15	16
08:00 a 09:00	09:00 a 10:00	10:00 a 11:00	11:00 a 12:00	12:00 a 13:00	13:00 a 14:00	14:00 a 15:00	15:00 a 16:00	16:00 a 17:00
14,223	14,769	13,312	13,579	13,224	13,078	13,949	13,650	11,977
14223,090	14768,854	13312,318	13578,872	13223,612	13078,053	13949,138	13650,223	11976,674
3,951	4,102	3,698	3,772	3,673	3,633	3,875	3,792	3,327
2,947	3,098	2,694	2,768	2,669	2,629	2,871	2,788	2,323
3,198	3,349	2,945	3,019	2,920	2,880	3,122	3,039	2,574
2,660	2,763	2,490	2,540	2,474	2,446	2,609	2,553	2,240

17	18	19	20	21	22	23
17:00 a 18:00	18:00 a 19:00	19:00 a 20:00	20:00 a 21:00	21:00 a 22:00	22:00 a 23:00	23:00 a 24:00
12,895	13,048	13,201	11,671	11,365	10,906	3,144
12894,584	13047,569	13200,554	11670,704	11364,734	10905,780	3143,815
3,582	3,624	3,667	3,242	3,157	3,029	0,873
2,578	2,620	2,663	2,238	2,153	2,025	0,000
2,829	2,871	2,914	2,489	2,404	2,276	0,120
2,412	2,441	2,469	2,183	2,126	2,040	0,588

CONSUMO HORARIO	MEDIO	1,887	lts/s
	MAXIMO	2,763	
	MINIMO	0,413	

Gráfica 40: Variaciones horarias de Consumo Modificadas

Fuente: Elaboración propia

$$k_2 = \frac{Q_{max\ h}}{Q_{max\ d}}$$

Dónde:

k_2 : Coeficiente de máximo Caudal horario.

$Q_{max\ h}$: Caudal máximo horario 2,763 (l/s).

$Q_{max\ d}$: Caudal máximo diario 1,889 (l/s).

$$k_2 = \frac{2,763\ lts/s}{1,887\ lts/s}$$

$$k_2 = 1,463$$

Para que los datos sean válidos el Caudal máximo horario ($Q_{max\ h}$) no debe ser superior al 150% del Caudal máximo diario ($Q_{max\ d}$) debido a que, para nuestra zona geográfica y la cantidad de población para la ciudad de Tarija el valor de k_2 debe ser menor a 1,50, para el área piloto estudiada en función a nuestros caudales horario se

observó que el Caudal máximo horario ($Q_{max.h}$) excede en 146,29% del Caudal máximo diario ($Q_{max.d}$) resultado que se halla dentro del rango válido para poblaciones urbanas.

4.5.7.4.1. Observaciones

Como se puede observar, al disminuir el consumo un 32,661% debido a que se asume que existen pérdidas o fugas de agua dentro del domicilio, errores en la lectura de los micro medidores y errores del micro – medidor al registrar los valores los resultados de los Coeficientes de Caudal máximo horario y diario no difieren de los resultados obtenidos con datos brutos (considerando pérdidas).

Los valores determinados corresponden a valores reales del área piloto y son valores ajustados a estas pérdidas. Cabe recalcar que la determinación de las pérdidas se la realiza a partir de las variaciones de consumo y del conocimiento del equipo técnico del Banco de medidores, es así que estas pérdidas son pérdidas asumidas que existen en el sistema pero que no se realizó un estudio profundo para la determinación del porcentaje de estas pérdidas.

4.5.8. Datos comparativos entre la Norma Boliviana y lo determinado.

Después de haber determinado los principales parámetros de diseño que la investigación requería, se compara a continuación los resultados obtenidos en el presente estudio con los valores que nos proporciona la Norma Boliviana NB 689.

