

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**ESCUELA DE POST GRADO**  
**MAESTRIA EN INGENIERIA CIVIL CON MENCIÓN**  
**EN GERENCIA DE LA CONSTRUCCION**



**“COEFICIENTES REALES DE VARIACIONES  
DE CONSUMO DE AGUA PARA OBRAS DE  
SANEAMIENTO EN LA REGION TACNA”**

**TESIS**

**Presentado por:**

**Br. Jimmi Yury Silva Charaja**

**Asesor:**

**Dr. Luis Alberto Cabrera Zúñiga**

**Para Obtener el Grado Académico de:**

**MAESTRO EN INGENIERIA CIVIL CON MENCIÓN EN  
GERENCIA DE LA CONSTRUCCION**

**TACNA – PERU**

**2018**

## DEDICATORIA

El presente trabajo de tesis lo dedico a mis padres:

Felipe

Zoila Aurora

Que con su cuidado, cariño y responsabilidad  
me formaron desde niño hasta lograr hacerme un profesional.

A mi esposa:

Carmen

Que con su amor, comprensión y apoyo, colaboró grandemente  
a que culmine el presente trabajo de investigación.

A mis hijos

Mauricio y Marcelo

Por su compañía, y alegría permitieron que desarrolle el presente  
trabajo.

## AGRADECIMIENTO

Expreso mi agradecimiento a todos los docentes de la escuela de Post Grado de la Universidad Privada de Tacna, de la Maestría en Gerencia de la Construcción que con sus enseñanzas y dedicación formaron a un grupo de profesionales excelentes.

## Contenido

INTRODUCCIÓN .....	1
<b>1 EL PROBLEMA .....</b>	<b>3</b>
<b>1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>3</b>
<b>1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....</b>	<b>3</b>
<b>1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>4</b>
<b>1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>5</b>
<b>1.5 CONCEPTOS BÁSICOS .....</b>	<b>6</b>
<b>1.6 ANCEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>7</b>
<b>2 FUNDAMENTO TEÓRICO CIENTÍFICO .....</b>	<b>9</b>
<b>2.1 CRITERIOS BASICOS PARA EL DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA SANITARIA .....</b>	<b>9</b>
<b>2.1.1 Dotación Per Cápita.....</b>	<b>9</b>
<b>2.1.2 Periodo de diseño .....</b>	<b>11</b>
<b>2.2 FACTORES QUE AFECTAN EL CONSUMO DE AGUA POTABLE .....</b>	<b>15</b>
<b>2.2.1 Tipo de comunidad.....</b>	<b>15</b>
<b>2.2.2 Factores económico-sociales.....</b>	<b>16</b>
<b>2.2.3 Factores meteorológicos .....</b>	<b>16</b>
<b>2.2.4 Tamaño de la comunidad .....</b>	<b>18</b>
<b>2.2.5 Otros factores. ....</b>	<b>18</b>
<b>2.3 COEFICIENTES DE VARIACIÓN DIARIA Y HORARIA.....</b>	<b>19</b>
<b>2.3.1 Antecedentes.....</b>	<b>19</b>
<b>2.3.2 Definición de los coeficientes .....</b>	<b>20</b>
<b>2.3.3 Criterios utilizados para determinar los Coeficientes de Variación Diaria y Horaria 21</b>	<b>21</b>
<b>2.3.4 Metodología de Cálculo de los Coeficientes de Variación Diaria y Horaria 22</b>	<b>22</b>
<b>2.4 CAUDALES DE DISEÑO PARA INFRAESTRUCTURA SANITARIA .....</b>	<b>24</b>
<b>2.4.1 Caudal de diseño de fuentes de abastecimiento.....</b>	<b>24</b>
<b>2.4.2 Caudal de diseño de obras de captación: .....</b>	<b>25</b>
<b>2.4.3 Caudal de diseño para líneas de aducción. ....</b>	<b>25</b>
<b>2.4.4 Diseño de reservorios. ....</b>	<b>25</b>
<b>2.4.5 Caudal de diseño para estaciones de bombeo.....</b>	<b>26</b>
<b>2.4.6 Caudal de diseño para redes de distribución.....</b>	<b>26</b>

2.5	<b>PARAMETROS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE</b>	26
2.5.1	<b>Análisis Hidráulico</b>	26
2.5.2	<b>Diámetro mínimo</b>	27
2.5.3	<b>Velocidad</b>	28
2.5.4	<b>Presiones</b>	28
2.6	<b>MACROMEDICIÓN EN SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE</b>	29
2.6.1	<b>Objetivos de la macromedición:</b>	30
2.6.2	<b>Tipos de macromedidores</b>	30
2.6.3	<b>Registadores de datos</b>	41
3	<b>MARCO METODOLÓGICO</b>	47
3.1	<b>HIPÓTESIS</b>	47
3.1.1	<b>Hipótesis General</b>	47
3.1.2	<b>Hipótesis Específicas</b>	47
3.2	<b>VARIABLES</b>	47
3.2.1	<b>Variable dependiente</b>	47
3.2.2	<b>Variable independiente</b>	48
3.3	<b>TIPO DE INVESTIGACIÓN</b>	49
3.4	<b>DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN</b>	49
3.5	<b>ÁMBITO DE ESTUDIO</b>	49
3.6	<b>POBLACIÓN Y MUESTRA</b>	50
3.6.1	<b>Unidad de estudio</b>	50
3.6.2	<b>Población</b>	57
3.6.3	<b>Muestra</b>	57
3.7	<b>INSTRUMENTOS</b>	58
4	<b>LOS RESULTADOS</b>	63
4.1	<b>DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE CAMPO</b>	63
4.1.1	<b>Determinación del caudal promedio:</b>	63
4.1.2	<b>Determinación del máximo consumo diario y del factor k1:</b>	64
4.1.3	<b>Determinación del máximo consumo horario y del factor K2</b>	67
4.2	<b>COMPROBACION DE HIPOTESIS</b>	70
5	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	74
5.1	<b>CONCLUSIONES</b>	74

<b>5.2 SUGERENCIAS Y RECOMENDACIONES</b> .....	74
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b> .....	76
<b>ANEXOS</b> .....	77

## Índice de Tablas

- Tabla N° 1: Dotación percapita en Ecuador
- Tabla N° 2: Dotación percapita en Colombia
- Tabla N° 3: Dotación percapita en Bolivia
- Tabla N° 4: Dotación percapita en Perú
- Tabla N° 5: Coeficientes de variación diaria y horaria adoptados en otros países.
- Tabla N° 6: Número de conexiones de EPS TACNA S.A.
- Tabla N° 7: Conexiones por categoría de Tacna.
- Tabla N° 8: Caudal Promedio Diario Subsector 22 Año 2016
- Tabla N° 9: Caudal Máximo Horario Subsector 22 año 2016
- Tabla N° 10: Cuadro de uso de factores K1 y K2 en la Región Tacna

## Índice de Figuras

- Figura N° 1: Producción de agua potable Ciudad de Tacna Año 2016
- Figura N° 2: Producción de agua potable Ciudad de Tacna Año 2017
- Figura N° 3: Tubo de Pitot
- Figura N° 4: Pitometro
- Figura N° 5: Tubo de venturi
- Figura N° 6: Tubo de venturi
- Figura N° 7: Rotametro
- Figura N° 8: Rotametro
- Figura N° 9: Quadrina
- Figura N° 10: Quadrina
- Figura N° 11: Quadrina electromagnética
- Figura N° 12: Medidor Tipo Woltman
- Figura N° 13: Medidor electromagnético
- Figura N° 14: Medidor electromagnético
- Figura N° 15: Medidor de ultrasonido
- Figura N° 16: Medidor de ultrasonido
- Figura N° 17: Transductor de presión
- Figura N° 18: Datalogger registrador de datos.
- Figura N° 19: Datalogger registrador de datos.
- Figura N° 20: Zona de estudio, subsector operacional 22
- Figura N° 21: ubicación del subsector operacional 22
- Figura N° 22: vista del reservorio R5 ubicado en Para Chico ovalo Callao
- Figura N° 23: Vista fotográfica de Coop. Viv. Villa Magisterial de zona de estudio, elaboración propia
- Figura N° 24: Vista fotográfica del P.J. Para Chico de zona de estudio, elaboración propia.
- Figura N° 25: Vista fotográfica de Asoc. Villa Panamericana de zona de estudio, elaboración propia
- Figura N° 26: Vista fotográfica de la Av. Manuel A. Odria de zona de estudio, elaboración propia



Figura N° 27: Esquema de distribución de agua potable del Subsector 22

Figura N° 28: Macromedidor en Línea de aducción 8" reservorio R5

Figura N° 29: Vista de la pantalla de comunicación en internet de la información registrada en el datalogger, portal de la empresa HWM fabricante de los equipos

Figura N° 30: Macromedidor con equipo registrador Multilog Lx

Figura N° 31: Caudal Promedio vs Dia Subsector 22 Tacna

Figura N° 32: Caudal Maximo Vs Dia Subsector 22 Tacna

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realiza con el ánimo de mejorar los proyectos de saneamiento de la región Tacna, en busca de que estos sean los más óptimos posibles, con el uso de factores de variación de la demanda K1 y K2 estipulados en el Reglamento Nacional de Edificaciones, en base a información estadística de campo que represente de mejor manera la demanda de agua de la población de Tacna.

Para este fin se escogió un sector de la ciudad de Tacna, que dispone de información estadística de consumos, siendo el sector el denominado Subsector operacional 22 conformado por la zona de Para Chico, Villa Magisterial, Villa Panamericana, Asoc. Las Retamas, y Asoc. Las Palmeras.

Luego de los procedimientos establecidos y con ayuda de registradores de datos, se pudo determinar los factores K1 y K2 que se proponen para su uso en todos los estudios y cálculos que se realicen en el ámbito de la Región de Tacna, y se comparó con los factores utilizados en diferentes estudios probando que muchos de ellos han sido sobredimensionados o subdimensionados.

## ABSTRACT

The present work of investigation is realized with the spirit of improving the projects of sanitation of the Tacna's region, in search of that these be the most optimal possible, with the use of factors of variation of the request K1 and K2 stipulated in Edificaciones's National Regulations, on the basis of statistical field information that you represent of better way the request of water of Tacna's population.

For this end(purpose) there was chosen a sector of Tacna's city, which has statistical information of consumptions, being the sector the operational Subsector called 22 shaped by the zone of para Chico, Villa Magisterial, Villa Panamericana, Asoc. Las Retamas, and Asoc. Las Palmas.

After the established procedures and with help of dataloggers, it was possible to determine the factors K1 and K2 that they propose for his use in all the studies and calculations that are realized in the area of Tacna's Region, and was compared with the factors used in different studies proving that many of them have been oversized or submeasured.

## INTRODUCCIÓN

No cabe duda que el tema de abastecimiento de agua potable a las poblaciones humanas es de interés de todos los que estamos en la ingeniería civil, más por tratarse de una necesidad pública, por tanto, los estudios y obras de saneamiento deben ser lo más óptimas posibles, así como su costo debe ser también el más óptimo, considerando la situación actual de nuestro país.

En los últimos años con la entrada de la ley del Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP) en donde para las obras que se destine presupuesto del estado, se evidenció la necesidad del estado de crear y controlar de mejor manera las inversiones públicas, por tanto, una de sus premisas justamente era que las obras sean lo más eficientes posibles y que las inversiones no crearan los famosos “elefantes blancos”.

Por tanto, esta filosofía de hacer y proyectar obras de acuerdo a nuestra realidad hace que haya un interés por hacer obras eficientes y óptimas y que utilicen los recursos económicos lo más realista posibles, para la realidad de nuestro país.

Sin embargo, aun el estado no ha regulado de manera conveniente algunos parámetros de diseño que permitan mejorar los estudios de obras de saneamiento, como es el caso del diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable para localidades urbanas.

El presente trabajo de investigación trata de proponer el uso de coeficientes de variación de consumo  $K_1$  y  $K_2$  más realistas basados en información estadística que permite tener diseños más óptimos y eficaces, evitando de esta manera sobredimensionar o subdimensionar las obras de saneamiento en la región de Tacna.

# **CAPITULO I: EL PROBLEMA**

## **1 EL PROBLEMA**

### **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable para localidades urbanas se tiene en cuenta lo indicado en el Reglamento Nacional de Edificaciones que en su norma OS.100 Consideraciones Básicas de Diseño de Infraestructura Sanitaria en el ítem 1.5 Variaciones de consumo menciona y determina los coeficientes a utilizar para estimar el máximo anual de la demanda diaria de agua en 1.3 y el máximo anual de la demanda horaria en un valor que va desde el 1.8 a 2.5, valores que se utilizaran para diseñar proyectos de infraestructura sanitaria como son redes de distribución, líneas de conducción, líneas de impulsión, plantas de tratamiento, etc.,

Sin embargo, esta norma, no precisa los criterios técnicos más exactos para poder elegir los coeficientes para el máximo horario dejando esta decisión a los proyectistas que utilizan este coeficiente a su criterio pudiéndose sobredimensionar algunas obras, sin necesidad.

Se ha evidenciado que muchos proyectistas consideran el valor de  $K_2$  como 2.5 el máximo posible, sin ningún sustento, así como otros utilizan el  $K_2$  como 1.8 el menor posible, al parecer muchos de ellos lo están haciendo considerando el presupuesto disponible, el cual no es buen criterio cuando se proyecta una obra.

### **1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

Considerando entonces lo indicado anteriormente se hace necesario la determinación de los coeficientes de máximo anual de la demanda horaria y diaria de manera más real, para lo cual en la misma norma mencionada, se indica que dichos coeficientes pueden calcularse en base a análisis de información estadística comprobada, por tanto se requiere de dicha información que en la ciudad de Tacna en la actualidad se puede conocer siendo entonces necesario para poder plantear coeficientes de variaciones

de consumos acorde a la realidad de nuestra ciudad de Tacna, lo cual redundará en estudios de obras de saneamiento con datos que se ajusten a la realidad de los consumos de la ciudad, y no a coeficientes arbitrariamente utilizados por los proyectistas.

### **1.2.1 Interrogante Principal**

EL problema principal será: ¿La determinación de coeficientes reales de variación de los consumos de agua optimizará las obras de saneamiento en la Región de Tacna?

### **1.2.2 Interrogantes Secundarias**

Los problemas secundarios serán:

- ¿La utilización de coeficientes reales de variación de consumos diarios de agua permite el diseño de obras de saneamiento más optimas en la Región de Tacna?
- ¿La utilización de coeficientes reales de variación de consumos horarios de agua permite el diseño de obras de saneamiento más optimas en la Región de Tacna?
- ¿La utilización de registros históricos para la determinación de coeficientes para variaciones de consumos, es un mejor método para el diseño de obras de saneamiento?

## **1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

Por tanto la investigación propuesta de determinación de coeficientes para variación de los consumos de agua potable, se justifica considerando que es necesario determinar coeficientes que puedan interpretar de mejor manera los consumos de la población de la ciudad de Tacna, lo que podrá ser utilizado para la formulación de estudios y expedientes técnicos de infraestructura sanitaria para toda la región Tacna, redundando en mejores estudios que se ajusten a la realidad de Tacna, amparados en lo

indicado en la norma citada OS.100 que permite el uso de información estadística para determinar coeficientes más reales. Mencionando también que se puede estar sobrevalorando algunos estudios de obras de saneamiento por el uso de coeficientes  $k_2=2.5$  cuando probablemente no sea necesario considerar dicho valor, lo cual la presente tesis tratará de determinar.

Así mismo es necesario validar la información recogida de los equipos de medición que se utilizan para lo cual se determinará el mejor método para determinar los caudales y consumos horarios de la población.

## **1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.4.1 Objetivo General**

Determinar si los coeficientes de variación de consumos de agua optimizaran las obras de saneamiento en la Región Tacna.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Evaluar y determinar el mejor método para poder conseguir los coeficientes de variaciones de los consumos con información histórica disponible en la ciudad de Tacna.
- Evaluar el impacto de la determinación de coeficientes de variaciones de consumos reales en la ciudad de Tacna
- Evaluar si el uso de macromedidores electromagnéticos y de ultrasonido permiten obtener información histórica de consumos.



## 1.5 CONCEPTOS BÁSICOS

### **Consumo Promedio:**

Es el consumo o caudal que corresponde al promedio del consumo de una población a lo largo de un año. Este concepto trata de estimar el consumo que realiza una población en un año, basándose en información estadística de consumos.

### **Consumo Máximo Diario:**

Es el consumo o caudal que corresponde al máximo registrado durante 24 horas a lo largo de un periodo de un año. Este concepto corresponde a una estimación del máximo consumo que hace una población a lo largo de un año de consumos y se usa para estimar el consumo mayor que se produce por estaciones del año como en verano en donde el consumo de agua es mayor.

Se estima dicho consumo usando un coeficiente denominado K1, en la norma nacional (RNE – Norma OS.050) se fija este coeficiente en 1.3. Cada país puede asumir distintos valores para este coeficiente.

### **Consumo Máximo Horario:**

Es el consumo o caudal que corresponde al consumo máximo registrado durante una hora en un periodo de un año sin tener en cuenta el caudal de incendio. Este concepto se usa para estimar el consumo que se hace en una hora, esta evaluación es diaria y existe una hora de mayor consumo, este coeficiente se denomina K2, y en la norma nacional (RNE – Norma OS.050) se estima entre 1.8 a 2.5.

En nuestra ciudad de Tacna, se estima que la hora de máximo consumo se presente entre las 07:00am a 08:00am.

Este parámetro y coeficiente K2, puede variar dependiendo de la realidad y hábitos de consumo de una población, se puede estimar que para climas

fríos corresponderá 1.8 y para climas cálidos el 2.5, sin embargo, la normatividad nacional no es clara al respecto.

**Macromedidor:**

Es un equipo que permite realizar la medición de caudales en tuberías matrices a presión de manera más exacta, recurriendo a diversos procedimientos hidráulicos, mecánicos o electrónicos

## **1.6 ANCEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

Al respecto del tema de la tesis sobre la determinación de los coeficientes para las variaciones en el consumo, no se tiene muchos trabajos al respecto debido a que es siempre difícil encontrar información histórica de consumos de agua de una población y más aún para la ciudad de Tacna, en donde dicha información histórica no se tenía a disposición, sin embargo en los últimos años dicha empresa a realizada bastante inversión en labores de macro medición, disponiéndose de información estadística al menos completa de un año en la zona de estudio.

Se tomará como referencia estudios realizados en la Universidad Nacional de Ingeniería para la empresa SEDAPAL de Lima, entidad encargada del abastecimiento de agua a la Ciudad Capital Lima, dicha entidad es la más grande del Perú, y siempre marca las pauta a seguir para otras empresas de saneamiento, así también se tomará en cuenta información de otros trabajos de investigación similares.

## **CAPITULO II: MARCO TEORICO**

## 2 FUNDAMENTO TEÓRICO CIENTÍFICO

### 2.1 CRITERIOS BASICOS PARA EL DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA SANITARIA

Es necesario mencionar que un sistema de abastecimiento de agua potable está constituido por diversas infraestructuras sanitarias cuyo fin es abastecer de agua para consumo humano a una determinada población o localidad.

Dentro de los parámetros y características a considerar se tiene lo siguiente:

#### 2.1.1 Dotación Per Cápita

Esta información es muy importante para el diseño de la infraestructura sanitaria, dicho parámetro busca determinar la dotación necesaria para abastecer de agua potable a una localidad y normalmente se expresa en litros/hab/día.

Este parámetro varía dependiendo de la localidad, clima, situación económica, y hasta el uso que se le va a dar al agua. Normalmente cada país asigna valores de dotación per cápita por ejemplo podemos mencionar los siguientes:

**Tabla N° 1**

**Ecuador:**

<b>Población (habitantes)</b>	<b>Clima</b>	<b>Dotación Media (litr/hab/dia)</b>
Hasta 5000	Frio	120-150
	Templado	130-160
	Cálido	170-200
5000 a 50000	Frio	180-200
	Templado	190-220
	Cálido	200-230

Más de 50000	Frio	> 200
	Templado	> 220
	Cálido	> 230

Fuente: Código ecuatoriano de la construcción de Obras Sanitarias Parte IX

**Tabla N° 2**

**Colombia**

<b>Nivel de Complejidad del Sistema</b>	<b>Dotación neta (L/hab•día ) climas templado y frío</b>	<b>Dotación neta (L/hab•día ) clima cálido</b>
Bajo	90	100
Medio	115	125
Medio Alto	125	135
Alto	140	150

Fuente: Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS

**Tabla N° 3**

**Bolivia**

<b>Zona</b>	<b>Población (Habitantes)</b>					
	<b>Hasta 500</b>	<b>De 501 a 2000</b>	<b>De 2001 a 5000</b>	<b>De 5001 a 20000</b>	<b>De 20001 a 100000</b>	<b>Más de 100000</b>
Del altiplano	30-50	30-70	50-80	80-100	100-150	150-200
De los Valles	50-70	50-90	70-100	100-140	150-200	200-250
De los Llanos	70-90	70-110	90-120	120-180	200-250	250-350

Fuente: Norma Boliviana 689, Instalaciones de Agua – Diseño para Sistemas de Agua Potable.

**Tabla N° 4**

**Perú**

<b>Clima</b>	<b>Dotación (lt/hab/día)</b>
Frio	180
Templado y cálido	220

Fuente: Reglamento nacional de Edificaciones Norma OS.100  
Consideraciones básicas de diseño de infraestructura sanitaria.

Como se aprecia cada país posee una dotación similar de acuerdo al clima, ubicación, y población variando entre 90 a 350 lt/hab/día. Por tanto, este parámetro es importante.

Como se aprecia también el criterio peruano es muy simple solo considera el clima frio, que se podría considerar localidades de la sierra y clima templado y cálido, que se considera la costa y la selva.

### **2.1.2 Periodo de diseño**

Los periodos de diseño se definen considerando las necesidades de la población durante un periodo determinado. Para determinar este tiempo es necesario considerar varias variables

El periodo de diseño puede definirse como el tiempo que es necesario que un sistema opere a un 100% eficiente, ya sea por capacidad de conducción o gasto deseado, o por la resistencia de las instalaciones.

### **2.1.2.1 Factores de importancia**

Se pueden considerar entonces los siguientes factores de importancia en su determinación:

#### **a) Durabilidad o vida útil de las estructuras**

Este factor depende del material de la infraestructura, y del tiempo que es capaz de servir adecuadamente, efectos como el deterioro del mismo o la corrosión existente son factores a considerar.

En el caso de tuberías que se usan para la conducción del agua potable, estas pueden con el tiempo presentar desgaste por corrosión, erosión o fragilidad.

Se debe también de considerar que las obras de tipo sanitaria tienen diversos materiales, como obras de concreto, metálicas, tuberías, estaciones de bombeo, instalaciones electromecánicas, etc., cuya resistencia física en el tiempo es variable, por tanto, los periodos de diseño no son uniformes sino variables.

#### **b) Facilidades de construcción y posibilidades de ampliaciones o sustituciones.**

La determinación del periodo de diseño también está ligado íntimamente a factores económicos. Esto se puede entender en obras que requieren de grandes inversiones y aquellas de requieren de inversión menor, debido a la complejidad de la obra, es decir obras difíciles requerirán de un mayor periodo de diseño debido a su gran inversión.

Se debe tener en cuenta también que las obras se pueden realizar por etapas y esto también significa un periodo de diseño distinto.