Tabla 34: Comparación de Resultados obtenidos y la NB 689

NORMA BOLIVIANA 689		
COEFICIENTE	k1	1.20 a 1.50
COEFICIENTE	k2	1,5
Dotacion	200 a 250	lts/hab/dia
DATOS MEDIDOS SIN PERDIDAS		
COEFICIENTE	k1	1,46
COEFICIENTE	k2	1,463
Dotacion	124,778	lts/hab/dia
DATOS DE COSAALT Ltda. SIN PERDIDAS		
Dotacion promedio	119,579	lts/hab/dia

Fuente: Elaboración propia

4.5.9. Datos comparativos con otras Investigaciones

Se procedió a realizar una comparación de valores obtenidos por este estudio y valores obtenidos por otros estudios realizados en la ciudad de Tarija pero en Barrios distintos a nuestra área piloto. Los otros estudios tienen los siguientes títulos: “ESTIMACIÓN DE LA DOTACIÓN PER CAPITA DE CONSUMO HUMANO DOMÉSTICO Y DE LOS COEFICIENTES DE VARIACIÓN DE DEMANDA DIARIA (K1), Y DE DEMANDA HORARIA (K2) EN LA CIUDAD DE TARIJA – ZONA CENTRAL – EL MOLINO” realizada por el estudiante Melvin Jhony Huanca Doria Mediana y “ESTIMACIÓN DE LA DOTACIÓN MEDIA DIARIA Y DE LOS COEFICIENTES DE CAUDAL MÁXIMO DIARIO (K1) Y MÁXIMO HORARIO (K2) PARA UN CIRCUITO UBICADO EN EL BARRIO EL MOLINO DE LA CIUDAD DE TARIJA” realizada por la estudiante Yanna Torrez Avilés. La comparación de los resultados son presentados a continuación.

Tabla 35: Comparación de Resultados obtenidos con otras Investigaciones

UNIVERSITARIO	RESULTADOS OBTENIDOS			
	Zona de estudio	DOTACION	K1	K2
		lts/hab. día	s/u	s/u
Yanna Torrez Aviles	El Molino	207,07	1,2	1,91
Melvin J. Huanca Doria M.	el Molino	161,1	1,203	1,3915
Yimy R. Cadena O.	las Panosas	185,336	1,46	1,464

De acuerdo a esta comparación de datos podemos observar que los valores determinados de la Dotación, son valores muy parecidos y no presentan gran variación. Cabe recalcar que estos valores consideran las pérdidas que se puedan producir dentro de los domicilios, no se pudo realizar una comparación de datos sin pérdidas debido a que los otros estudios no realizaron una análisis de pérdidas que se producirían dentro de los domicilios en sus respectivas zonas de estudio.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- a) Antes de brindar alguna conclusión de los parámetros estimados por el estudio, cabe destacar que esta investigación contó con una limitante importante que es el tiempo, ya que la investigación, se realizó en un periodo de un solo mes de observaciones de consumos, por lo tanto los valores estimados serán válidos únicamente para el mes de Mayo.
- b) Los valores estimados en este estudio no pretenden contradecir los valores que nos brinda la NB 689.
- c) Los resultados de las Dotaciones domesticas estimadas para la gestión 2018 para el mes de Mayo en el área piloto es de 185,336 lts/hab./día, incluyendo las pérdidas hipotéticas que se producen dentro de los domicilios.
- d) Se realizó un análisis de las pérdidas producidas en las conexiones domiciliarias. Esto se pudo lograr debido al análisis de las variaciones horarias de consumo, se consideró que existirían pérdidas al evidenciar que existe consumo en los horarios de 23:00 pm a 05:00 am. periodo en el cual los consumidores se encontrarían en descanso, de ahí que se realizó el análisis de pérdidas llegando a concluir que existiría una pérdida hipotética de 26,661%.
- e) Asimismo, se realizó una visita al Banco de micro medidores de COSAALT Ltda. donde se pudo constatar que los micro medidores presentan errores en su registro por el tiempo de funcionamiento, es así que se consideró una

pérdida de 4%, y una pérdida de 2% debido a la imprecisión de la lectura de los micro medidores.