#### **c) Tendencias de crecimiento de la población.**

Este también es un factor a considerar, en ciudades en donde el crecimiento poblacional es rápido, los periodos de diseño deben ser cortos para evitar un problema de falta de presupuesto en la operación del sistema, ya que los costos de mantenimiento son afectados a los usuarios, y si estos son muy caros se podría afectar el desarrollo de la población, así como del mantenimiento de la infraestructura.

#### **2.1.2.2 Rango de Valores**

Tomando en consideración los factores señalados anteriormente se debe de establecer para cada tipo de infraestructura el periodo de diseño más adecuado, teniendo en consideración la bibliografía existente se puede indicar lo siguientes

a) Fuentes Superficiales:

Se puede tomar entre 20 a 30 años.

b) Fuentes Subterráneas:

Se puede tomar entre 20 a 30 años, y se recomienda su ejecución por etapas.

c) Obras de captación:

Dependiendo de la magnitud e importancia de la obra se podrá tomar como periodo de diseño entre 20 y 40 años.

d) Estaciones de bombeo:

Una estación de bombeo posee diversas instalaciones como edificios, equipos de bombeo,



motores, almacenamiento, etc., por lo que su periodo de diseño es variable.

- A las bombas y motores, que poseen una durabilidad relativamente corta, conviene en otorgarle un periodo de diseño corto, entre 10 a 15 años.
- Las instalaciones y edificios, pueden ser diseñados tomando en cuenta posibles ampliaciones futuras y con periodos de diseño más largos como 20 a 25 años.

e) Líneas de aducción:

Depende de la magnitud de la obra, costo, diámetros y dificultades en la ejecución de las obras, es recomendable un periodo de diseño de 20 a 40 años.

f) Plantas de tratamiento:

Generalmente se desarrollan por etapas considerando su magnitud y complejidad, se pueden diseñar con periodos de diseño de entre 10 a 15 años, con posibilidad de ampliación futura con el mismo periodo de diseño.

g) Reservorios:

Considerando el material proyectado se puede tener en cuenta lo siguiente:

- De concreto armado:           entre 30 y 40 años.
- Metálicos:                       entre 20 y 30 años.

h) Redes de distribución:

Las redes de distribución deben diseñarse para el completo desarrollo del área a servir. Generalmente se pueden estimar periodos de diseño de 30 a 40 años.

## **2.2 FACTORES QUE AFECTAN EL CONSUMO DE AGUA POTABLE**

Dentro de los más importantes según Simón Arocha en su libro “Abastecimiento de Agua” se pueden citar:

### **2.2.1 Tipo de comunidad**

Depende del tipo de viviendas y uso de la zona, pudiendo predominar:

- a) Consumo Doméstico: constituido por el consumo que realiza una familia para sus distintos usos de agua como bebida, lavado de ropa, baño y aseo personal, cocina, limpieza, riego de jardín, lavado de carro, y adecuado funcionamiento de las instalaciones sanitarias. Normalmente es el consumo predominante en una comunidad.
  
- b) Comercial e Industrial: puede ser un gasto significativo en casos donde las áreas a desarrollar tengan vinculación industrial o comercial. Cuando el comercio o industria constituye una situación normal, tales como pequeños comercios o industrias, hoteles, estaciones de gasolina, etc., ello puede ser incluido y estimado dentro de los consumos per cápita adoptados, y diseñar en base a esos parámetros

- c) Consumo público: está constituida por el agua destinada al riego de áreas verdes, parques y jardines públicos, así como limpieza de calles.
- d) Consumo por incendio: en términos generales, puede decirse que un sistema de abastecimiento de agua representa el más valioso medio para combatir incendios, y que el diseño de algunos de sus componentes, este factor debe ser considerado de acuerdo a la importancia relativa en el conjunto y de lo que esto puede significar para el conglomerado que sirve.

### **2.2.2 Factores económico-sociales**

Las características económico–sociales de una población o localidad pueden evidenciarse por el tipo de vivienda. Entonces tendríamos vivienda como las ubicadas en zona rural que son muy insalubres, la casa quinta y la casa tradicional urbana, en donde el consumo de agua es distinto, en zonas rurales el consumo de agua es menor que en la zona urbana en donde se tienen más usos para el agua.

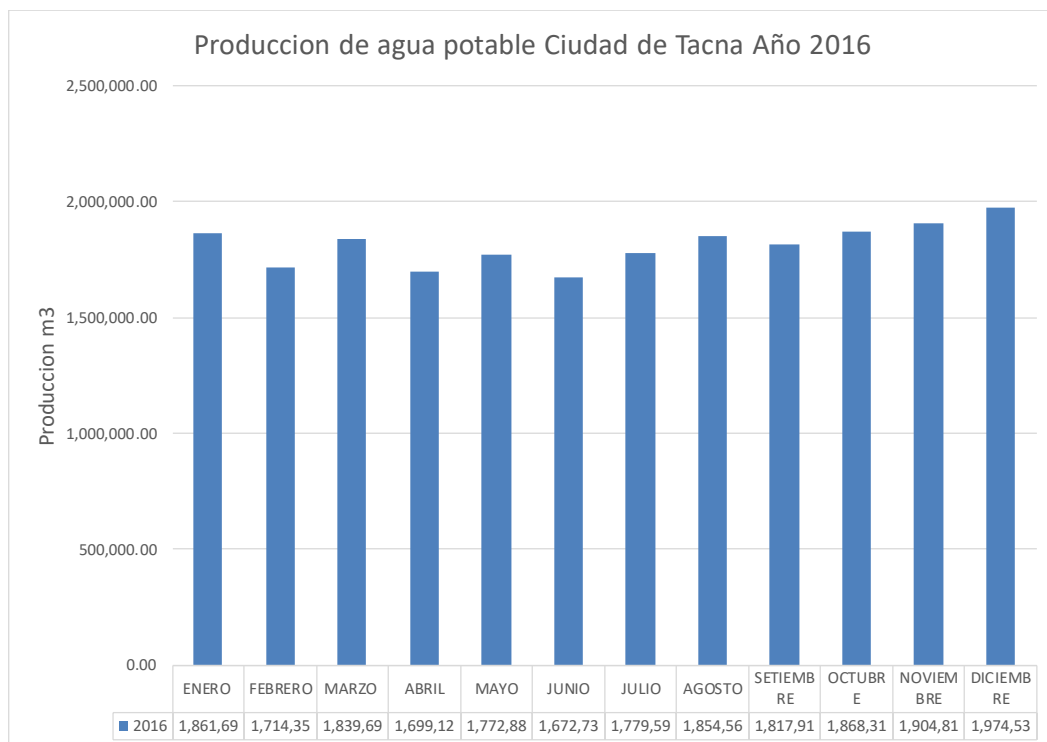
### **2.2.3 Factores meteorológicos**

Es evidente que los consumos de agua varían a lo largo del año, de acuerdo a la temperatura ambiental, esto también se corrobora cuando se comparan consumos de distintas regiones con diferentes condiciones ambientales, de forma que la temperatura ambiente de la zona define en cierto modo los consumos correspondientes a higiene personal y otros.

En nuestra ciudad de Tacna, también ocurre este cambio de temperatura y es evidente el cambio de consumo de la estación del verano e invierno.

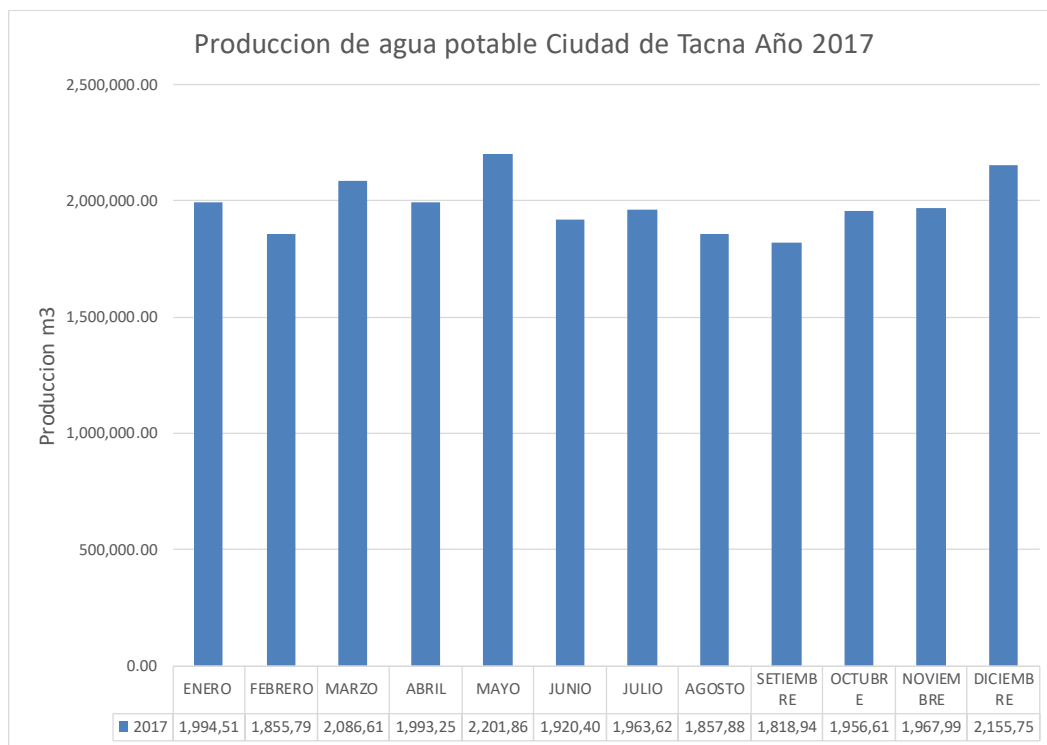
Esto también podríamos notarlo si comparamos la producción de agua potable para la ciudad de Tacna, la empresa encargada del abastecimiento de agua potable (EPS TACNA S.A.) incrementa su producción en temporada de verano para poder compensar la demanda de agua. A continuación, se muestra un cuadro de la producción del año 2015 y 2016, en donde se evidencia este factor.

**Figura N° 1**



Fuente : EPS TACNA S.A.

Figura N° 2



Fuente : EPS TACNA S.A.

#### 2.2.4 Tamaño de la comunidad

Esta referido al crecimiento de la demanda de acuerdo al tamaño de una comunidad, es decir ciudades pequeñas tienen un consumo per cápita menor que ciudades grandes, y esto se debe al desarrollo económico de una ciudad.

#### 2.2.5 Otros factores.

Existen otros factores que pudieran afectar el consumo de agua como son: calidad de agua, eficiencia del servicio, utilización de medidas de control, y medición del agua, control de presiones, etc., sin embargo, no son factores que comúnmente se consideren dentro del diseño de infraestructura sanitaria.

## 2.3 COEFICIENTES DE VARIACIÓN DIARIA Y HORARIA.

### 2.3.1 Antecedentes

Debido al cambio de temperatura existentes en cada estación del año, se hace evidente la variación del consumo de agua, este es un factor que se mencionó anteriormente, y es muy importante para el dimensionamiento de un sistema de agua potable, ya que este tiene que tener la capacidad de abastecer en el momento en el que la demanda aumenta, y en especial para el momento más crítico.

Cada país adopta diversos coeficientes en base a su realidad, estos pueden variar entre 1.20 a 1.50 para la variación diaria y de 1.8 a 2.3 para la variación horaria, estos coeficientes dependen generalmente de las condiciones climáticas de cada zona.

**Tabla N° 5**

**Coeficientes de Variación Diaria y Horaria adoptados en otros Países**

País	Coeficiente de Variación Diaria		Coeficiente de Variación Horaria			
<b>Chile</b> $Q_{MD} = Q_{md} \cdot F1$ $Q_{MH} = Q_{md} \cdot F2$	1.20 – 1.50		1.80 – 2.25			
<b>Colombia</b> $Q_{MD} = Q_{md} \cdot K1$ $Q_{MH} = Q_{MD} \cdot K2$	<b>Nivel de Complejidad del sistema</b>	<b>K1</b>	<b>Nivel de Complejidad del sistema</b>	<b>Red menor de distribución</b>	<b>Red secund</b>	<b>Red matriz</b>
	Alto	1.20	Alto	1.50	1.45	1.40
	Medio alto	1.20	Medio alto	1.50	1.45	1.40
	Medio	1.30	Medio	1.60	1.50	--
Bajo	1.30	Bajo	1.60	--	--	
<b>Ecuador</b> $Q_{MD} = Q_{md} \cdot K_{max. dia}$ $Q_{MH} = Q_{md} \cdot K_{max. hor}$	1.30 – 1.50		2.00 – 2.30			
<b>Mexico</b> $Q_{MD} = Q_{md} \cdot CVD$ $Q_{MH} = Q_{MD} \cdot CVH$	1.20		1.50			

$Q_{md}$ : Caudal medio o promedio diario  $Q_{MD}$ : Caudal máximo diario

Fuente: Actualización de los parámetros básicos de diseño de Reglamento de elaboración de proyectos de agua y alcantarillado para Habilitaciones Urbanas de Lima Metropolitana y el Callao, UNI.

Como se aprecia dichos coeficientes varían de un país a otro, algunos incluso consideran la complejidad del sistema y el componente a diseñar.

El Reglamento Nacional de Edificaciones que rige en nuestro país, en su norma OS.100 Consideraciones Básicas de Diseño de Infraestructura Sanitaria vigente desde el año 2006, se definen también coeficientes de variación horaria y diaria de la siguiente manera.

Máximo Anual de la demanda diaria:  $K1=1.30$

Máximo Anual de la demanda horaria:  $K2=1.8$  a  $2.5$

### 2.3.2 Definición de los coeficientes

#### a) Coeficiente de Variación Diaria (K1)

El coeficiente de variación diaria (K1), es la relación que existe entre el caudal del día de máximo consumo (caudal máximo diario) y el consumo promedio diario que se tuvo en el año (caudal promedio diario anual).

#### b) Coeficiente de Variación Horaria (K2)

El coeficiente de variación horaria (K2), es la relación que existe entre el caudal de la hora de máximo consumo (caudal máximo horario) y el consumo medio diario que se tuvo en el año (caudal promedio diario anual).

Con estos coeficientes el reglamento nacional define los siguientes caudales:

- Caudal máximo diario  $Q_{md}$

$$Q_{md} = K1 * Q_p [l/s]$$

- Caudal máximo horario  $Q_{mh}$

$$Q_{mh} = K2 * Q_p [l/s]$$

$$\text{Siendo: } Q_p = \frac{Pob * Dot}{86400} [l/s]$$

En donde:

Pob =Población

Dot. =Dotación [l/hab/día]

### 2.3.3 Criterios utilizados para determinar los Coeficientes de Variación Diaria y Horaria

Para la determinación de los coeficientes de variación diaria  $K1$ , es necesario conocer el consumo diario que efectúa un determinado grupo de usuarios de una localidad, en un determinado periodo, para lo cual es necesario medir directamente los consumos de este grupo de usuarios y determinar de esta manera el día de máximo consumo. Para el presente trabajo de investigación esta información se consiguió de la empresa concesionaria del servicio de agua potable de la localidad.

De igual forma para determinar el coeficiente de variación horaria  $K2$ , deberá registrarse cuales son las variaciones de consumo que se producen durante un día de consumo.

Por lo expuesto, para determinar los coeficientes de variación diaria y horaria de los sectores, se necesita recopilar información diaria y horaria de los caudales que ingresaron a un sector determinado durante un año de consumo, esto fue



posible ya que EPS TACNA S.A., cuenta con registradores de caudal instalados en uno de sus reservorios.

El criterio que se utilizó para elegir a los sectores del estudio, es que dentro de estos sectores no debían existir reservorios flotantes o reservorios que se alimentan de derivaciones de la matriz principal que viene de la entrada del sector. Se consideró una sola línea de aducción que abastece a una determinada zona de distribución.

#### **2.3.4 Metodología de Cálculo de los Coeficientes de Variación Diaria y Horaria**

##### **a) Metodología de Cálculo del Coeficiente de Variación Diaria K1**

El coeficiente de variación diaria (K1), será la relación que existe entre el caudal del día de máximo consumo (caudal máximo diario) y el consumo promedio diario que se tuvo en el año (caudal promedio diario anual), para este análisis se incorpora los registros del año 2016 que se disponen como datos.

Para determinar el coeficiente de variación diaria del sector seleccionado, se deberá determinar primero el caudal promedio diario del año. El caudal promedio se determinará mediante una media aritmética de todos los caudales promedios diarios de todo el año, registrado en el sector por equipos registradores. Y el caudal máximo diario del año se determinará mediante una gráfica caudal diario Vs día, durante los 365 días del año de estudio. El caudal máximo diario será el pico o caudal más alto registrado en esta gráfica.

Es importante mencionar que para determinar el caudal promedio diario y el caudal máximo diario, se han descartado los caudales promedios diarios del día en el cual no tuvieron continuidad durante las 24 horas del día (por corte temporal del servicio) y también de aquellos picos que por fuertes cambios de caudal debido a una irregularidad en el funcionamiento del sistema, ya que la inclusión de estos caudales daría como resultado coeficientes de variación no representativos, así mismo no se consideran días en los que no hubo registro continuo por corte de energía o mantenimiento del reservorio.

#### **b) Metodología de Cálculo del Coeficiente de Variación Diaria K2**

El coeficiente de variación horaria, es la relación que existe entre el caudal de la hora de máximo consumo (caudal máximo horario) y el consumo medio diario que se tuvo en el año (caudal promedio diario anual). De esta forma se obtiene 365 valores de variación horaria por año analizado, el valor K2 por sector será el valor más alto obtenido para el año de estudio.

Para determinar el coeficiente de variación horaria de los sectores seleccionados, se deberá determinar primero el caudal promedio diario del año. El caudal promedio se determinará mediante una media aritmética de todos los caudales promedios diarios de todo el año, registrado en cada sector. Y el caudal máximo horario del año se determinará mediante una gráfica caudal máximo horario Vs día, durante el año de estudio.

El caudal máximo horario será el pico o caudal más alto registrado en esta gráfica. Es importante mencionar que para determinar el caudal promedio diario y el caudal máximo horario, se han obviado los caudales promedios diarios y máximos horarios del día en el cual no tuvieron continuidad durante las 24 horas del día (por corte temporal del servicio) y también de aquellos picos que sufrieron fuertes cambios de caudal debido a una irregularidad en el funcionamiento del sistema, ya que la inclusión de estos caudales daría como resultado coeficientes de variación horaria alejados de la realidad.

Es necesario tener en cuenta que la ciudad de Tacna, en muchos sectores posee discontinuidad del servicio, es decir no cuentan con 24 horas de agua, en el sector de estudio se aprecia que por temporadas se cuenta con servicio continuo y en otros no, se ha decidido por no considerar los picos de caudales registrados en el momento de apertura de reservorios ya que no es caudal representativo de la demanda horaria.

## **2.4 CAUDALES DE DISEÑO PARA INFRAESTRUCTURA SANITARIA**

Es necesario que el sistema a diseñar, así como su infraestructura debe estar diseñada para los momentos más críticos a los que esté sometido a lo largo de su vida útil, por tanto, debe definirse caudales de diseño para cada componente los cuales varían de acuerdo a su operación.

### **2.4.1 Caudal de diseño de fuentes de abastecimiento**

Es importante tener en cuenta que las fuentes de abastecimiento deben garantizar la disponibilidad de agua para su oferta a una población, y esta al menos debe tener la

capacidad de abasteceré en el día de mayor consumo es decir el caudal máximo diario por tanto se debe considerar el factor K1 para afectar al consumo promedio

#### **2.4.2 Caudal de diseño de obras de captación:**

Sera dependiente de la capacidad de la fuente por tanto también ha de ser calculado considerando el factor K1, para el caudal máximo diario.

#### **2.4.3 Caudal de diseño para líneas de aducción.**

Para esta infraestructura que conduce agua desde la captación a la planta de tratamiento, o de esta un reservorio se debe tener en cuenta que debe tener la capacidad para satisfacer la demanda máxima diaria, es decir debe considerarse el factor K2, para el caudal máximo diario.

#### **2.4.4 Diseño de reservorios.**

Para el diseño hidráulico del reservorio que consiste en determinar básicamente la capacidad o volumen del reservorio se debe tener en cuenta que esta infraestructura se encuentra entre la fuente y la red de distribución.

Siendo la función del reservorio, actuar como un regulador y compensador del agua que demanda la población y la producción de agua en la fuente de abastecimiento, su diseño estará entonces ligado al volumen necesario para cumplir con esta función y que pueda lograr un servicio continuo a la población.

En el Reglamento Nacional de Edificaciones se indica que se puede estimar este volumen como el 25% del consumo

promedio de un día, sumado el volumen contra incendio y algún volumen de reserva si se considera necesario.

#### **2.4.5 Caudal de diseño para estaciones de bombeo**

Para determinar el caudal de diseño interviene una variable más que es el número de horas de bombeo, ya que, por cuestiones económicas y operativas, no es conveniente su operación 24 horas, por tanto, el sistema debe tener la capacidad de bombear el volumen suficiente en el tiempo de bombeo que pueda satisfacer la demanda de la población.

Se puede calcular con la siguiente expresión:

$$Q_b = 24 / N * Q_m [l / s]$$

Donde N: es el número de horas de bombeo

#### **2.4.6 Caudal de diseño para redes de distribución**

Para el diseño de una red de distribución se debe tener en cuenta que el mismo debe tener la capacidad de abastecer al mayor caudal que se pueda presentar a lo largo de un día, es decir será el caudal máximo horario, por tanto, debe considerarse el factor k2.

### **2.5 PARAMETROS DE DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE**

Es necesario tener en cuenta lo indicado en el Reglamento Nacional de Edificaciones (vigente desde junio 2006), en su norma OS.050 Redes de distribución de agua para consumo humano, en donde se menciona lo siguiente:

#### **2.5.1 Análisis Hidráulico**

Se menciona lo siguiente:

“Las redes de distribución se proyectarán, en principio en circuito cerrado formando malla. Su dimensionamiento se realizará en base a cálculos hidráulicos que aseguren caudal y presión adecuada en cualquier punto de la red”

Esto quiere decir que se debe primeramente proyectar una red de tipo enmallada, de no ser posible se podrá dimensionar una red de tipo ramificado. Las redes de tipo enmallado permiten una mejor distribución, así como favorecen la circulación del agua mejorando la calidad del agua distribuida, evitando los denominados puntos muertos de la red.

“Para el análisis hidráulico del sistema de distribución, podrá utilizarse el método de Hardy Cross o cualquier otro método equivalente”

Es común el uso del método de Hardy Cross, aunque existen otros métodos matriciales como el método del gradiente hidráulico

“Para el cálculo Hidráulico de las tuberías, se utilizarán formulas racionales. En caso de aplicarse la fórmula de Hazen Williams, se utilizará coeficientes de fricción en la tabla N° 1. Para el caso de tuberías no contempladas, se deberá justificar técnicamente el valor utilizado”

Se tiene conocimiento que la fórmula de Hazen Williams, es una aproximación siendo mejor usar otras fórmulas como la ecuación de Darcy Weisbach o Colebrook White si se requiere de una exactitud mayor, en la actualidad las formulas mencionadas no son problemas para su resolución con las actuales computadoras y software que se dispone en la actualidad.

### **2.5.2 Diámetro mínimo**

El Reglamento nacional de edificaciones menciona lo siguiente:

“El diámetro mínimo será de 75mm para uso de vivienda y de 150mm de diámetro para uso industrial”

En nuestra realidad siempre fue considerado como diámetro mínimo la tubería de 4” es decir 110mm, sin embargo, actualmente se tiene en cuenta el reglamento y se coloca como diámetro mínimo la tubería de 90mm, es necesario mencionar que siempre se considera este tipo de diámetros por futuras ampliaciones.

### **2.5.3 Velocidad**

El reglamento nacional de edificaciones menciona lo siguiente:

“La velocidad máxima será de 3m/s.

En casos justificados se aceptará una velocidad máxima de 5m/s”

La experiencia recomienda utilizar velocidades menores a 2 m/s e incluso una velocidad de 1.5m/s sería un valor recomendado, debemos siempre considerar una capacidad residual que permita a la tubería poder operar cuando el sistema se amplíe, así como mejor rendimiento si la tubería presenta sedimentación.

### **2.5.4 Presiones**

El reglamento en este parámetro indica lo siguiente:

“La presión estática no será mayor de 50m en cualquier punto de la red. En condiciones de demanda máxima horaria, la presión dinámica no será menor de 10m.”

El reglamento indica que la presión mínima es de 10m.c.a., es decir una presión de servicio que asegure el abastecimiento de

agua en una vivienda de dos niveles y probablemente hasta 3 niveles.

Sobre las presiones máximas, se considerará una presión máxima de 50m.c.a., que asegure y cuida las instalaciones internas de una vivienda.

Siempre es necesario recalcar que la presión máxima es verificada con la presión estática de la red que asegura el estado más crítico de la red en cuenta a presiones máximas.

## **2.6 MACROMEDICIÓN EN SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE**

La macromedición según el libro de Macromedición de la Organización Panamericana de la Salud (CEPIS-1986), está representada por las actividades de procesamiento, análisis y divulgación de informaciones respecto a caudales, presiones y niveles de agua en el sistema de abastecimiento.

Es de vital importancia conocer los caudales que se presentan en los distintos componentes de un sistema de abastecimiento de agua potable como plantas de tratamiento, líneas de conducción, líneas de aducción, estaciones de bombeo, etc. Esto permite evaluar de mejor manera la capacidad hidráulica de una tubería, siendo también importante determinar la velocidad en las tuberías, que permitirá determinar cómo está trabajando las conducciones de cada una de la infraestructura del sistema.

Determinando los caudales y velocidades en una conducción permitirá también conocer la capacidad del sistema de ampliar la cobertura de agua o ampliar las zonas servidas, para evitar “estresar” el sistema y volverlo ineficiente.



### **2.6.1 Objetivos de la macromedición:**

Dentro de los principales objetivos de las actividades de macromedición se tiene los siguientes:

- a) Determinar los volúmenes distribuidos mensualmente en un sistema de abastecimiento de agua potable.
- b) Evaluación permanente de las condiciones hidráulicas reales de funcionamiento de los sistemas de abastecimiento de agua.
- c) Observaciones de los reflejos en el sistema de abastecimiento como consecuencia de alteraciones de las variables, tales como el estado de una válvula de control, funcionamiento de las bombas de una estación de bombeo, instalación de micromedidores, racionamiento del servicio, etc.
- d) Evaluación del tiempo de saturación de los sistemas en función de la evolución demográfica, socioeconómica y cultural de las comunidades.
- e) Determinación de coeficientes de consumo tales como consumo per cápita, coeficientes relativos a la hora y día de mayor consumo, consumo por extensión de red, consumo por conexión domiciliaria, y consumo mínimo nocturno.
- f) Planeamiento de implantación del sistema de micromedición siguiendo el criterio de prioridades basado en la macromedición.

### **2.6.2 Tipos de macromedidores**

Los macromedidores son instrumentos y equipos para realizar medición de caudales en tuberías de redes de distribución, conducción, es decir en grandes diámetros, y se puede dividir en los siguientes tipos:

- a) Dispositivos hidráulicos
- b) Medidores de inserción
- c) Medidores mecánicos
- d) Medidores electrónicos

### 2.6.2.1 Dispositivos Hidráulicos

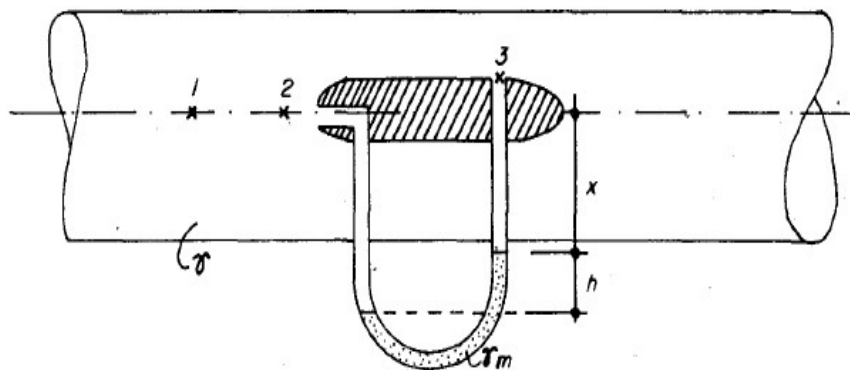
Este tipo de medidores se basa en las teorías de la mecánica de fluidos, y usa principalmente líquidos manométricos, son bastante exactos si se realizan de manera adecuada.

Entre los tipos principales se tiene.

- a) Pitómetros:

Este dispositivo hidráulico utilizaba líquido manométrico para determinar un diferencial de presión entre el punto 1 y 2, para calcular la velocidad. Se aplican principios básicos de la mecánica de fluidos.

Figura N° 3

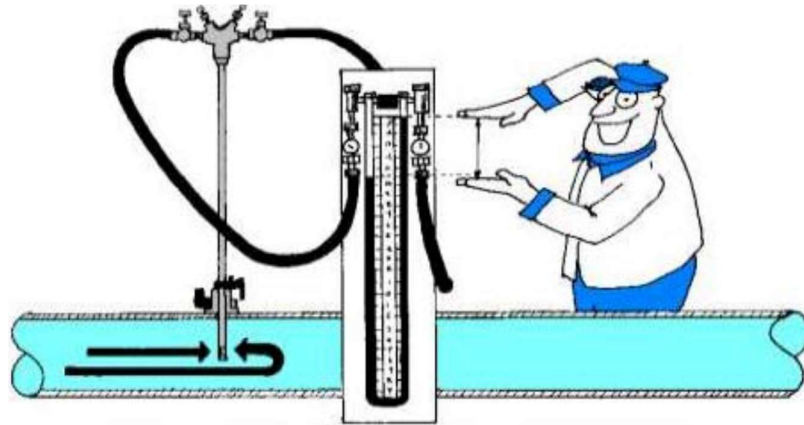


$$v_1 = \sqrt{\frac{2 (\gamma_m - \gamma) h}{\rho}} \quad v_1 = \sqrt{\frac{2 \Delta p}{\rho}}$$

Fuente: Mecánica de Fluidos I, Wendor Chereque

Se trataba de una varilla que se introduce en la tubería, dicha varilla en su extremo poseía orificios pitométricos uno contra el flujo y otro en el otro sentido, el manómetro en U calculaba el diferencial de presión y con este se calculaba la velocidad y luego el caudal.

**Figura N° 4**



Fuente: Internet

b) Tubo Venturi

Se trataba de un dispositivo hidráulico, que consiste en una reducción de diámetro en una conducción que produce un diferencial de presión, que es medido con un manómetro (tubo en U) logrando determinar la velocidad y luego el caudal

Figura N° 5

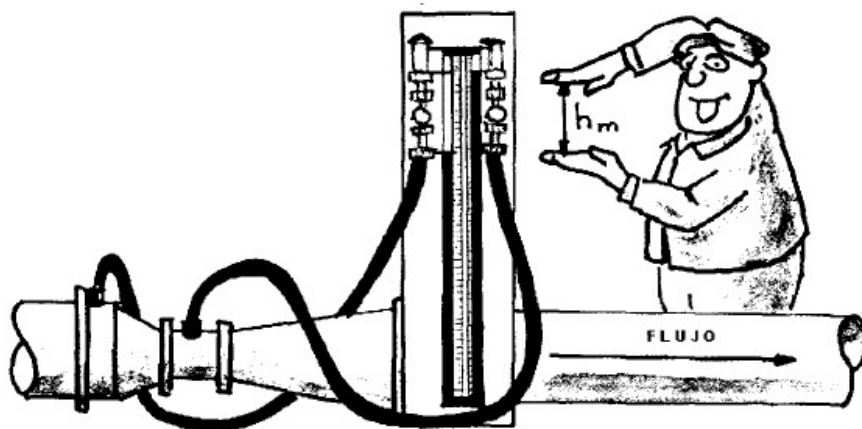


Fuente : Internet

Generalmente estos medidores se vendían como una sola unidad, y con sus propias constantes de calibración. Se aplicaba generalmente la formula siguiente:

$$Q = CA_2 \sqrt{\frac{2g(p_1 - p_2) / \gamma}{1 - (A_2 / A_1)^2}}$$

Figura N° 6



Fuente : Internet

## c) Rotámetro

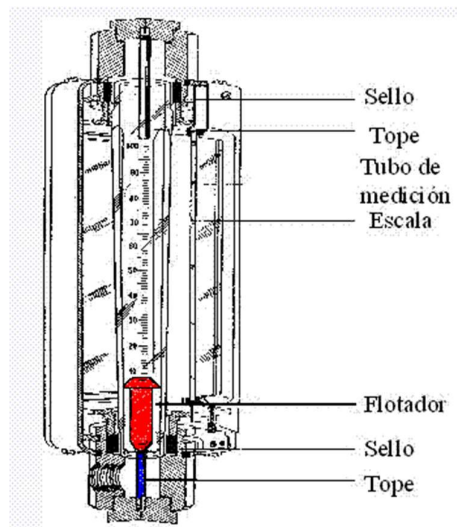
Este consiste en un flotador cilíndrico, más denso que el fluido, colocado dentro de un tubo cónico vertical con el área menor abajo y el área mayor arriba. Al pasar el flujo de abajo hacia arriba levanta el flotador con lo cual la posición de este será proporcional al flujo.

Figura N° 7



Fuente: Internet

Figura N° 8



Fuente: Internet

### 2.6.2.2 Medidores de Inserción

En este tipo de medidores se requiere insertar una varilla en la tubería en donde se colocará una hélice u otro dispositivo, se tiene los siguientes tipos

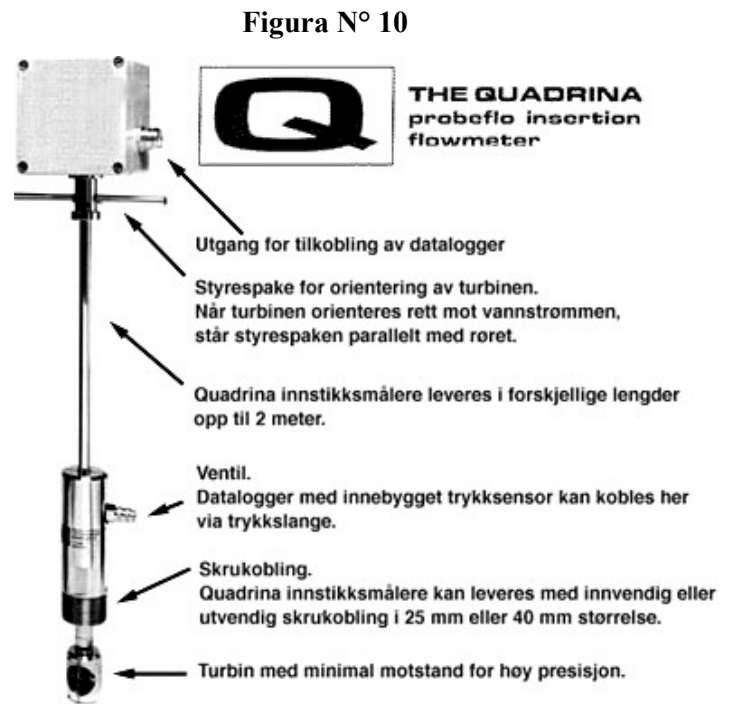
a) Quadrina

Es un medidor de velocidad consiste en una varilla que en su parte inferior posee una hélice la cual gira en forma proporcional a la velocidad del flujo lo cual es transmitido hacia una electrónica que da finalmente el caudal en función a los parámetros de la tubería como son el diámetro.

**Figura N° 9**



Fuente: Internet



Fuente: Internet

Por ser también un medidor de tipo mecánico la hélice es susceptible que con el tiempo y uso se requiera de un mantenimiento, debiendo volverse a calibrar.

b) Quadrina electromagnética

Es muy similar a la Quadrina, con la diferencia que no posee una hélice sino un sensor electromagnético que sufre alteraciones en su campo magnético el cual es proporcional al flujo del agua.

**Figura N° 11**

Fuente : Internet

### **2.6.2.3 Medidores mecánicos**

El medidor más común es el medidor de tipo woltman, Se trata de un medidor mecánico, que consiste en una hélice que gira interiormente en el medidor por acción de la velocidad del agua. Posee un mecanismo de relojería similar a los medidores domiciliarios.



**Figura N° 12**

Fuente: internet

Por tratarse de un medidor mecánico es susceptible a des calibración por el uso o calidad del agua, puede trabarse por algún material extraño que ingrese a la tubería

#### **2.6.2.4 Medidores electrónicos**

Estos medidores son de última tecnología, y usan principios electrónicos para poder realizar la medición de caudales, normalmente requieren de energía eléctrica para poder funcionar.

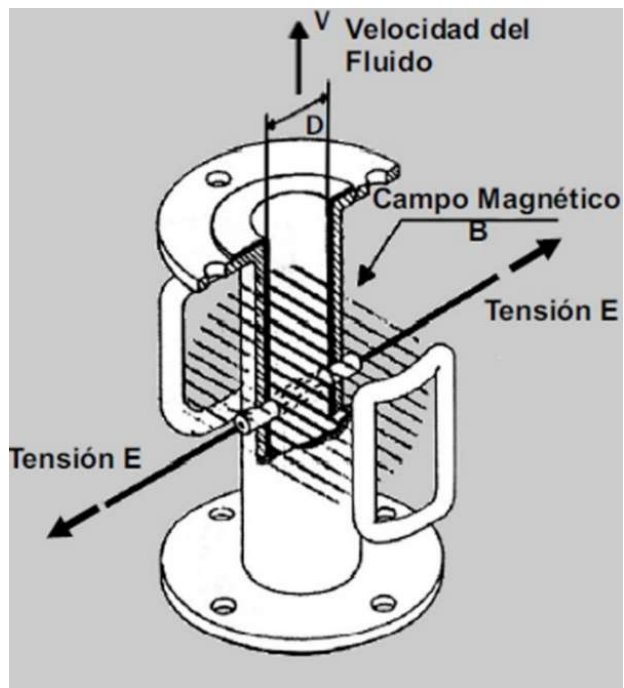
No requieren prácticamente mantenimiento, y poseen una gran precisión.

Existen los siguientes tipos:

**a) Medidores electromagnéticos:**

Se llaman así porque dentro de estos medidores van algunos ingeniosos dispositivos que, aprovechando el principio de inducción electromagnética, calculan la velocidad del agua en una tubería y el volumen de agua que pasa por ahí durante un determinado tiempo, y luego mandan una señal digital que se puede fácilmente leer en el panel (“display”) del aparato

**Figura N° 13**



Fuente: Internet

**Figura N° 14**

Fuente: Internet

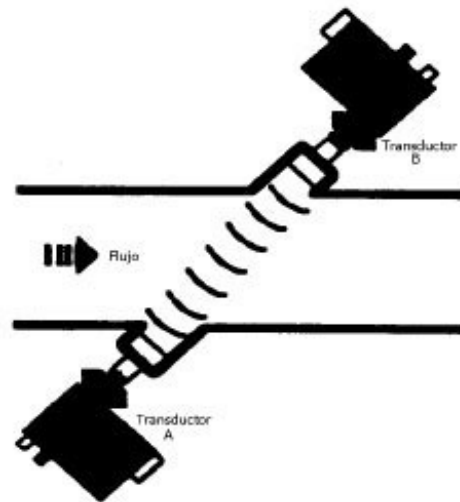
Estos medidores están conformados por dos partes:

- \* El sensor
- \* El transmisor o display.

#### **b) Medidores ultrasónicos o de ultrasonido**

Los medidores de flujo acústico (ultrasónicos) de tiempo en tránsito o travesía, están basados en el principio de que el tiempo de tránsito de una señal acústica a lo largo de una trayectoria conocida es constante y solo puede ser alterado por la velocidad del fluido en el que se desplaza. En este caso la señal sónica es transmitida diagonalmente a través del tubo por donde circula el agua, la velocidad que lleva el agua afecta el tiempo que la señal emplea para viajar del transmisor al receptor. Mediante esta relación se obtiene la velocidad  $V$

Figura N° 15



Fuente: Internet

Figura N° 16



Fuente: Internet

### 2.6.3 Registradores de datos

Como se vió anteriormente se cuenta con macromedidores para la medición de caudales, sin embargo, estos equipos

realizan normalmente una medición puntual, es decir instantánea, pero no realiza registros horarios, los cuales deberían realizarse de manera manual si se requiere de dichos datos.

Para el registro de datos se deben usar los llamados registradores de datos, o también llamados “dataloggers” que son dispositivos electrónicos que permiten realizar los registros necesarios y guardarlos en una memoria para luego ser descargados por el usuario final.

Dos son los datos que se requieren conocer la hidráulica de un sistema de abastecimiento siendo estos: presión y caudal, para lo cual se tiene registradores dedicados a estos trabajos.

La presión normalmente es medida de forma electrónica con los llamados transductores de presión, que son instrumentos que convierten la presión hidráulica en una señal eléctrica normalmente de tipo análoga.

**Figura N° 17**

Imagen de un transductor de presión.



Fuente: Internet

Pueden haber de distintas escalas normalmente se tienen de 10Bar o 20 Bar, para medición de redes de distribución, los registradores de presión pueden tener transductores internos es decir incorporados al mismo equipo o externos.

La medición del caudal se realiza mediante dos formas básicas, como son el uso de señal analógica de 4 a 20mA, o de forma digital por pulsos.

### Figura N° 18

Dataloggers de la marca Radcom



Fuente : Internet

**Figura N° 19**

Datalogger de la marca SEBA Kmt



Fuente: internet

La señal analógica de 0-40mA, es un standard básico de comunicación, el macromedidor emite una pequeña corriente en un rango pre-establecido es decir el valor de 0mA corresponderá seguramente a un valor de 0 (cero) de caudal y el valor de 20mA, corresponderá a un valor máximo de caudal prefijado inicialmente en el macromedidor con las condiciones de campo esperadas.

La señal digital de pulsos, es otro estándar básico de comunicación que consiste en la emisión de pulsos por parte del macromedidor de acuerdo a un volumen determinado, es decir se deben fijar tasas de pulsos, por ejemplo, es común en macromedidores usan una tasa de 1pulso cada 1m<sup>3</sup>, dicho

pulso será contado por el registrador en un determinado tiempo, es decir se tendrá una cantidad determinada de pulsos en un tiempo lo que hace poder calcular un caudal promedio para intervalo de tiempo.

Cada forma de comunicación tiene sus ventajas y aplicaciones: es común utilizar señal analógica cuando se requiere tener caudales instantáneos, a cada momento, y cuando se tiene alimentación de corriente sin ninguna restricción, así también es común usar señales de pulsos, cuando se requiere tener caudales promedio cada cierto tiempo y con un menor consumo de energía, como por ejemplo en zonas que no cuentan con energía o macromedidores a batería.



## **CAPITULO III: MARCO METODOLOGICO**

### **3 MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1 HIPÓTESIS**

##### **3.1.1 Hipótesis General**

El coeficiente de variación de consumos reales basados en la información histórica optimiza las obras de saneamiento más efectivas.

##### **3.1.2 Hipótesis Específicas**

- La determinación de los coeficientes de variación de consumo máximos diarios reales optimizan el diseño de obras de saneamiento.
- La determinación de los coeficientes de variación de consumo máximos horarios reales optimizan el diseño de obras de saneamiento.
- El uso de registros históricos es un método más efectivo para la determinación de coeficientes de variaciones de consumo de agua en el diseño de obras de saneamiento.

#### **3.2 VARIABLES**

##### **3.2.1 Variable dependiente**

###### **3.2.1.1 Denominación de la Variable**

Optimizará las obras de saneamiento.

###### **3.2.1.2 Indicadores**

- **Presión de servicio en redes:** este indicador consiste en la presión hidráulica que se tiene en las redes de distribución de agua potable, depende de la altura del reservorio, así como de los caudales en las redes, según RNE la presión de servicio no debe ser menor a 10mca,

presión que garantiza un servicio adecuado para una vivienda normal.

- **Velocidad media en tuberías,** este indicador corresponde a la velocidad media del fluido agua que es conducido en las tuberías y redes de distribución, este parámetro también es controlado por el RNE siendo la máxima velocidad aceptable en redes de distribución de agua de 3 m/s, no existen velocidades mínimas según el actual RNE. La velocidad siempre es restringida debido a que a velocidades elevadas la conducción hidráulica se vuelve ineficiente, recomendándose incluso velocidades de menos de 2 m/s en la práctica.

### 3.2.1.3 Escala de Medición

- **Presión Promedio:** se mide en mca (metros de columna de agua), sin embargo, existen otras unidades de medida como son PSI, Bar, mmHg, kg/cm<sup>2</sup>, etc.
- **Velocidad media:** se mide en m/s y corresponde a la velocidad media en la tubería.

## 3.2.2 Variable independiente

### 3.2.2.1 Denominación de la Variable

Coefficientes de variación de consumos

### 3.2.2.2 Indicadores

- **Caudal promedio:** corresponde al caudal promedio a lo largo de un año que requiere una población.

- **Caudal máximo horario:** corresponde al mayor caudal diario durante un año de registros
- **Caudal máximo diario:** corresponde al mayor caudal horario durante un año de registros.
- **Clima:** corresponde a los cambios de temperatura ambiente de una zona.

### **3.3 TIPO DE INVESTIGACIÓN**

De acuerdo al fin que se persigue se trata de una investigación aplicada, ya que se busca aplicar los conceptos de la determinación de los coeficientes de consumo a la realidad de la región de Tacna, buscando proponer dichos coeficientes, y determinar su efecto en las obras de saneamiento.

De acuerdo a los tipos de datos analizados se trata de una investigación cuantitativa ya que se recolectará datos históricos de medición de caudales en la zona de estudio, con los cuales se propondrán nuevos coeficientes para consumo.

### **3.4 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

Se plantea una investigación observacional, retrospectiva y longitudinal, ya que se buscará información y recolección de datos estadísticos históricos en donde no se tiene injerencia sobre ellos, dichos datos serán históricos por lo que es retrospectiva y longitudinal.

La información estadística obtenida en campo será tratada según metodología ya conocida la cual dará resultados a proponer, luego del cual se hará una aplicación de esta determinando los efectos sobre la problemática planteada.

### **3.5 ÁMBITO DE ESTUDIO**

El ámbito del estudio es la región de Tacna, específicamente la zona urbana de la ciudad de Tacna, teniendo en consideración que la información obtenida corresponde a zonas urbanas.

Por tanto, el presente estudio tiene un ámbito local para zonas urbanas, lo que también podría utilizarse para zonas con características similares siendo la ciudad de Tacna, una zona en donde prevalece el uso de viviendas, y en clima cálido.

La propuesta de coeficiente K1 y K2 para variaciones del consumo puede aplicarse a todos los estudios de saneamiento que se realicen en la Región Tacna, principalmente en zonas urbanas.