- f) De acuerdo a lo observado cuando se realizaban las encuestas en la zona de estudio, se realizó el cálculo de número de habitantes por vivienda para toda el área piloto, llegando a concluir que para nuestra área piloto existen 4,19 hab. /domicilio. Tomando el dato a nivel departamental de 5 hab. /domicilio en 214 domicilios analizados, existe una población de 1070 hab. Con esta población se determinó que la Dotación media diaria es de 155,197 lts/hab./día incluyendo pérdidas y de 104,48 lts/hab./día sin incluir pérdidas.
- g) Realizando un análisis de la Dotación para dos tipos de viviendas diferentes, se concluye que para viviendas unifamiliares la Dotación es de 132,81 lts/hab./día. y para viviendas multifamiliares la Dotación es de 98,743 lts/hab./día, estos valores sin considerar pérdidas.
- h) Con las variaciones de Consumos diarios y horarios se determinaron Consumos máximos diarios y medios diarios, así también máximos horarios y medios horarios; con estos valores se determinaron los Coeficientes de Caudal máximo diario y máximo horario, obteniendo los siguientes resultados ($k_1 = 1,46$ y $k_2 = 1,463$).
- i) En el diseño de sistemas de agua potable en las zonas urbanas se cree que dichos sistemas, estarían sobredimensionados cuando se utilizan las Dotaciones planteadas en la NB 689, la cual para la ciudad de Tarija es de 200 a 250 lts/hab./día. mientras que al usar el valor determinado por el estudio

(185,336 litro/hab./día con pérdidas y 124,778 lts/hab./día sin pérdidas), que son valores menores.

- j) Se espera que la realización de estudio, sea una base para que posteriores estudios se realicen con mucha más profundidad, con mucho más tiempo de análisis y en otros meses del año. Para que los valores puedan ser utilizados en el diseño de sistemas de agua potable para la ciudad de Tarija.

5.2. RECOMENDACIONES

- a) Es necesario analizar a mayor profundidad el parámetro de permanencia de los habitantes de cada vivienda, ya que muchas personas permanecen en las viviendas de manera eventual y este factor puede influir significativamente en los resultados.
- b) Se recomienda realizar un estudio más profundo para la determinación de pérdidas que existen dentro de los domicilios, para así tener parámetros de referencia para posteriores estudios.
- c) Se deberá implementar un control de los micro medidores instalados periódicamente para poder observar si existen medidores en buen funcionamiento o no y realizar una evaluación, control y cambio de los mismos.
- d) En la zona de estudio se pudo evidenciar irregularidades, dado que el uso del agua en ciertos usuarios no es utilizado con un solo fin, es decir que hay usuarios registrados como domésticos que dan uso comercial al agua de

manera informal, por lo cual se debería actualizar el catastro de usuarios según el verdadero tipo de uso.

- e) Se recomienda realizar este tipo de investigaciones en otras zonas de la ciudad y en diferentes temporadas del año, para obtener datos de Dotaciones en poblaciones con niveles socio – económicos diferentes a los de este estudio, con la finalidad de buscar una mejora de la estadística de consumo nacional.
- f) En este tipo de estudios es recomendable promediar las Dotaciones para todos los usos ya que existen variables de acuerdo a la época del año donde existen consumos mayores o menores, además no existe un comportamiento racional en cuanto al Consumo del agua por parte la población y por lo tanto calcular una Dotación promedio involucraría todos estos aspectos.
- g) Se recomienda realizar un estudio minucioso de las conexiones dentro de las viviendas para poder evitar las pérdidas producidas en los artefactos y así evitar mayores facturaciones al momento de realizar los pagos.
- h) Según el Reglamento de Instalaciones Sanitarias y Domiciliarias se debería colocar una pileta de control en la instalación de las acometidas para poder verificar el buen funcionamiento del micro – medidor, sin tener que retirar el mismo para realizar esta verificación, es por esto que se recomienda que al momento de realizar nuevas conexiones, se obligue a los usuarios a instalar la conexión de esta pileta de control.