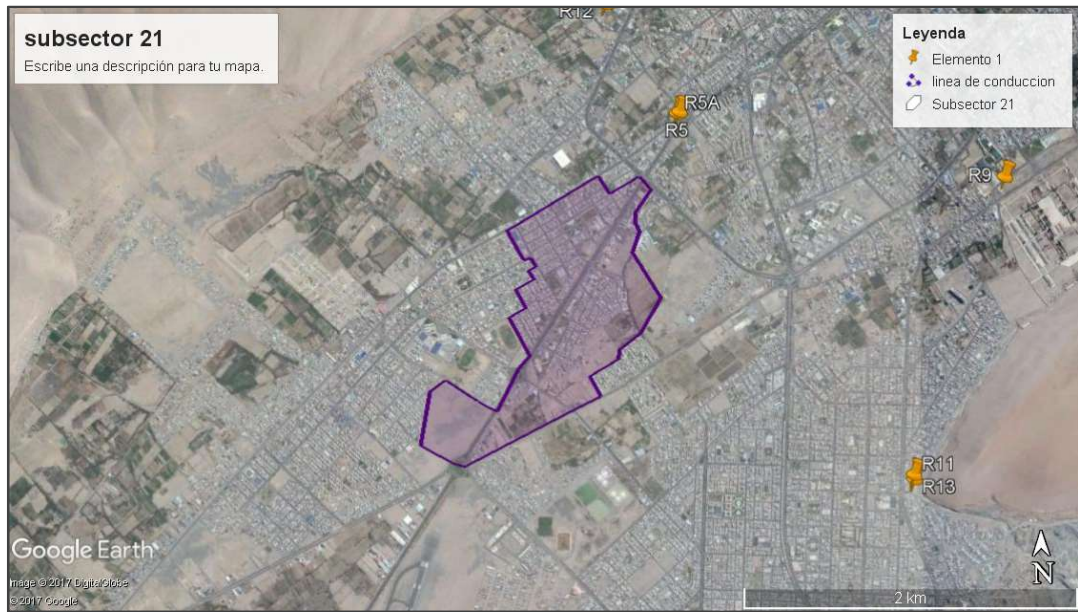
### **3.6 POBLACIÓN Y MUESTRA**

#### **3.6.1 Unidad de estudio**

La unidad del estudio corresponde al subsector de distribución N° 22 de la empresa de saneamiento de la ciudad de Tacna (EPS TACNA S.A.), dicha zona se encuentra ubicada en la zona sur de la ciudad, a continuación, se muestra la ubicación de dicha zona.

#### **Figura N° 20**

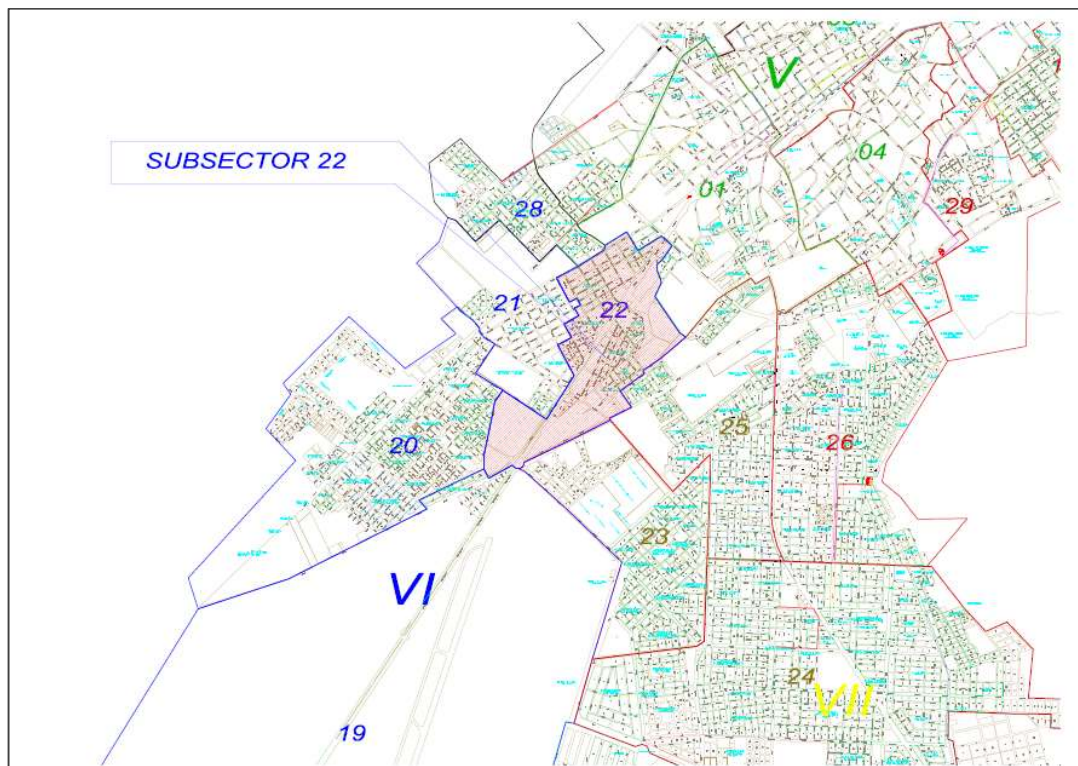
Zona de estudio, subsector operacional 22



Fuente: elaboración propia

### Figura N° 21

ubicación del Subsector Operacional 22



Fuente: EPS TACNA S.A.

El área aproximada de la zona de estudio es de 1,155,645m<sup>2</sup> o 115.6 hectáreas.

Este subsector operacional es abastecido mediante el reservorio R5 de 600m<sup>3</sup> de capacidad, ubicado en las cercanías del Ovalo Callao.

**Figura N° 22**

Vista del reservorio R5 ubicado en Para Chico Ovalo Callao



Fuente: Elaboración propia

Este subsector está conformado por las siguientes asociaciones de vivienda y urbanizaciones:

- Asoc. De Viv. Para Chico
- A.H. Villa Panamericana
- Coop. Viv. Villa Magisterial
- Asoc. De Viv. Las Retamas
- Asoc. De Viv. Las Palmeras
- Asoc. De Viv. Paul Harris.

**Figura N° 23**



Vista fotografica de Coop. Viv. Villa Magisterial de zona de estudio, elaboracion propia



**Figura N° 24**

Vista fotografica del P.J. Para Chico de zona de estudio, elaboracion propia

**Figura N° 25**

Vista fotografica de Asoc. Villa Panamericada de zona de estudio, elaboracion propia

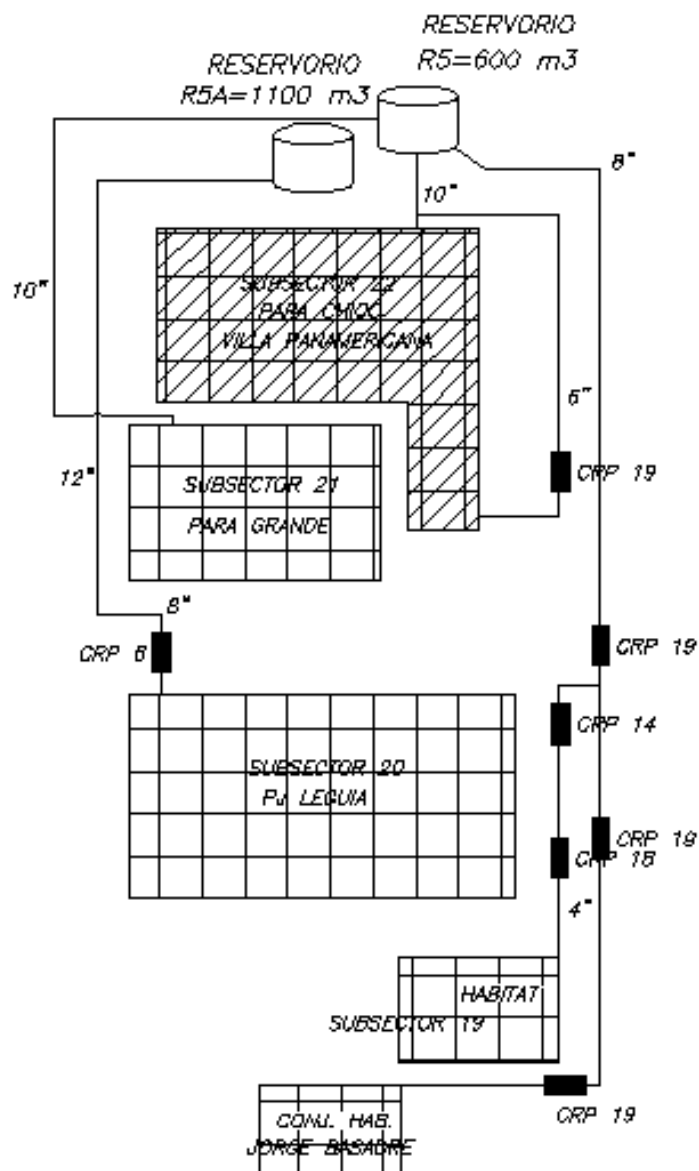
**Figura N° 26**



Vista fotografica de la Av. Manuel A. Odria de zona de estudio, elaboracion propia

**Figura N° 27**

Esquema de distribución de agua potable del Subsector 22



Fuente Elaboración Propia

Esta zona fue escogida para el presente estudio debido a que cuenta con información estadística de consumos en un año información que no se cuenta a disposición en otras zonas de

la ciudad, sin embargo, podemos considerar que la zona es representativa.

Dicha zona cuenta con un macromedidor de tipo electromagnético que registra continuamente los consumo y caudales distribuidos al subsector.

El clima en la ciudad de Tacna es seco, con una temporada de lloviznas que se extiende desde junio hasta agosto. La temperatura tiene un promedio anual de 18,6 grados Celsius, con una máxima de 32° C y una mínima de 10° C, por tanto, existe una gran variación del clima de invierno a verano, por lo cual la demanda varía también de una estación a otra.

### 3.6.2 Población

La población estimada en la zona de estudio, se va conseguir teniendo en cuenta el número de conexiones existentes en el subsector operacional que de acuerdo a información de la empresa de saneamiento es de 1660 conexiones de agua potable, por tanto, se va estimar una densidad población de 6 habitantes por conexión según lo indicado en el RNE Norma OS.100 con el siguiente resultado.

**Tabla N° 6**

N° de conexiones	N° de Hab/conex	N° de Habitantes
1660	6	9960

Fuente: EPS TACNA S.A., elaboración propia

### 3.6.3 Muestra

Teniendo en consideración que la población de Tacna tiene un estimado de 300,000 habitantes y habiendo estimado la población de la zona de estudio en 9960 habitantes se tiene una muestra del 3.3% del total de habitantes, sin embargo

como se mencionó anteriormente esta zona corresponde a zona de vivienda en donde prevalece el consumo doméstico por tanto se puede considerar como una zona representativa de la ciudad de Tacna, en donde prevalece el consumo doméstico, como lo demuestra el siguiente cuadro:

**Tabla N° 7**

**Localidad Tacna:**

<b>Categoría</b>	<b>Conex. Totales</b>	<b>%</b>
Social	480	0.5%
Domestico	80874	90.3%
Comercial	6633	7.4%
Industrial	662	0.7%
Estatal	912	1.0%
<b>Total</b>	<b>89561</b>	<b>100%</b>

Fuente: Rendición de cuentas EPS TACNA 2014

En donde el 90.3% de las conexiones de agua potable de la ciudad de Tacna, corresponden a zonas con uso doméstico.

La zona de estudio cuenta con todos los servicios básicos instalados, así como es una zona consolidada, habiéndose asentado desde los años 70 hasta la actualidad.

### **3.7 INSTRUMENTOS**

Para la medición de caudales al subsector en estudio se cuenta con macromedidor de tipo electromagnético instalado en la salida de 8" del reservorio R5 de la EPS TACNA S.A., dicho macromedidor tiene las siguientes características:

Tipo: Macromedidor electromagnético

Marca: Siemens

Modelo: Mag5100

Numero Serie: 7ME652594902N040

Fuente: Alimentación eléctrica 220v

Precisión: según catálogo del fabricante 0.5%

Años de antigüedad: 4 años de instalado.

Registrador de datos: externo equipo logger Radcom Modelo Multilog Lx con tecnología GPRS.

### Figura N° 28

Foto: Macromedidor en Línea de aducción 8" reservorio R5



Fuente: Elaboración propia

Es necesario mencionar que la línea de aducción de  $\varnothing 8''$  del reservorio R5 sale con ese diámetro y luego se amplía a  $\varnothing 10''$  hasta el empalme a redes existentes en el cruce de Av. Manuel A. Odría con Av. Jorge Basadre G. (Ex. Circunvalación).

La tecnología de comunicación GPRS permite que la información suministrada por el Macromedidor electromagnético, sea convertida a información digital que el datalogger almacena en memoria y luego esta es enviada a través del internet celular hacia la nube, a un portal del fabricante en donde se puede acceder a la información y descargar si es necesario la información almacenada.

El datalogger que es un registrador de datos está programado para obtener una lectura de caudal cada 15 minutos, usando el puerto de comunicación por pulsos del macromedidor, esta comunicación es muy sencilla y económica en consumo de energía eléctrica, el macromedidor emite un pulso cada 500 litros de volumen de agua que atraviesa el medidor, dicho pulso es contado por el datalogger obteniendo un caudal promedio en cada 15 minutos.

**Figura N° 29**



Vista de la pantalla de comunicación en internet de la información registrada en el datalogger, portal de la empresa HWM fabricante de los equipos

Fuente: elaboración propia

**Figura N° 30**

Macromedidor con equipo registrador Multilog Lx

Fuente: elaboración propia



## **CAPITULO IV: RESULTADOS**

## **4 LOS RESULTADOS**

### **4.1 DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE CAMPO**

Se realizó la recolección de la información proporcionada por la empresa concesionaria del servicio de agua potable en la localidad de Tacna, (Entidad Prestadora de los Servicios de Saneamiento – EPS TACNA S.A.), en donde se aprecia datos de caudales cada 05 minutos a lo largo de un año de registros desde abril del 2016 hasta marzo del 2017, descargados de los macromedidores y equipos registradores.

Sin embargo, es necesario tener en cuenta que la información de campo debe ser analizada correctamente y debe eliminarse datos que no se ajusten a la realidad o hayan tenido problemas en la operación, como son cortes de energía, mantenimiento de reservorio, etc.

Así mismo se descartarán caudales que sean muy elevados debido a que no son característicos de la demanda de agua y podrían afectar los parámetros buscados.

Como se aprecia en los gráficos existen días que poseen discontinuidad en el servicio y al inicio del abastecimiento se aprecia picos de caudales bastante elevados dichos caudales no son representativos para el cálculo del factor de máxima demanda horaria.

#### **4.1.1 Determinación del caudal promedio:**

Para la determinación de este caudal promedio se utilizó toda la información existente de caudales y volúmenes distribuidos para determinar una media aritmética, como se mencionó anteriormente no se tomará en cuenta valores que no sean representativos.

Los caudales disponibles se aprecian en el Anexo A.1

**4.1.2 Determinación del máximo consumo diario y del factor k1:**

Para determinar estos parámetros se realizó una comparación entre el caudal promedio y el máximo caudal diario obtenido a lo largo de un año con la información proporcionada por EPS TACNA S.A.

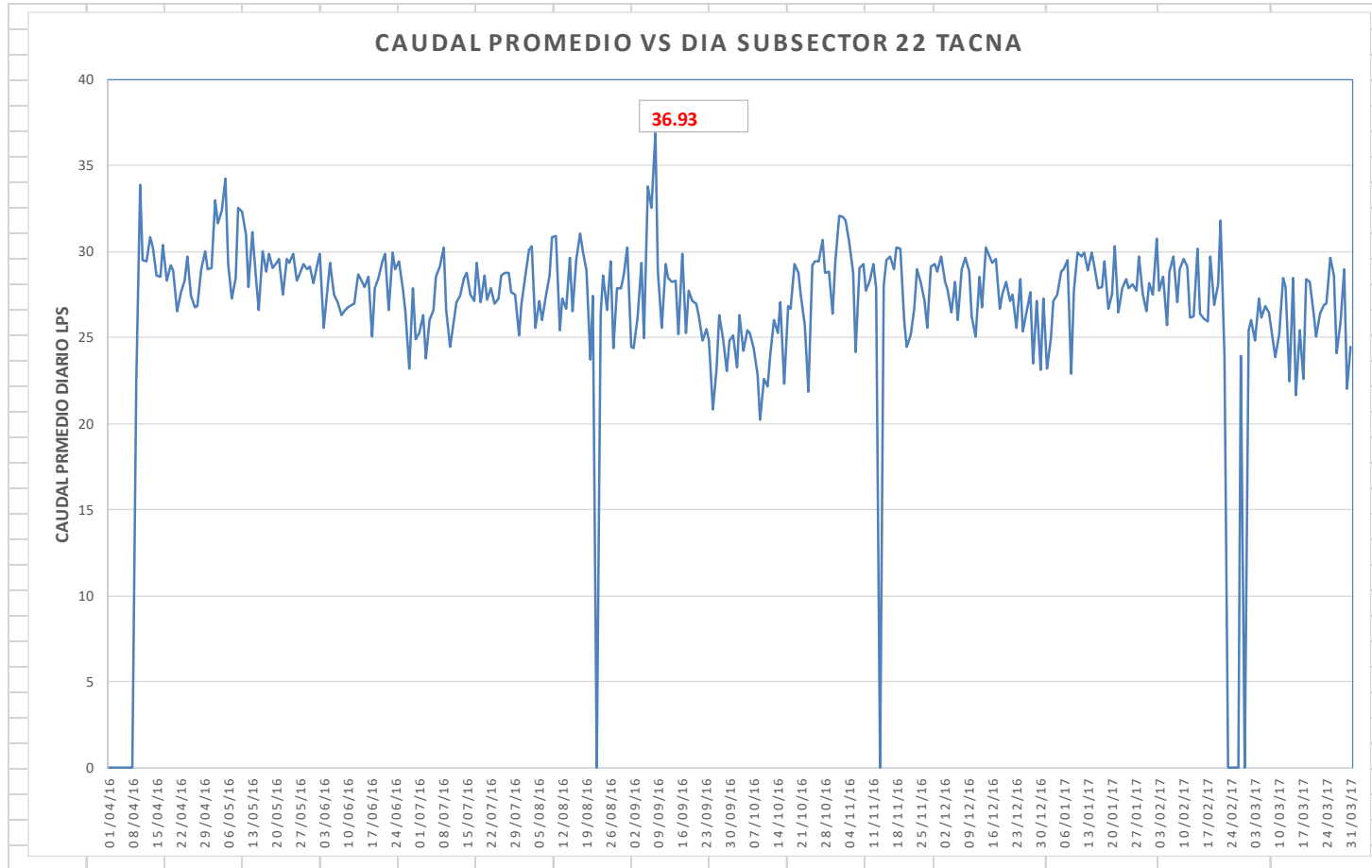
Lo cual se aprecia a continuación.

Tabla N° 8:

## CAUDAL PROMEDIO DIARIO - SUBSECTOR 22 AÑO 2016

DIAS	Abr-16	May-16	Jun-16	Jul-16	Ago-16	Set-16	Oct-16	Nov-16	Dic-16	Ene-17	Feb-17	Mar-17	
1		29.10	29.33	25.30	28.66	24.44	25.15	32.11	29.75	23.22	27.49	25.43	
2		33.02	29.88	26.37	30.11	24.43	23.29	32.01	28.26	25.03	30.77	26.02	
3		31.68	25.63	23.80	30.34	26.15	26.36	31.78	27.84	27.14	27.77	24.84	
4		32.41	28.00	26.01	25.60	29.39	24.25	30.58	26.50	27.53	28.55	27.33	
5		34.28	29.38	26.63	27.12	25.01	25.45	28.76	28.27	28.84	25.78	26.15	
6		29.28	27.55	28.52	26.01	33.79	25.31	24.20	26.02	29.02	28.85	26.85	
7		27.30	27.09	29.16	27.36	32.53	24.43	29.09	29.02	29.53	29.76	26.47	
8		28.44	26.35	30.28	28.61	36.93	22.88	29.31	29.63	22.93	27.09	25.35	
9	22.30	32.56	26.53	26.64	30.82	28.94	20.23	27.72	28.88	27.77	28.96	23.87	
10	33.89	32.34	26.78	24.48	30.93	25.57	22.64	28.32	26.23	29.94	29.60	25.23	
11	29.55	31.01	26.90	25.97	25.45	29.27	22.20	29.29	25.10	29.75	29.17	28.51	
12	29.48	27.95	26.98	27.06	27.29	28.47	24.06	27.92	28.54	29.99	26.21	27.96	
13	30.88	31.16	28.71	27.41	26.71	28.29	26.01		26.78	28.94	26.25	22.47	
14	30.24	28.44	28.23	28.49	29.69	28.34	25.30	28.07	30.29	29.95	30.20	28.50	
15	28.66	26.63	27.93	28.74	26.53	25.21	27.10	29.49	29.72	29.22	26.41	21.66	
16	28.56	30.07	28.54	27.49	29.53	29.89	22.31	29.71	29.38	27.86	26.11	25.42	
17	30.41	28.88	25.07	27.14	31.08	25.32	26.85	29.00	29.62	27.95	25.93	22.61	
18	28.36	29.92	27.89	29.35	30.05	27.76	26.73	30.25	26.72	29.46	29.74	28.40	
19	29.21	29.09	28.49	27.05	28.95	27.13	29.32	30.16	27.58	26.67	26.93	28.22	
20	28.96	29.40	29.46	28.63	23.73	26.97	28.80	25.98	28.26	27.52	28.10	26.43	
21	26.56	29.61	29.91	27.25	27.43	26.34	27.41	24.49	27.18	30.36	31.78	25.09	
22	27.68	27.51	26.64	27.88		24.84	25.74	25.13	27.53	26.47	23.99	26.41	
23	28.33	29.58	29.94	26.99	26.44	25.49	21.85	26.72	25.61	27.87		26.94	
24	29.75	29.39	29.02	27.27	28.59	24.83	29.25	29.03	28.41	28.40		27.03	
25	27.45	29.89	29.47	28.65	26.65	20.88	29.42	28.15	25.35	27.90		29.64	
26	26.81	28.32	27.81	28.78	29.42	23.13	29.47	27.12	26.53	28.08		28.63	
27	26.86	28.72	26.54	28.78	24.43	26.36	30.68	25.56	27.69	27.74	23.95	24.12	
28	28.98	29.31	23.23	27.66	27.91	24.93	28.78	29.15	23.55	29.70		25.95	
29	30.04	28.98	27.87	27.54	27.88	23.10	28.84	29.27	27.12	27.49		28.99	
30	28.98	29.16	24.90	25.18	28.63	24.81	26.37	28.88	23.17	26.58		22.03	
31		28.15		27.01	30.28		29.46		27.27	28.17		24.44	
<b>Promedio</b>	<b>28.72</b>	<b>29.73</b>	<b>27.67</b>	<b>27.34</b>	<b>28.07</b>	<b>26.95</b>	<b>26.00</b>	<b>28.53</b>	<b>27.48</b>	<b>27.97</b>	<b>27.80</b>	<b>26.03</b>	<b>27.69</b>
<b>Maximo</b>	<b>33.89</b>	<b>34.28</b>	<b>29.94</b>	<b>30.28</b>	<b>31.08</b>	<b>36.93</b>	<b>30.68</b>	<b>32.11</b>	<b>30.29</b>	<b>30.36</b>	<b>31.78</b>	<b>29.64</b>	<b>36.93</b>
<b>k1=</b>		<b>1.3336</b>											
Datos : EPS TACNA S.A., elaboracion propia													

Gráfico N° 31



Elaboración propia, Datos EPS TACNA S.A.

#### **4.1.3 Determinación del máximo consumo horario y del factor K2**

Para determinar estos parámetros se realizó una comparación entre el caudal promedio y el máximo caudal horario obtenido a lo largo de un año con la información proporcionada por EPS TACNA S.A.

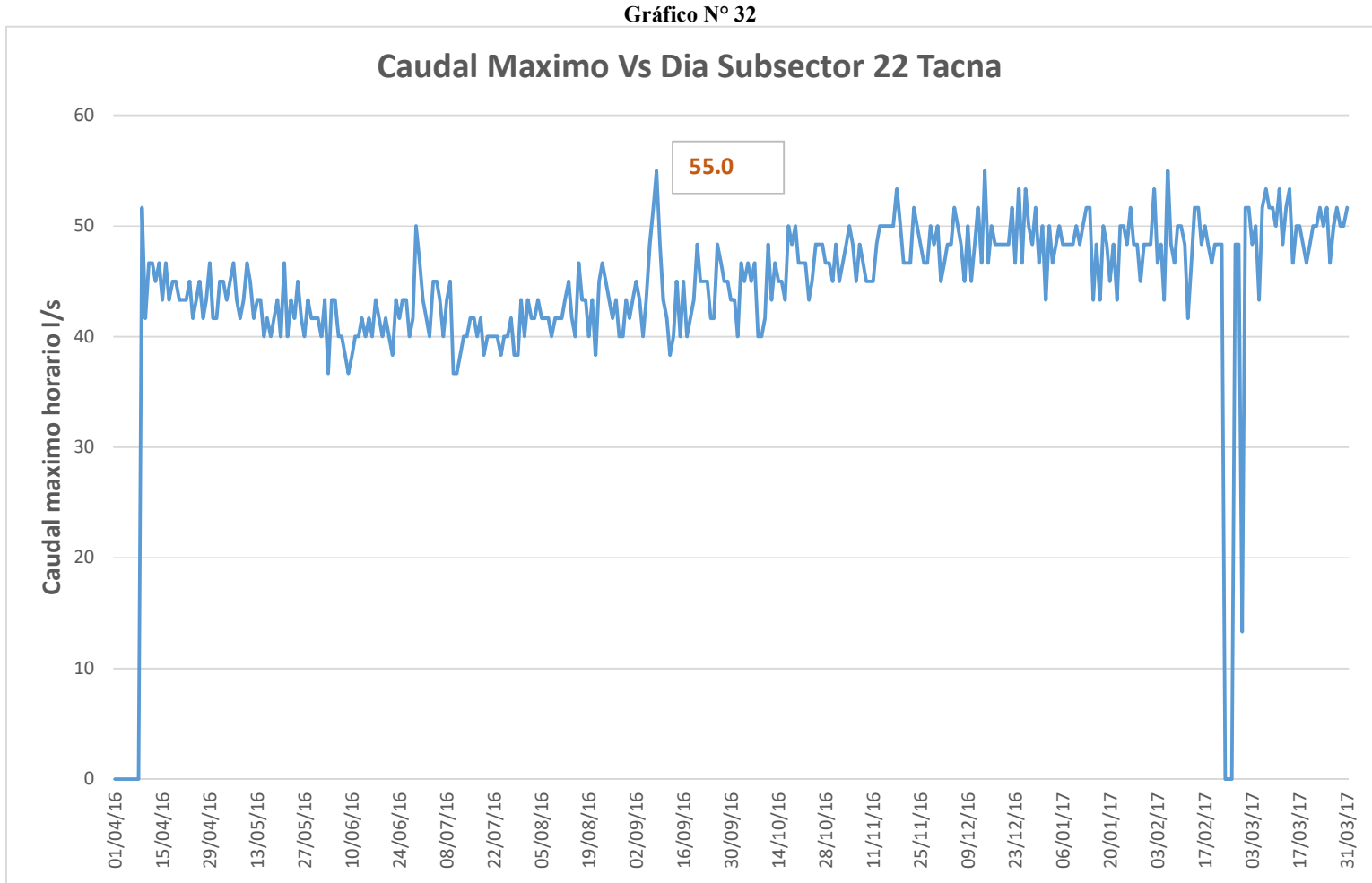
Lo cual se aprecia a continuación.

Tabla N° 9:

**CAUDAL MAXIMO HORARIO - SUBSECTOR 22 AÑO 2016**

DIAS	Abr-16	May-16	Jun-16	Jul-16	Ago-16	Set-16	Oct-16	Nov-16	Dic-16	Ene-17	Feb-17	Mar-17	
1		41.67	40.00	43.33	43.33	43.33	43.33	45.00	45.00	43.33	48.33	51.67	
2		45.00	43.33	41.67	41.67	45.00	40.00	46.67	46.67	50.00	53.33	51.67	
3		45.00	36.67	40.00	41.67	43.33	46.67	48.33	48.33	46.67	46.67	48.33	
4		43.33	43.33	45.00	43.33	40.00	45.00	50.00	48.33	48.33	48.33	50.00	
5		45.00	43.33	45.00	41.67	43.33	46.67	48.33	51.67	50.00	43.33	43.33	
6		46.67	40.00	43.33	41.67	48.33	45.00	45.00	50.00	48.33	55.00	51.67	
7		43.33	40.00	40.00	41.67	51.67	46.67	48.33	48.33	48.33	48.33	53.33	
8		41.67	38.33	43.33	40.00	55.00	40.00	46.67	45.00	48.33	46.67	51.67	
9	51.67	43.33	36.67	45.00	41.67	48.33	40.00	45.00	50.00	48.33	50.00	51.67	
10	41.67	46.67	38.33	36.67	41.67	43.33	41.67	45.00	45.00	50.00	50.00	50.00	
11	46.67	45.00	40.00	36.67	41.67	41.67	48.33	45.00	48.33	48.33	48.33	53.33	
12	46.67	41.67	40.00	38.33	43.33	38.33	43.33	48.33	51.67	50.00	41.67	48.33	
13	45.00	43.33	41.67	40.00	45.00	40.00	46.67	50.00	46.67	51.67	46.67	51.67	
14	46.67	43.33	40.00	40.00	41.67	45.00	45.00	50.00	55.00	51.67	51.67	53.33	
15	43.33	40.00	41.67	41.67	40.00	40.00	45.00	50.00	46.67	43.33	51.67	46.67	
16	46.67	41.67	40.00	41.67	46.67	45.00	43.33	50.00	50.00	48.33	48.33	50.00	
17	43.33	40.00	43.33	40.00	43.33	40.00	50.00	50.00	48.33	43.33	50.00	50.00	
18	45.00	41.67	41.67	41.67	43.33	41.67	48.33	53.33	48.33	50.00	48.33	48.33	
19	45.00	43.33	40.00	38.33	40.00	43.33	50.00	50.00	48.33	48.33	46.67	46.67	
20	43.33	40.00	41.67	40.00	43.33	48.33	46.67	46.67	48.33	45.00	48.33	48.33	
21	43.33	46.67	40.00	40.00	38.33	45.00	46.67	46.67	48.33	48.33	48.33	50.00	
22	43.33	40.00	38.33	40.00	45.00	45.00	46.67	46.67	51.67	43.33	48.33	50.00	
23	45.00	43.33	43.33	40.00	46.67	45.00	43.33	51.67	46.67	50.00	0.00	51.67	
24	41.67	41.67	41.67	38.33	45.00	41.67	45.00	50.00	53.33	50.00	0.00	50.00	
25	43.33	45.00	43.33	40.00	43.33	41.67	48.33	48.33	46.67	48.33	0.00	51.67	
26	45.00	41.67	43.33	40.00	41.67	48.33	48.33	46.67	53.33	51.67	48.33	46.67	
27	41.67	40.00	40.00	41.67	43.33	46.67	48.33	46.67	50.00	48.33	48.33	50.00	
28	43.33	43.33	41.67	38.33	40.00	45.00	46.67	50.00	48.33	48.33	13.33	51.67	
29	46.67	41.67	50.00	38.33	40.00	45.00	46.67	48.33	51.67	45.00		50.00	
30	41.67	41.67	46.67	43.33	43.33	43.33	45.00	50.00	46.67	48.33		50.00	
31		41.67		40.00	41.67		48.33		50.00	48.33		51.67	
<b>Maximo</b>	<b>51.67</b>	<b>46.67</b>	<b>50.00</b>	<b>45.00</b>	<b>46.67</b>	<b>55.00</b>	<b>50.00</b>	<b>53.33</b>	<b>55.00</b>	<b>51.67</b>	<b>55.00</b>	<b>53.33</b>	<b>55.00</b>
	<b>k2=</b>	<b>2.0538</b>											

Fuente: Datos de EPS TACNA, elaboracion propia



Elaboración propia, Datos EPS TACNA S.A.



#### 4.2 COMPROBACION DE HIPOTESIS

Para la comprobación de la Hipótesis de la presente Tesis se tomará en cuenta diversos estudios realizados para el diseño de redes de distribución en la ciudad de Tacna y se mostrará los factores K1 y K2 utilizados en los diseños de cada obra y su expediente Técnico.

**Tabla N° 10:**

#### CUADRO DE USO DE FACTORES K1 Y K2 EN LA REGION DE TACNA

<b>Item</b>	<b>Obra o Proyecto</b>	<b>K1 utilizado</b>	<b>K2 utilizado</b>
1	Proyecto: “Mejoramiento, Ampliación e Instalación de los Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado en la Asoc. de Viv. Manco Capac, Santa Rita, Av. Productores, Calle N 03, Calle Charango, Prol. Av. 28 de Agosto, Calle Ramos y Capanique y la Calle 01(06), Av. Luis Banchemo Rossi, Calle Colombia, Av. Industrial Tramo Cahuide hasta la Av. Jorge Basadre, Distrito de Pocollay - Tacna – Tacna” de la Municipalidad Distrital de Pocollay.	1.3	1.8
2	“Instalación del Servicio de Agua Potable y Desagüe en la Habilitación Urbana Los Álamos II Etapa, Distrito Tacna, Tacna – Tacna” de la Urbanizadora Los Portales	1.3	2.5
3	“Rehabilitación de la Capacidad de Prestación del Servicio de Agua Potable y Alcantarillado en la Junta Vecinal Virgen del Carmen, Distrito de Tacna - Tacna - Tacna” de la EPS TACNA S.A.	1.3	1.8
4	Instalación del Servicio de Redes de Agua Potable y Alcantarillado en la Asoc. de Vivienda San Carlos Sector Silpay, Distrito De Gregorio Albarracín,	1.3	1.8

	Provincia de Tacna – Tacna de Inversión Privada		
5	“Renovación y Mejoramiento de las Redes de Agua Potable y Alcantarillado en el Centro Histórico de Tacna – II Etapa” de la EPS TACNA S.A.	1.2	2.0
6	“Mejoramiento del Servicio de Agua Potable y Alcantarillado en las Asociaciones de Vivienda Túpac Amaru y Virgen de la Asunta, Distrito de Alto de la Alianza – Tacna” de la Municipalidad Distrital de Alto de la Alianza	1.2	2.0
7	Mejoramiento de las Redes de Agua y Desagüe de la Ampliación Ciudad Nueva, Distrito de Ciudad Nueva – Tacna – Tacna de la Municipalidad Distrital de Ciudad Nueva	1.3	1.8
8	Ampliación de Redes de Agua Potable e Instalación de la Red de Alcantarillado en el Asentamiento Humano Asociación del Frente Único de las Siete Asociaciones de Vivienda del Cono Norte, Distrito de Ciudad Nueva – Tacna – Tacna de la Municipalidad Distrital de ciudad Nueva.	1.3	2.5
9	“Memoria de Cálculo del “Expediente Técnico de Redes Secundarias de Agua Potable y Alcantarillado de la Habilitación Urbana La Planicie de Tacna III Etapa” de la Urbanizadora Los Portales.	1.3	1.8
10	Instalación Redes de Agua Potable y Alcantarillado en el Fundo San Pablo Inversión Privada	1.3	1.8
11	“Renovación de Redes de Agua Potable y Alcantarillado con Conexiones Domiciliarias de la Junta Vecinal La Victoria de la Ciudad de Tacna – Tacna” de la EPS TACNA S.A.	1.3	2.0
12	Renovación y Ampliación de Redes en La Calle San Hilarión de Tacna de la EPS TACNA S.A.	1.3	1.8

13	“Mejoramiento del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado en la Asoc. De Viv. San Pedro San Pablo y Asoc. de Viv. San Juan de Dios del distrito de Alto de la Alianza – Tacna”. De la Municipalidad Distrital de Alto de la Alianza	1.3	1.8
14	Ampliación de Redes de Agua Potable y Alcantarillado con Conexiones Domiciliarias en la Asociación de Vivienda Guisa Hume de la Provincia de Tacna Inversión Privada	1.3	1.8
15	“Rehabilitación de las Redes de Agua Potable y Alcantarillado en las Asociaciones de Vivienda Señor de Los Milagros, Asociación Ramón Copaja y Coop. de Vivienda Gregorio Albarracín del Sector V del Distrito Alto de la Alianza” de la Municipalidad Distrital de Alto de la Alianza	1.3	1.8

Fuente: Banco de Proyectos de la EPS TACNA S.A., elaboración propia

Como se puede apreciar en el cuadro precedente las diversas entidades y sus proyectistas incluido la Empresa Prestadora de Servicios Tacna S.A. (EPS TACNA S.A.) adopta factores de consumo K1 y K2, sobretodo el factor K2 diferentes en cada expediente, este factor K2 está relacionado con el caudal máximo horario que es usado como caudal de diseño de las redes de distribución de agua potable, no estando estandarizado este factor.

Como se pudo demostrar en la presente tesis los coeficientes a considerar deberían ser  $K1=1.33$  y  $K2=2.05$  para nuestra ciudad de Tacna, lo cual contribuirá a diseños más óptimos y hasta en algunos casos más económicos.

Se aprecia también que algunos proyectistas consideran como factor K2 un valor de 2.5, el valor máximo, sin ningún sustento técnico solo probablemente por seguridad.

# **CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 CONCLUSIONES

- Se concluye con el procedimiento realizado, así como con la información disponible de un factor K1 correspondiente al Caudal Máximo horario de  $K1=1.33$ , el cual es similar a lo indicado en el RNE en donde se indica  $K1=1.30$
- Se concluye con el procedimiento realizado, y con la información disponible de un factor K2 correspondiente al Caudal máximo horario de  $K2=2.05$  estando dentro de lo indicado en el RNE en donde se establece un rango entre 1.8 a 2.5.
- Se determinó que los expedientes técnicos que se han estado realizando en la región Tacna, ha estado usando valores diferentes de K2, lo cual podría optimizarse con la finalidad de que dichos diseños sean más eficientes y más óptimos.
- El uso de macromedidores electromagnéticos permite el control de los caudales de distribución y volúmenes distribuidos de manera más exacta, así mismo el uso de tecnologías como registradores con tecnología de comunicación GPRS, permiten un control y registro más adecuado.

### 5.2 SUGERENCIAS Y RECOMENDACIONES

- Se recomienda que, en los futuros expedientes técnicos, y memorias de cálculo se utilicen los factores de variación de consumos determinados en la presente investigación como son  $K1=1.33$  y  $K2=2.05$ , los cuales están fundamentados en información real de campo que se asemeja más a la realidad de la ciudad de Tacna, como lo indica la norma respectiva del Reglamento Nacional de Edificaciones.
- Se recomienda realizar nuevos cálculos de determinación de los factores K1 y K2 para otros sectores de la ciudad en donde se tenga

diferentes niveles socio económicos o diferentes usos y costumbres, sin embargo, esto está ligado a la información disponible.

- Se recomienda el uso de macromedidores de tipo electromagnético por su mejor precisión y exactitud, y lo robusto de su electrónica, así como de registradores para obtener las variaciones horarias.
- Teniendo en consideración que se requiere para el sector de análisis un  $Q_{prom}=27.69$  lt/seg, lo que representa un volumen diario de  $2392\text{m}^3/\text{día}$ , y teniendo en consideración la norma OS.030 “Almacenamiento de agua para consumo humano” se tendría una capacidad de diseño de  $598\text{m}^3$ , o  $600\text{m}^3$ , el reservorio existente R5 posee una capacidad de  $600\text{m}^3$ , sin embargo este reservorio abastece a otros sectores de distribución mediante dos salidas , por lo que se concluye que su capacidad actual no es suficiente para las zonas abastecidas recomendandose aumentar su capacidad actual.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Centro Panamericano de ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), Macromedición, proyecto de actividades, Organización Panamericana de la Salud, Lima, diciembre 1986
- Código Ecuatoriano de la Construcción de Obras Sanitarias Parte IX, Normas para Estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes, 1992
- Gerardo Ahumada Theoduloz, Jaime Hernández Rodríguez, Estimación de Coeficientes de Demanda de Sistemas de Agua Potable – Chile, , octubre 2002
- Norma Boliviana 689, Instalaciones de Agua – Diseño para Sistemas de Agua Potable, Ministerio del Agua, diciembre 2004.
- Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma OS.050 Redes de distribución de agua para consumo humano.
- Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma OS.100, Consideraciones básicas de diseño de infraestructura sanitaria.
- Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS Título B Sistemas de Acueducto, Bogotá 2010
- Simón Arocha Ravelo, Abastecimiento de Agua, Universidad Central de Venezuela, noviembre 1977.
- Universidad Nacional de Ingeniería, Actualización de los Parámetros Básicos de Diseño del Reglamento de elaboración de Proyectos de Agua Potable y Alcantarillado para Habilitaciones Urbanas de Lima Metropolitana y Callao, Convenio UNI-SEDAPAL, noviembre 2007.

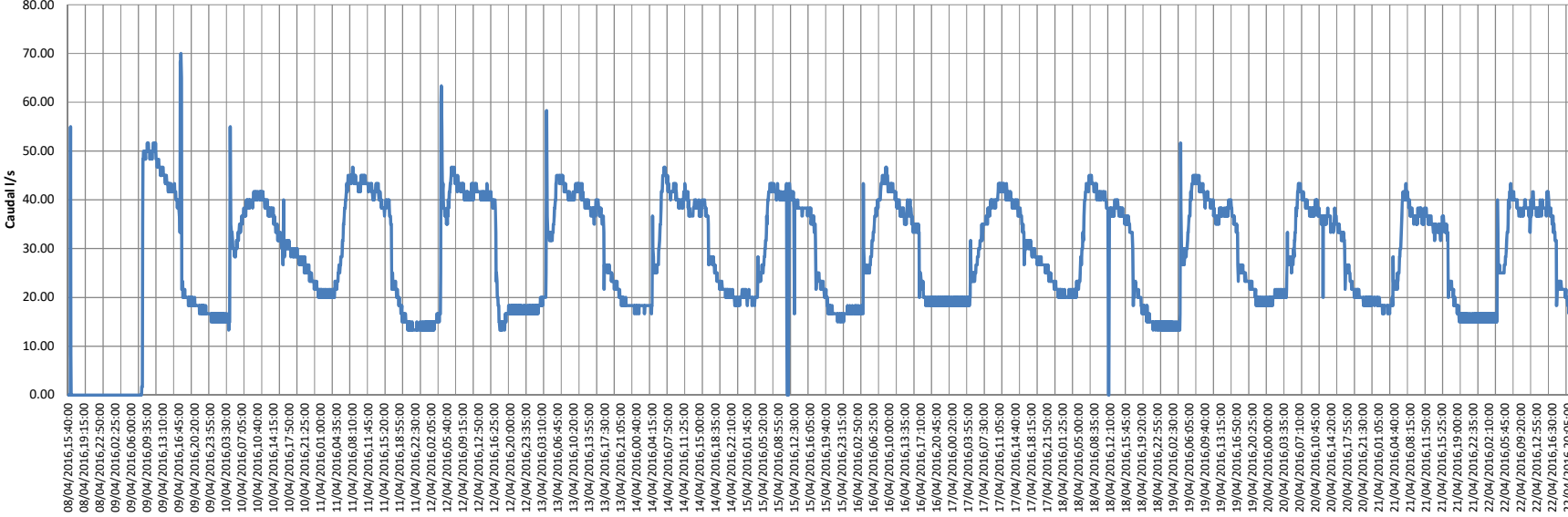
## ANEXOS.

- A.1 Graficas de la información de caudales disponibles.
- A.2 Graficas de consumo de agua diario
- A.3 Plano de ubicación y localización de la zona de estudio.
- A.4 Plano de redes de agua potable de la zona de estudio.
- A.5 Matriz de consistencia del Informe final de tesis.
- A.6 Cuadro de operacionalización de variables.

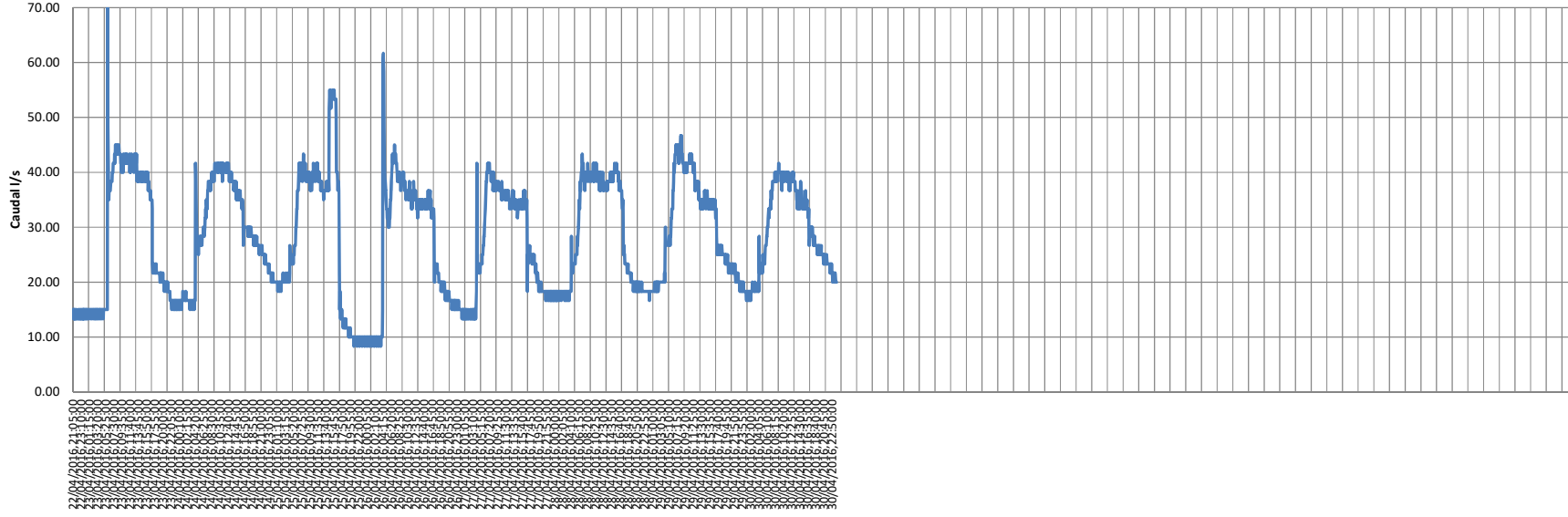


## **Anexo A.1: Graficas de la información de caudales disponibles**

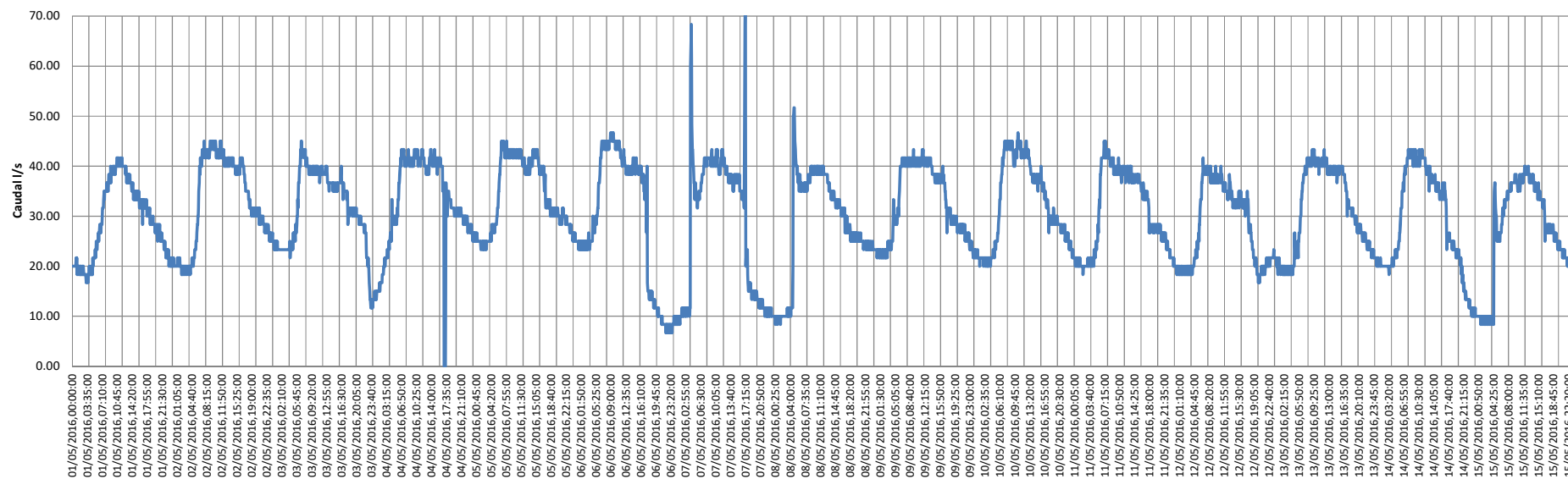
Caudal de salida de Reservoir R5 tub. ø8" Mes de Abril 2016



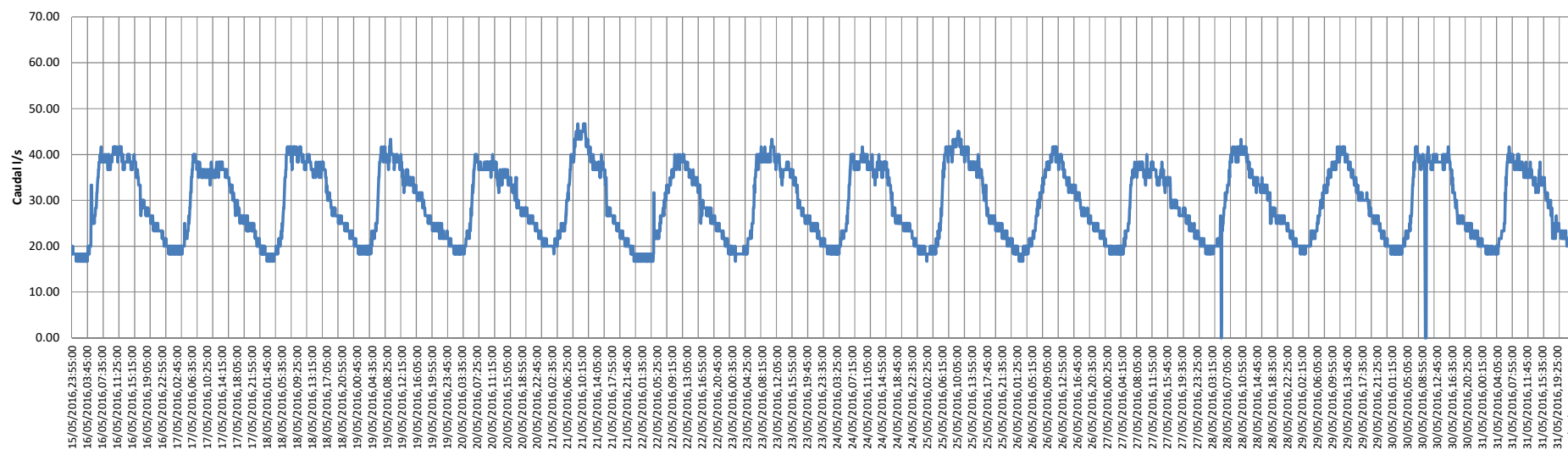
Caudal de salida de Reservoir R5 tub. ø8" Mes de Abril 2016



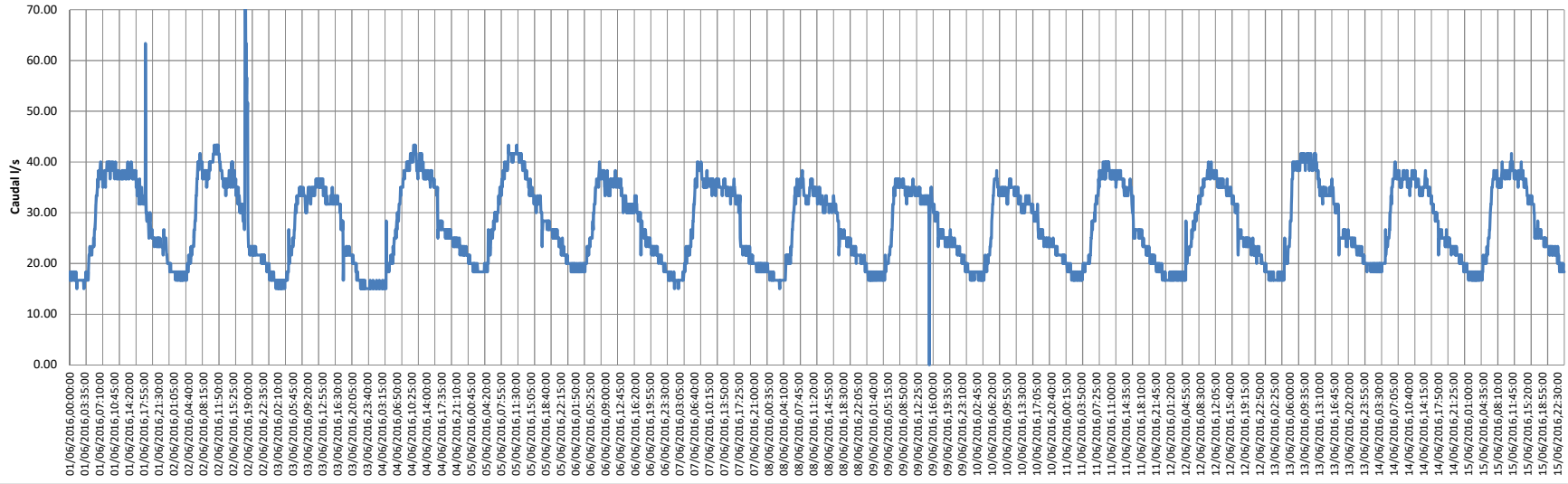
**Caudal de salida de Reservoir R5 tub. ø8" Mes de Mayo 2016**



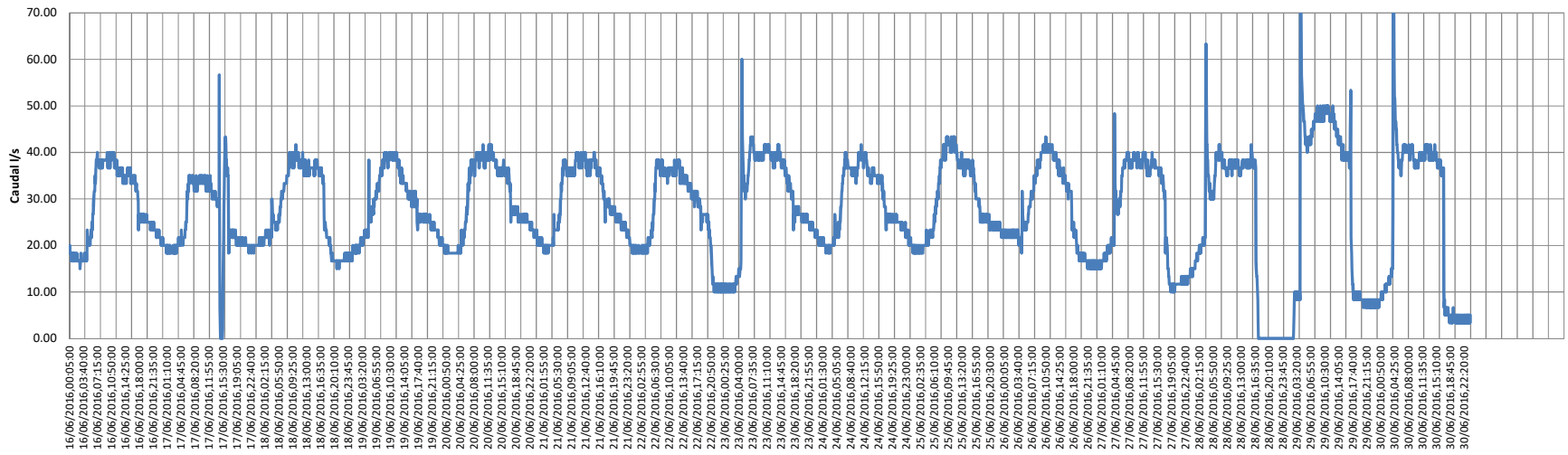
**Caudal de salida de Reservoir R5 tub. ø8" Mes de Mayo 2016**



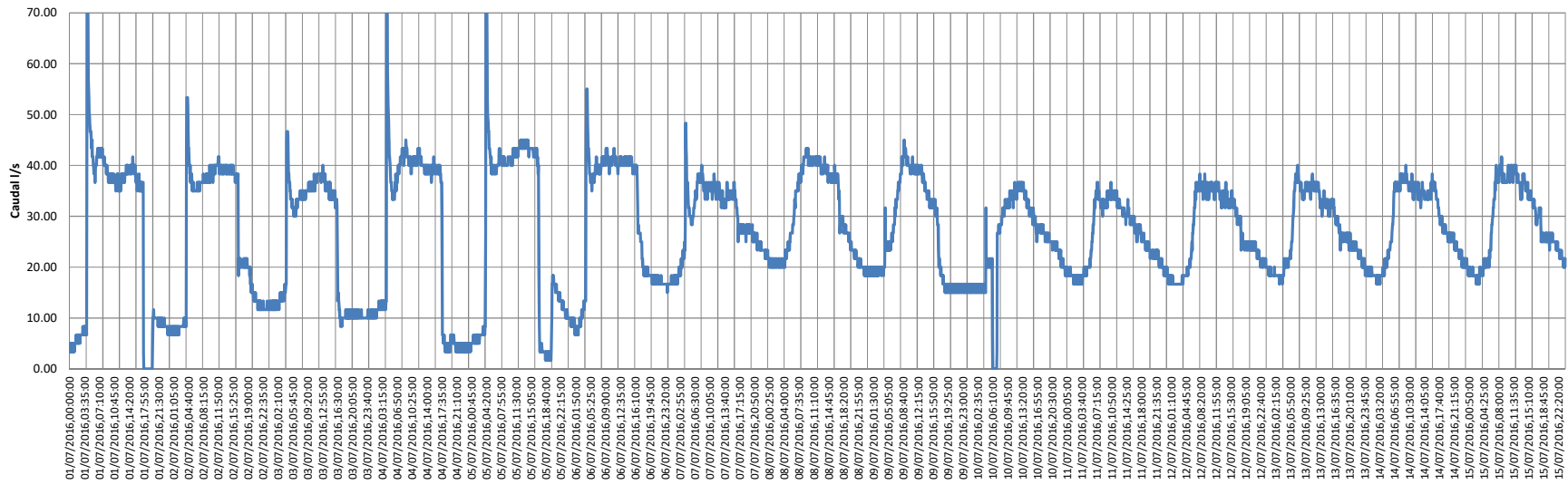
Caudal de salida de Reservorio R5 tub. ø8" Mes de Junio 2016



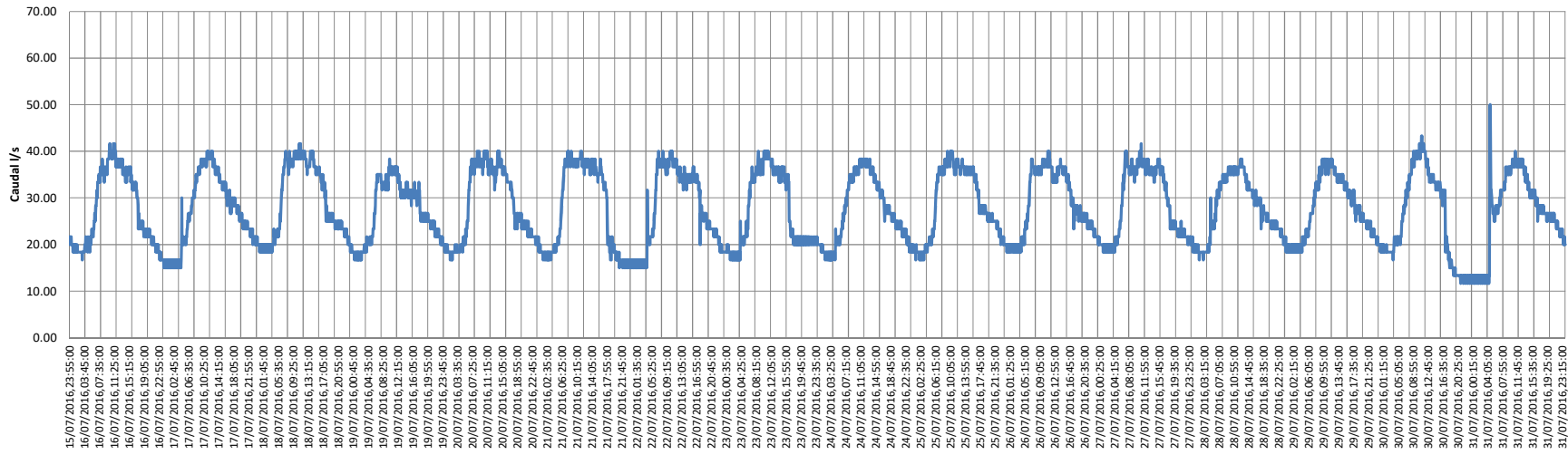
Caudal de salida de Reservorio R5 tub. ø8" Mes de Junio 2016



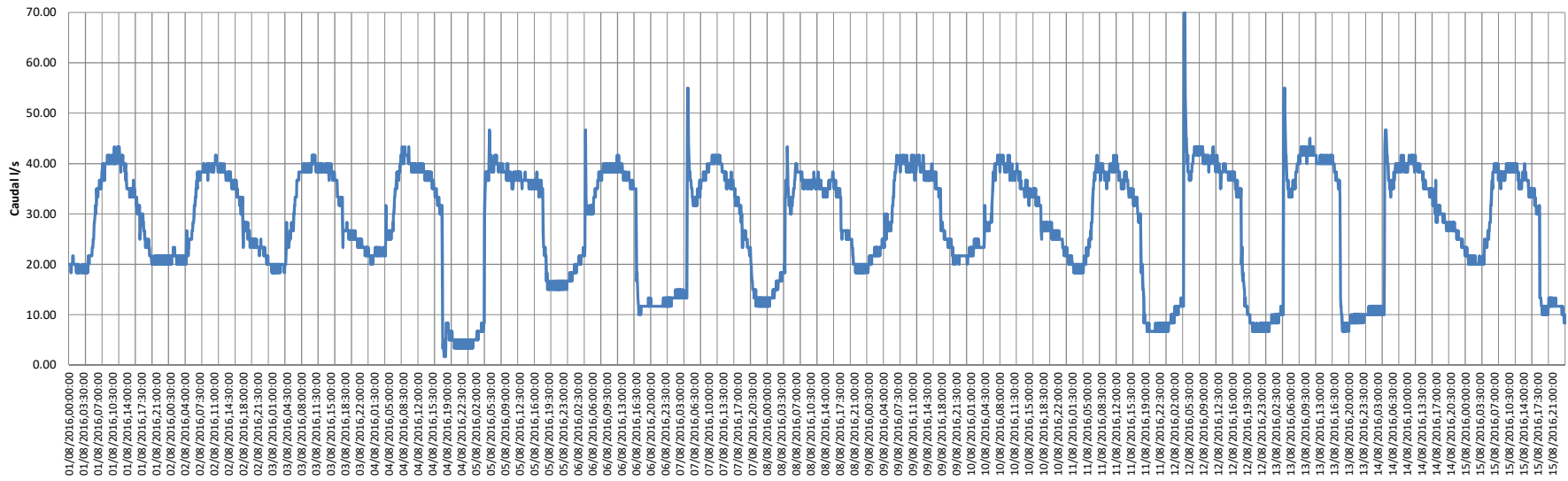
Caudal de salida de Reservoir R5 tub. ø8" Mes de Julio 2016



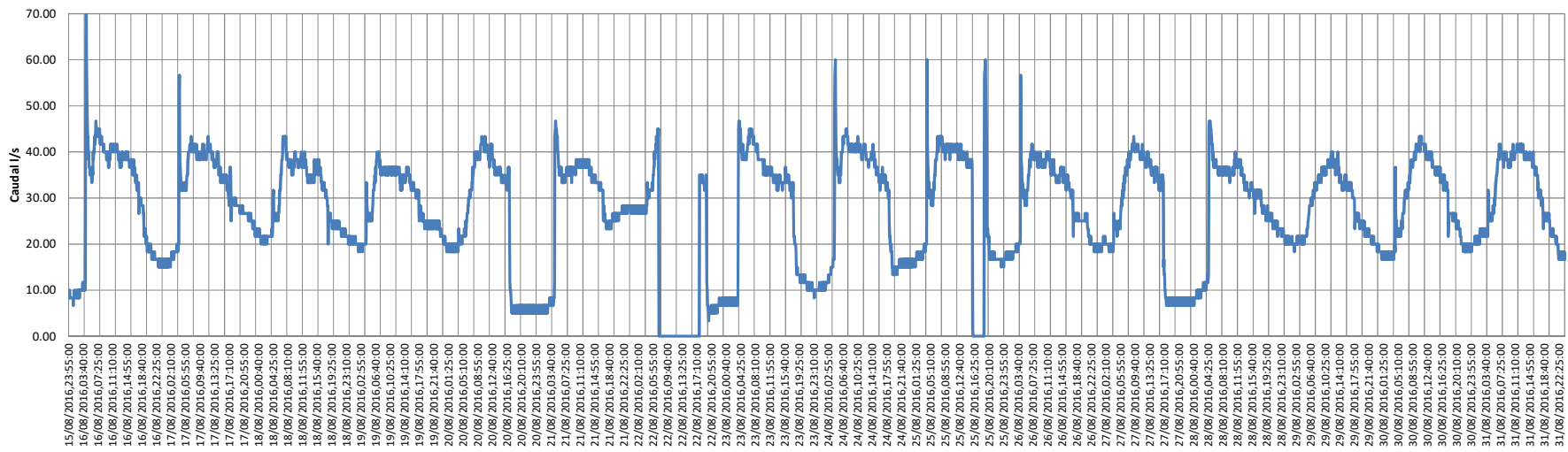
Caudal de salida de Reservoir R5 tub. ø8" Mes de Julio 2016



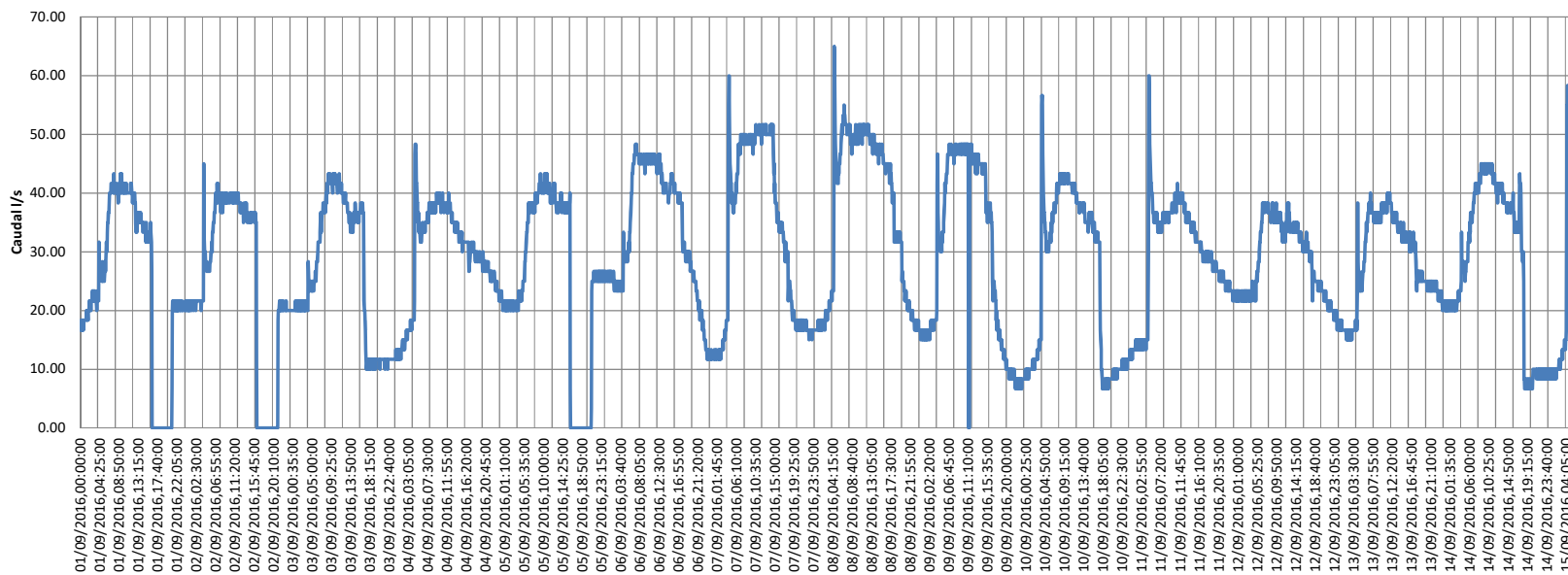
**Caudal de salida de Reservoir R5 tub. ø8" Mes de Agosto 2016**



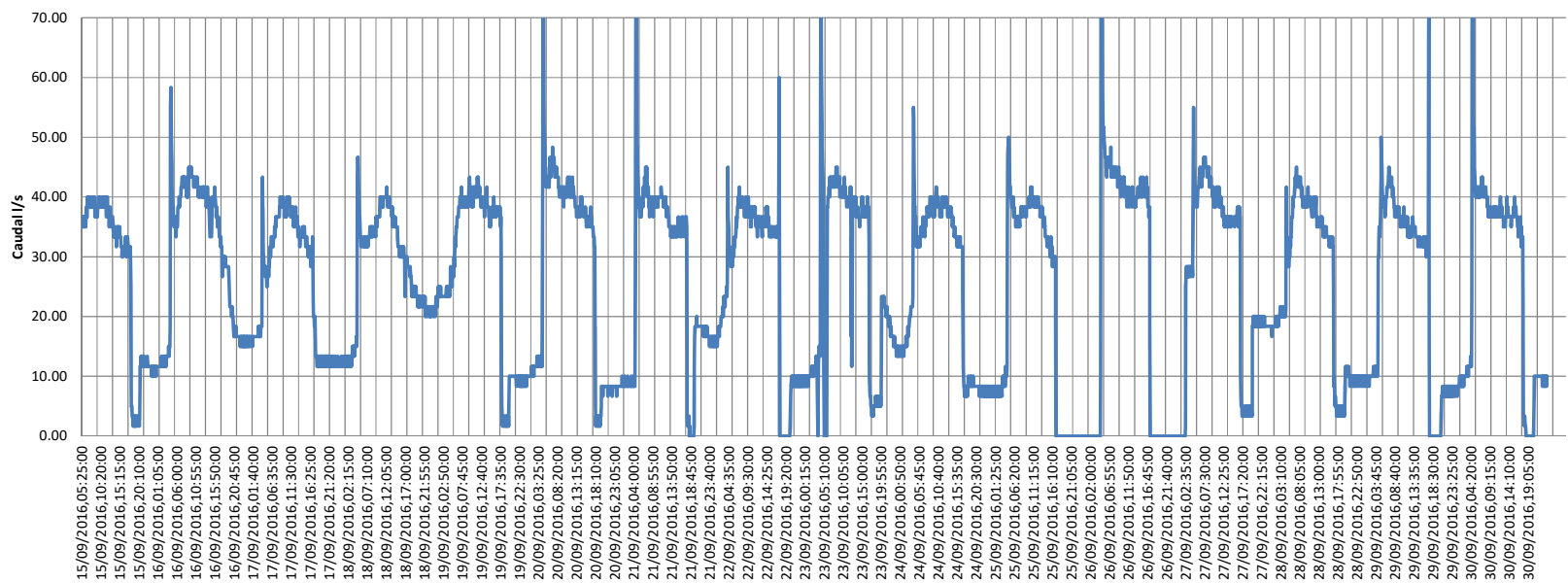
**Caudal de salida de Reservoir R5 tub. ø8" Mes de Agosto 2016**



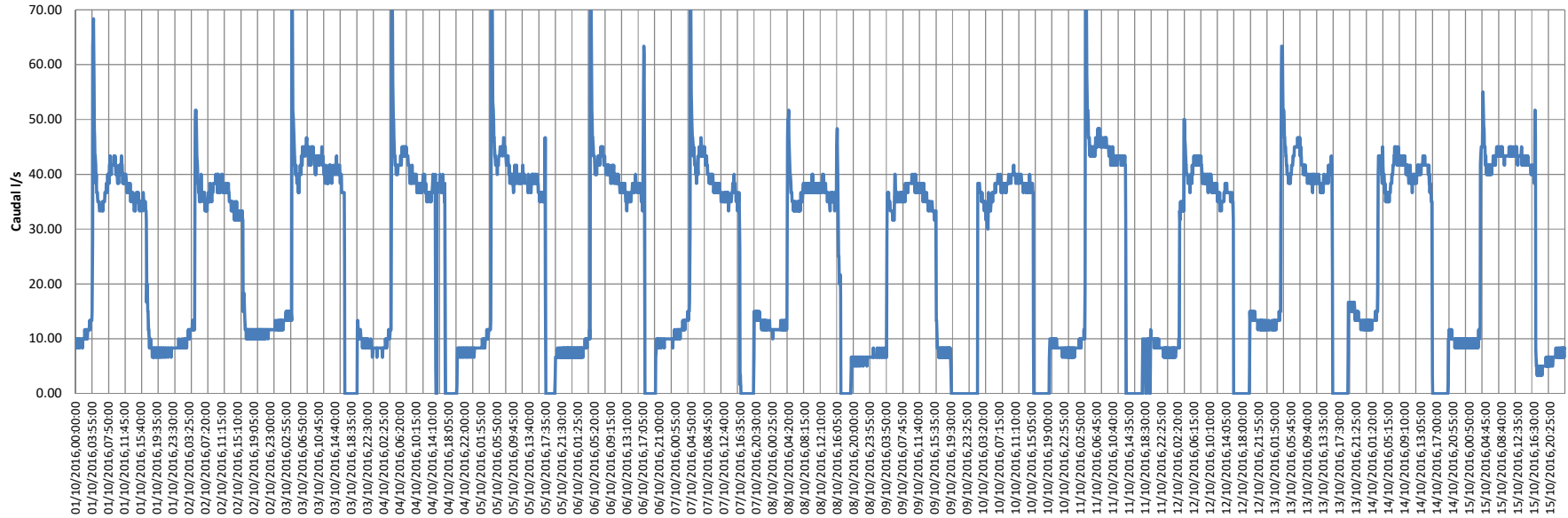
**Caudal de salida de Reservoir R5 tub. ø8" Mes de Setiembre 2016**



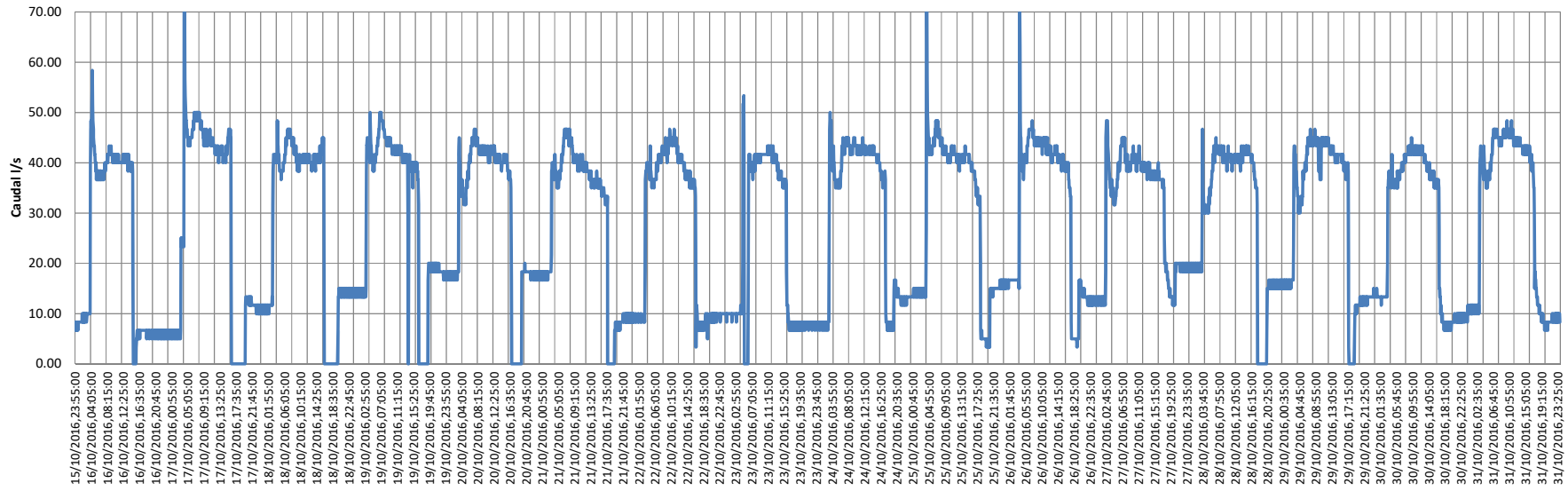
**Caudal de salida de Reservoir R5 tub. ø8" Mes de Setiembre 2016**



**Caudal de salida de Reservorio R5 tub. ø8" Mes de Octubre 2016**

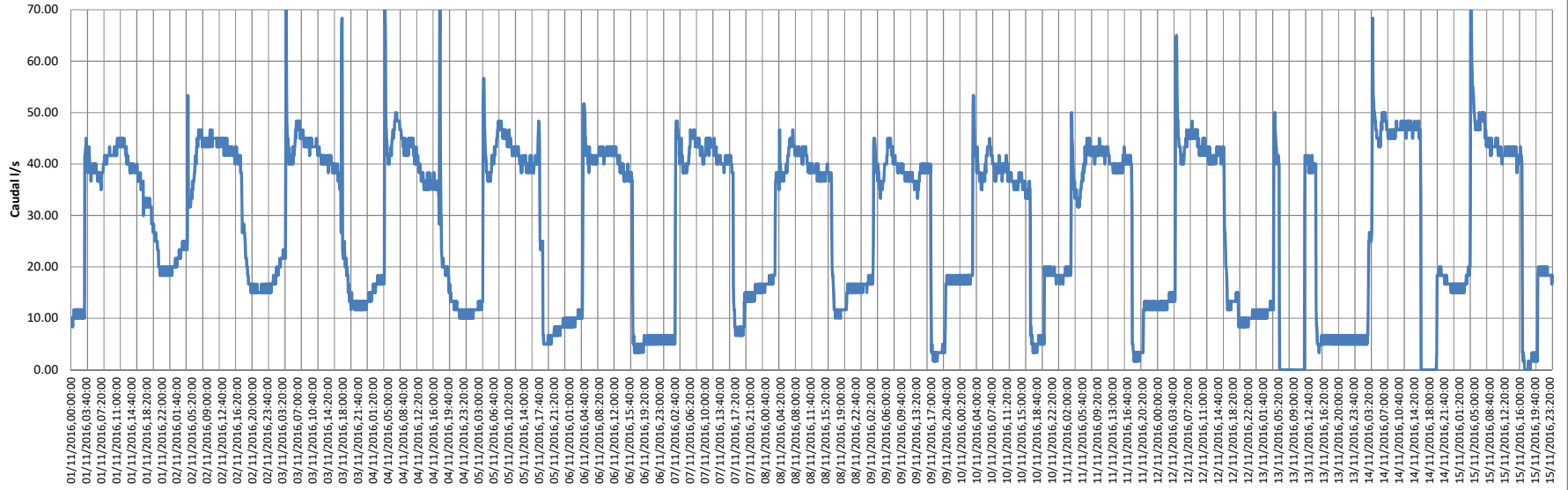


**Caudal de salida de Reservorio R5 tub. ø8" Mes de Octubre 2016**

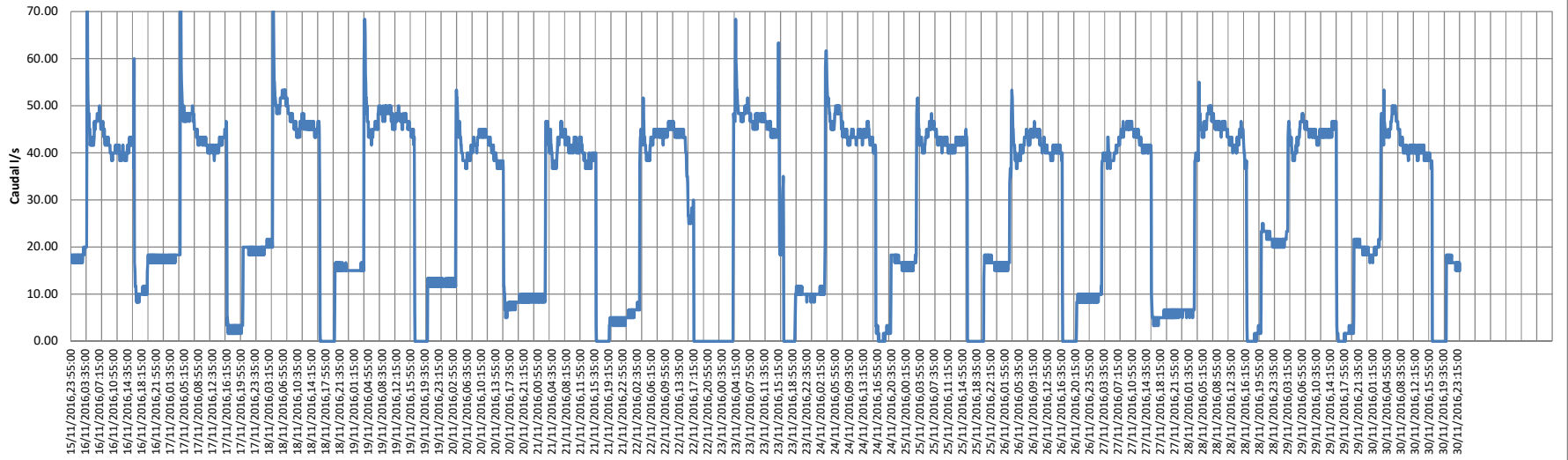




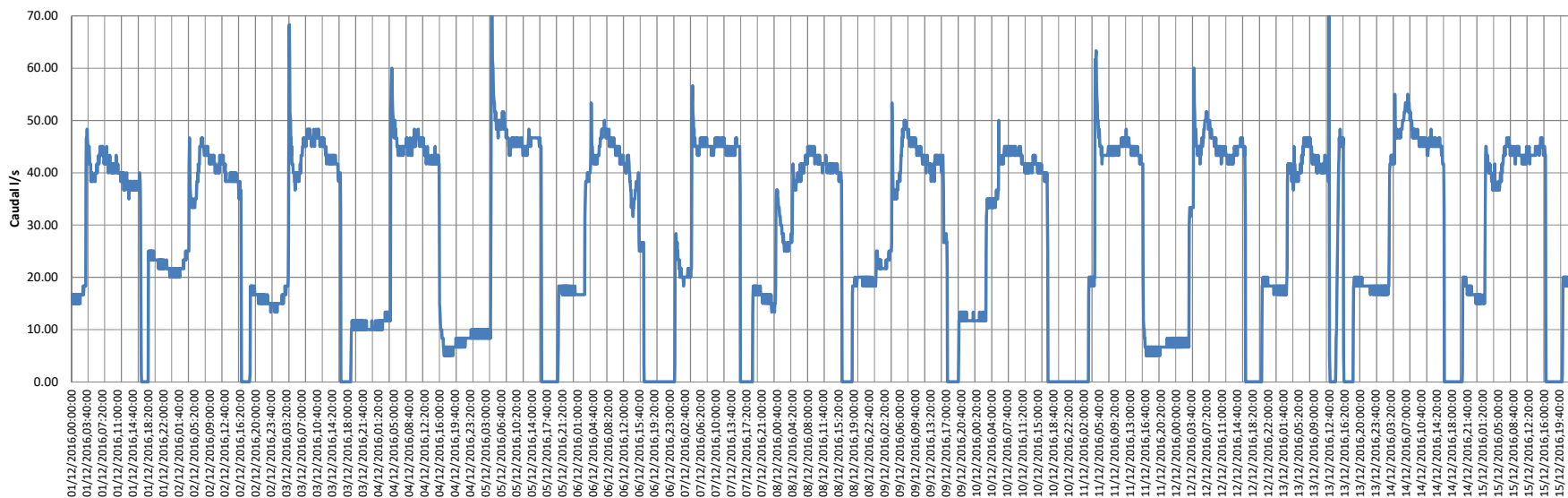
**Caudal de salida de Reservoirio R5 tub. ø8" Mes de Noviembre 2016**



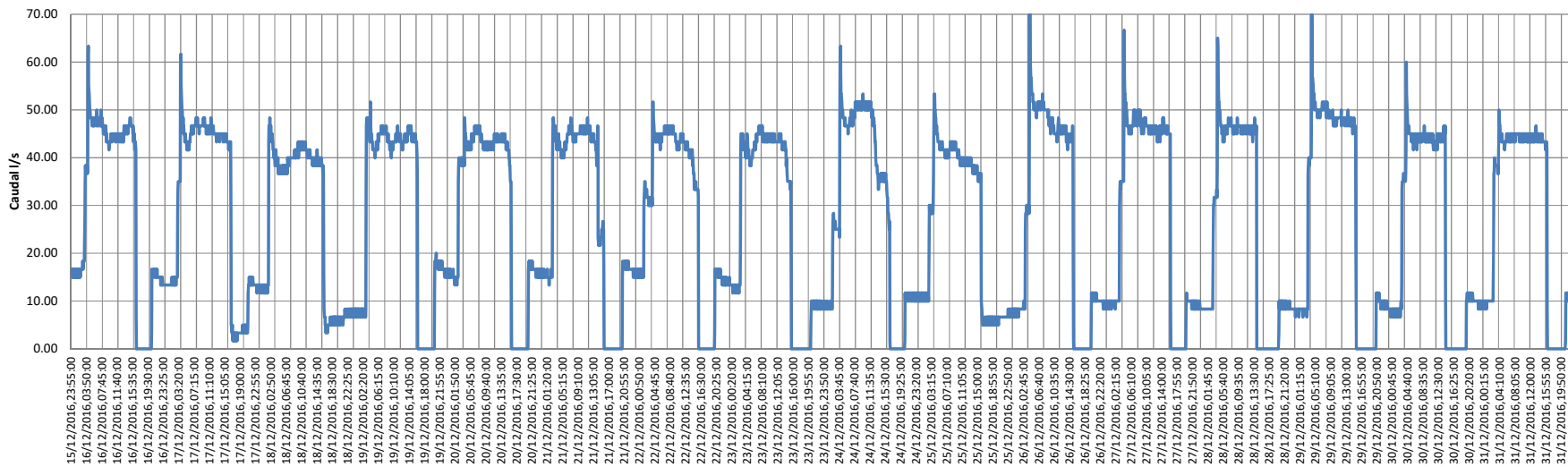
**Caudal de salida de Reservoirio R5 tub. ø8" Mes de Noviembre 2016**



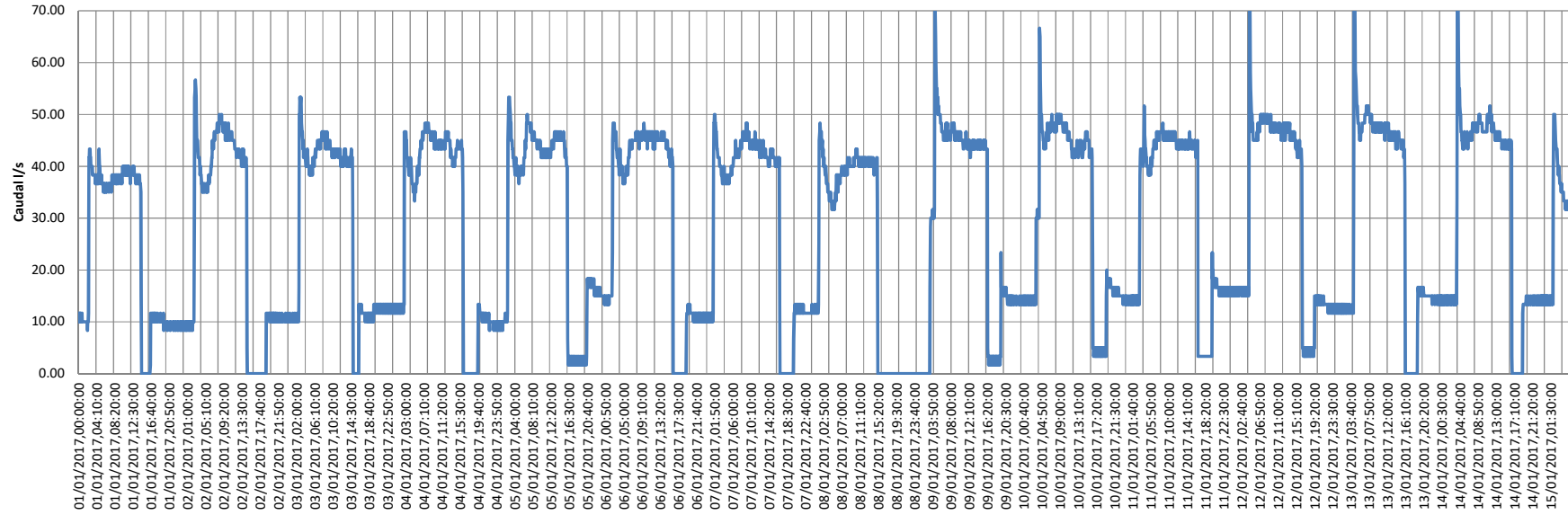
**Caudal de salida de Reservorio R5 tub. ø8" Mes de Diciembre 2016**



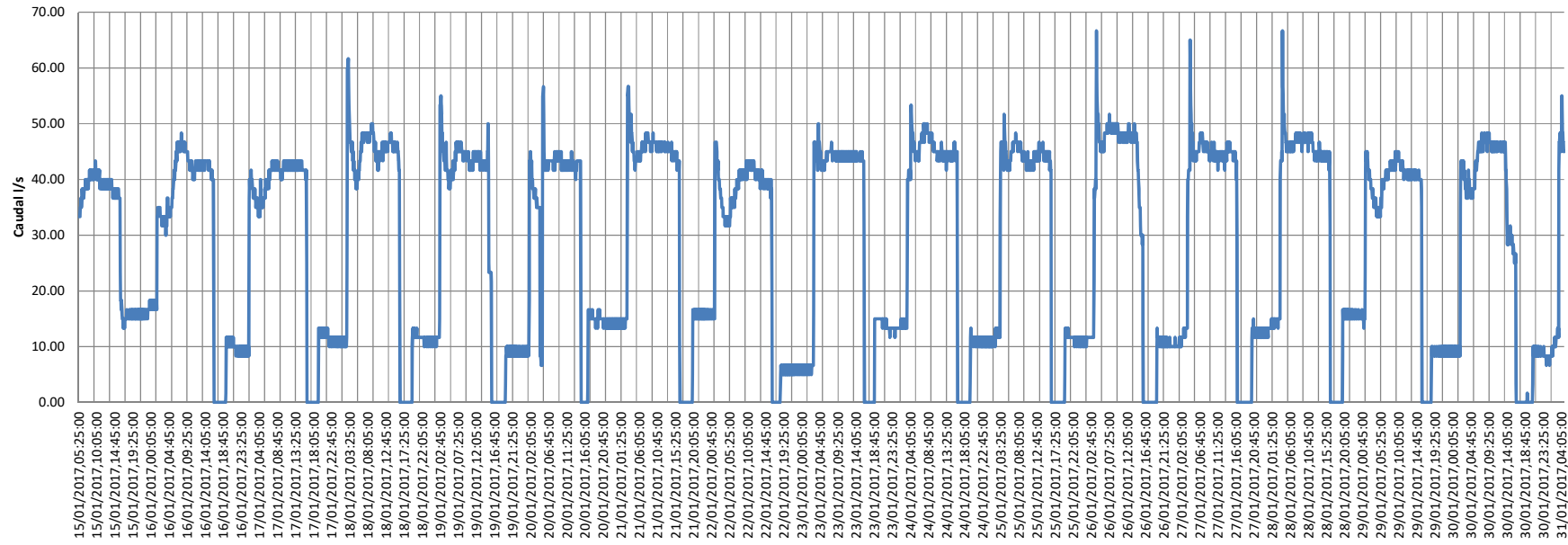
**Caudal de salida de Reservorio R5 tub. ø8" Mes de Diciembre 2016**



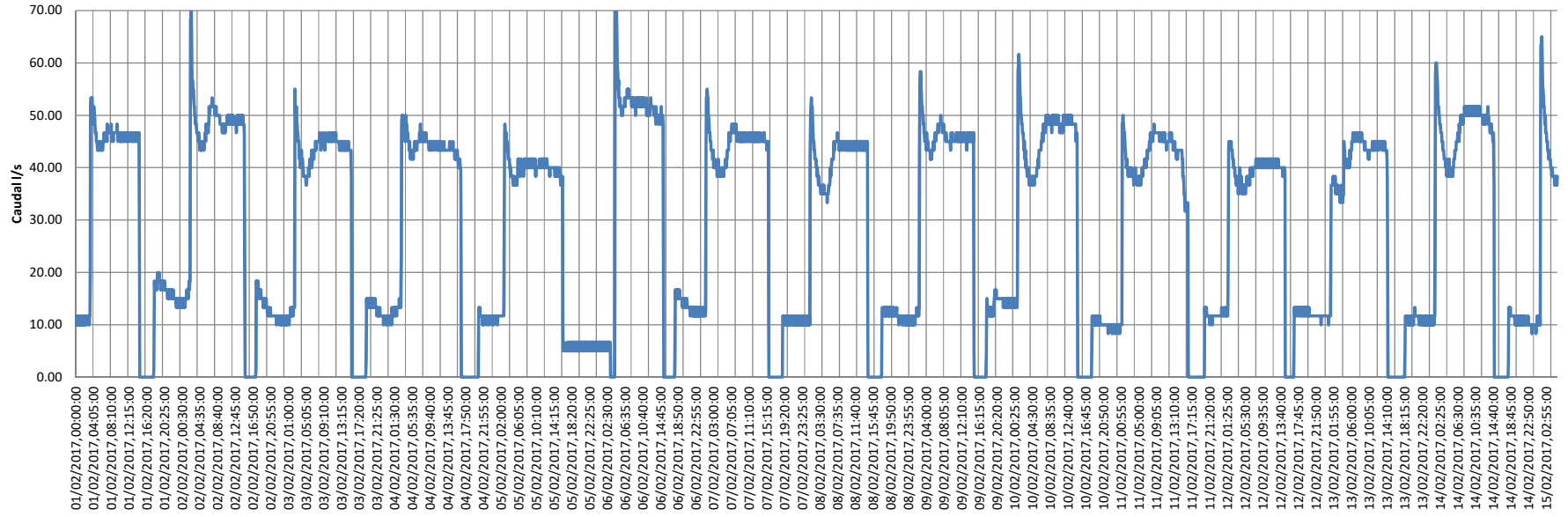
**Caudal de salida de Reservorio R5 tub. ø8" Mes de Enero 2017**



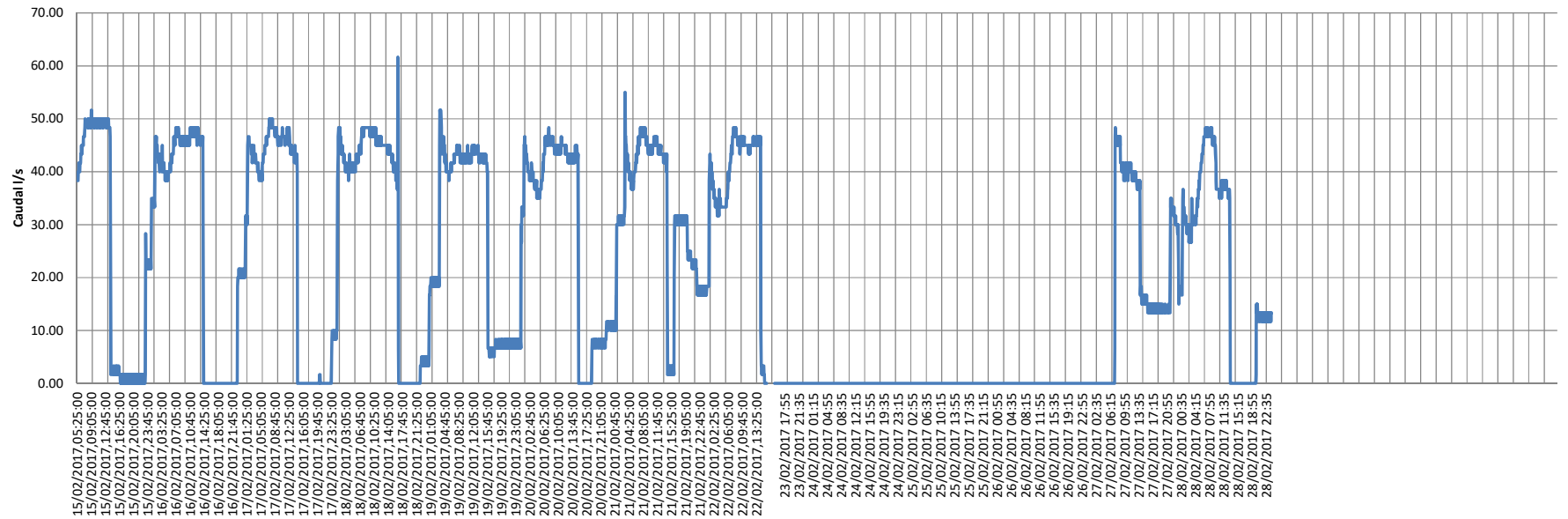
**Caudal de salida de Reservorio R5 tub. ø8" Mes de Enero 2017**



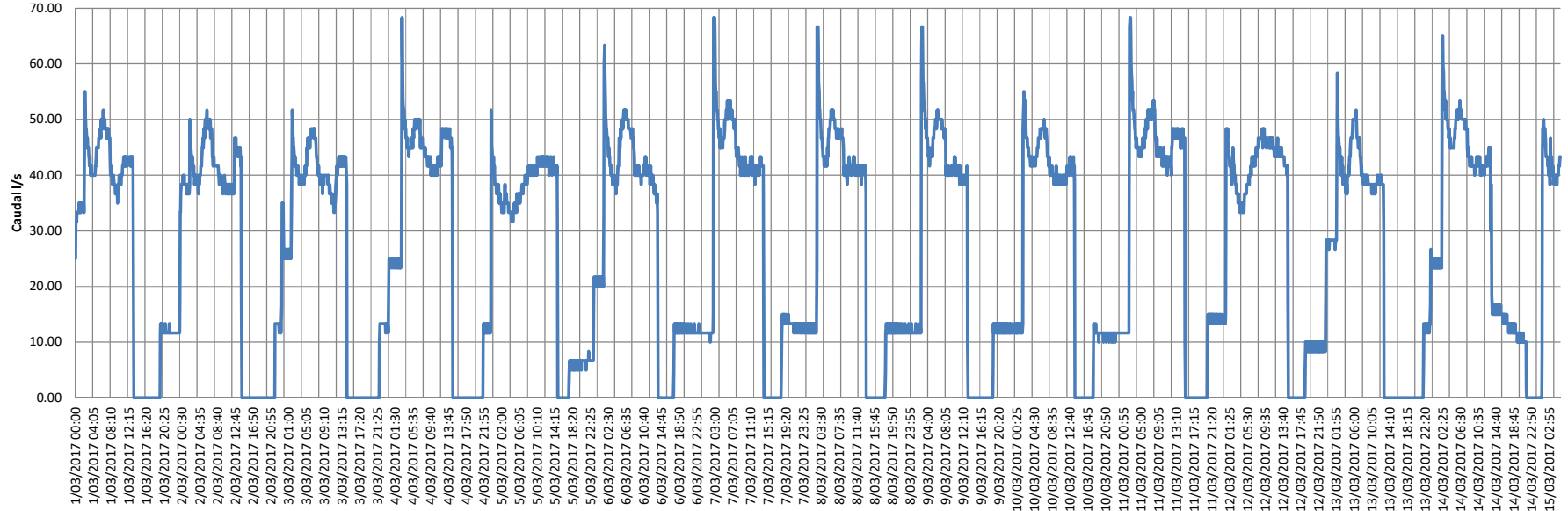
**Caudal de salida de Reservorio R5 tub. ø8" M es de Febrero 2017**



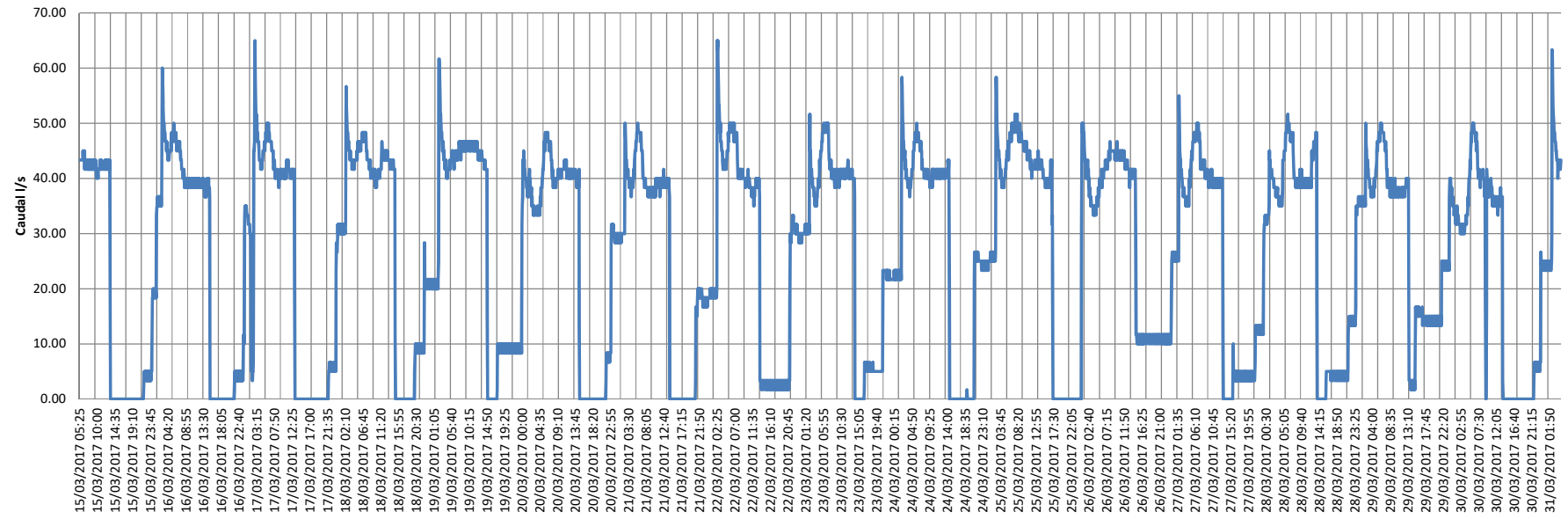
**Caudal de salida de Reservorio R5 tub. ø8" M es de Febrero 2017**



**Caudal de salida de Reservorio R5 tub. ø8" M es de Marzo 2017**



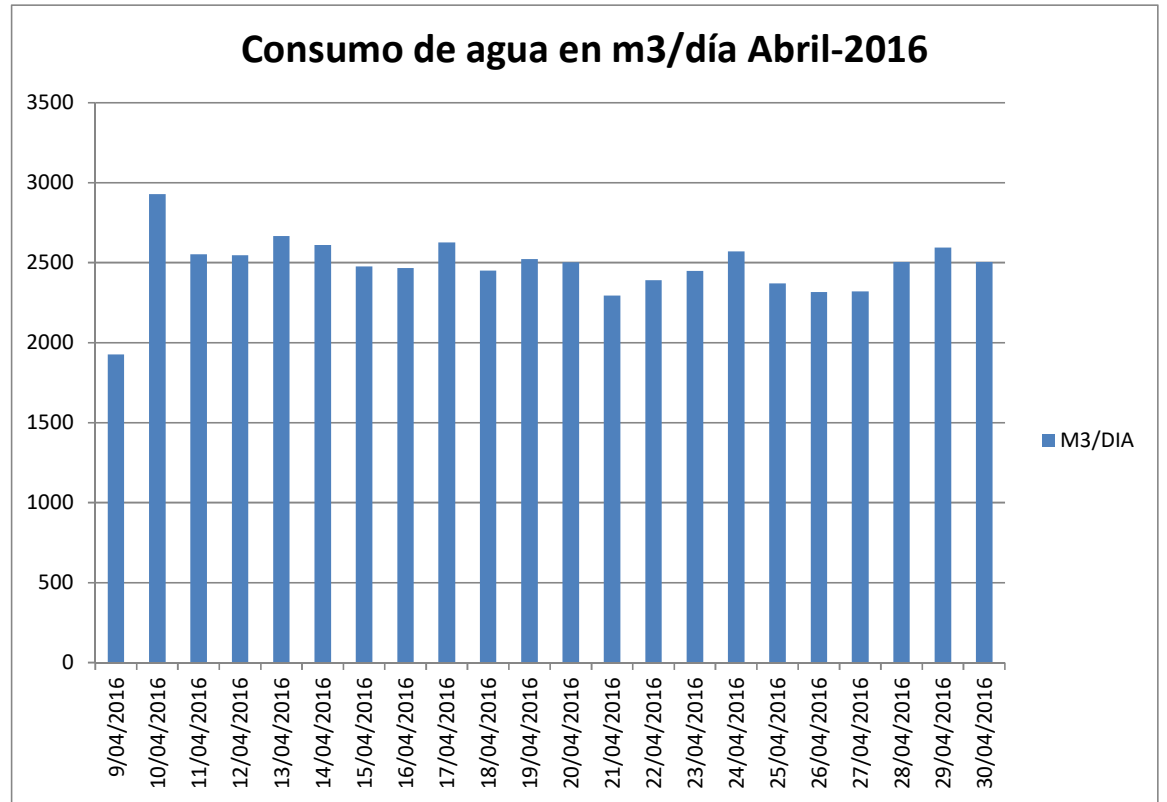
**Caudal de salida de Reservorio R5 tub. ø8" Mes de Marzo 2017**



## **Anexo A.2: Graficas de consumo de agua diario**

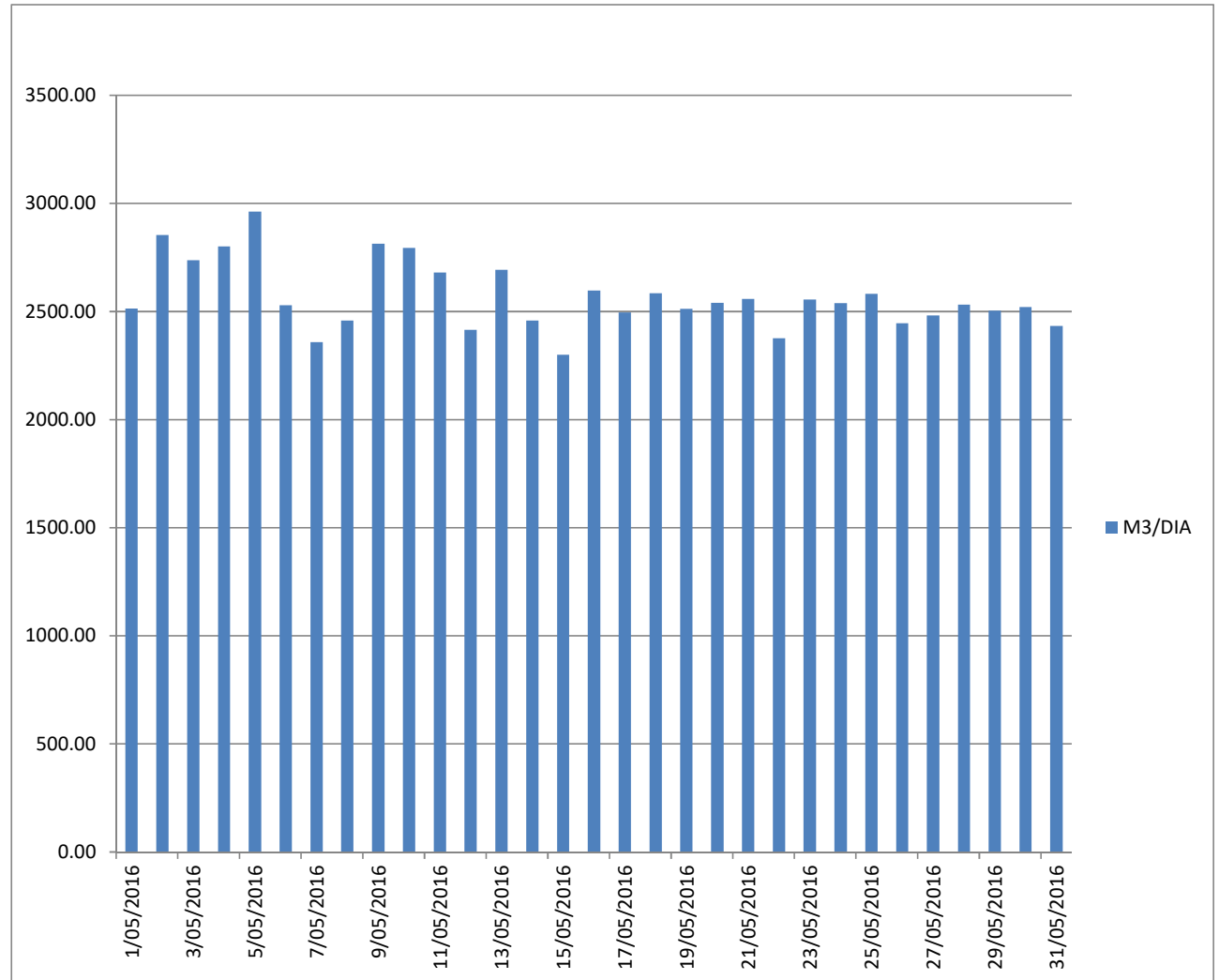
## DATOS DE CONSUMO DE AGUA DIARIO MES DE ABRIL-2016

FECHA	M3/DIA	Q PROMEDIO	Q MAX
9/04/2016	1927.00	22.30	51.67
10/04/2016	2928.00	33.89	41.67
11/04/2016	2553.00	29.55	46.67
12/04/2016	2547.00	29.48	46.67
13/04/2016	2668.00	30.88	45.00
14/04/2016	2612.50	30.24	46.67
15/04/2016	2476.00	28.66	43.33
16/04/2016	2468.00	28.56	46.67
17/04/2016	2627.00	30.41	43.33
18/04/2016	2450.00	28.36	45.00
19/04/2016	2524.00	29.21	45.00
20/04/2016	2502.00	28.96	43.33
21/04/2016	2294.50	26.56	43.33
22/04/2016	2391.50	27.68	43.33
23/04/2016	2448.00	28.33	45.00
24/04/2016	2570.01	29.75	41.67
25/04/2016	2371.50	27.45	43.33
26/04/2016	2316.50	26.81	45.00
27/04/2016	2320.99	26.86	41.67
28/04/2016	2503.99	28.98	43.33
29/04/2016	2595.50	30.04	46.67
30/04/2016	2503.49	28.98	41.67



### DATOS DE CONSUMO DE AGUA DIARIO MES DE MAYO-2016

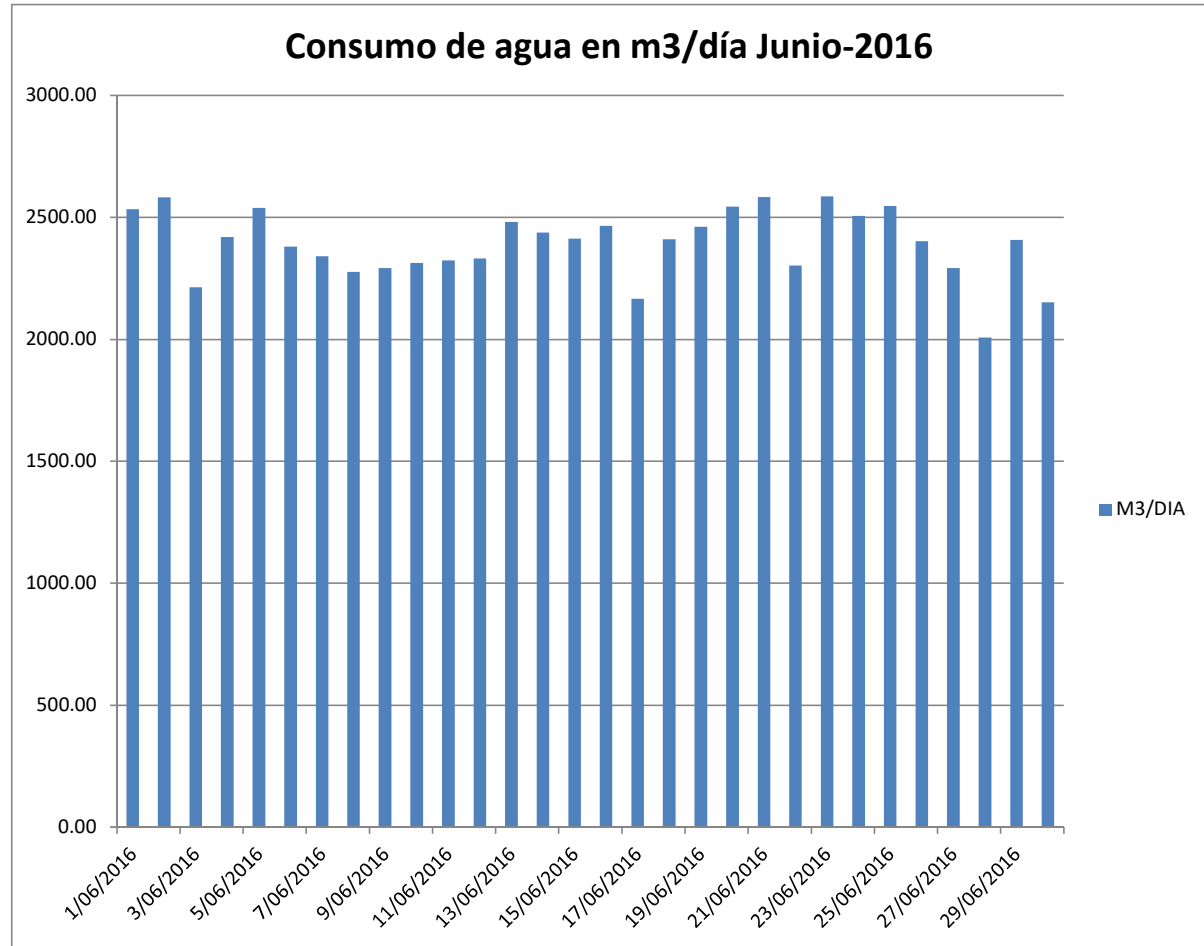
FECHA	M3/DIA	Q PROMEDIO	Q MAX
1/05/2016	2514.00	29.10	41.67
2/05/2016	2852.50	33.02	45.00
3/05/2016	2737.00	31.68	45.00
4/05/2016	2800.00	32.41	43.33
5/05/2016	2961.50	34.28	45.00
6/05/2016	2530.00	29.28	46.67
7/05/2016	2359.00	27.30	73.33
8/05/2016	2457.50	28.44	51.67
9/05/2016	2813.50	32.56	43.33
10/05/2016	2794.50	32.34	46.67
11/05/2016	2679.50	31.01	45.00
12/05/2016	2415.00	27.95	41.67
13/05/2016	2692.50	31.16	43.33
14/05/2016	2457.50	28.44	43.33
15/05/2016	2300.50	26.63	40.00
16/05/2016	2597.99	30.07	41.67
17/05/2016	2495.00	28.88	40.00
18/05/2016	2585.00	29.92	41.67
19/05/2016	2513.00	29.09	43.33
20/05/2016	2540.50	29.40	40.00
21/05/2016	2558.00	29.61	46.67
22/05/2016	2376.50	27.51	40.00
23/05/2016	2556.00	29.58	43.33
24/05/2016	2539.50	29.39	41.67
25/05/2016	2582.50	29.89	45.00
26/05/2016	2446.50	28.32	41.67
27/05/2016	2481.50	28.72	40.00
28/05/2016	2532.00	29.31	43.33
29/05/2016	2504.00	28.98	41.67
30/05/2016	2519.49	29.16	41.67
31/05/2016	2432.50	28.15	41.67





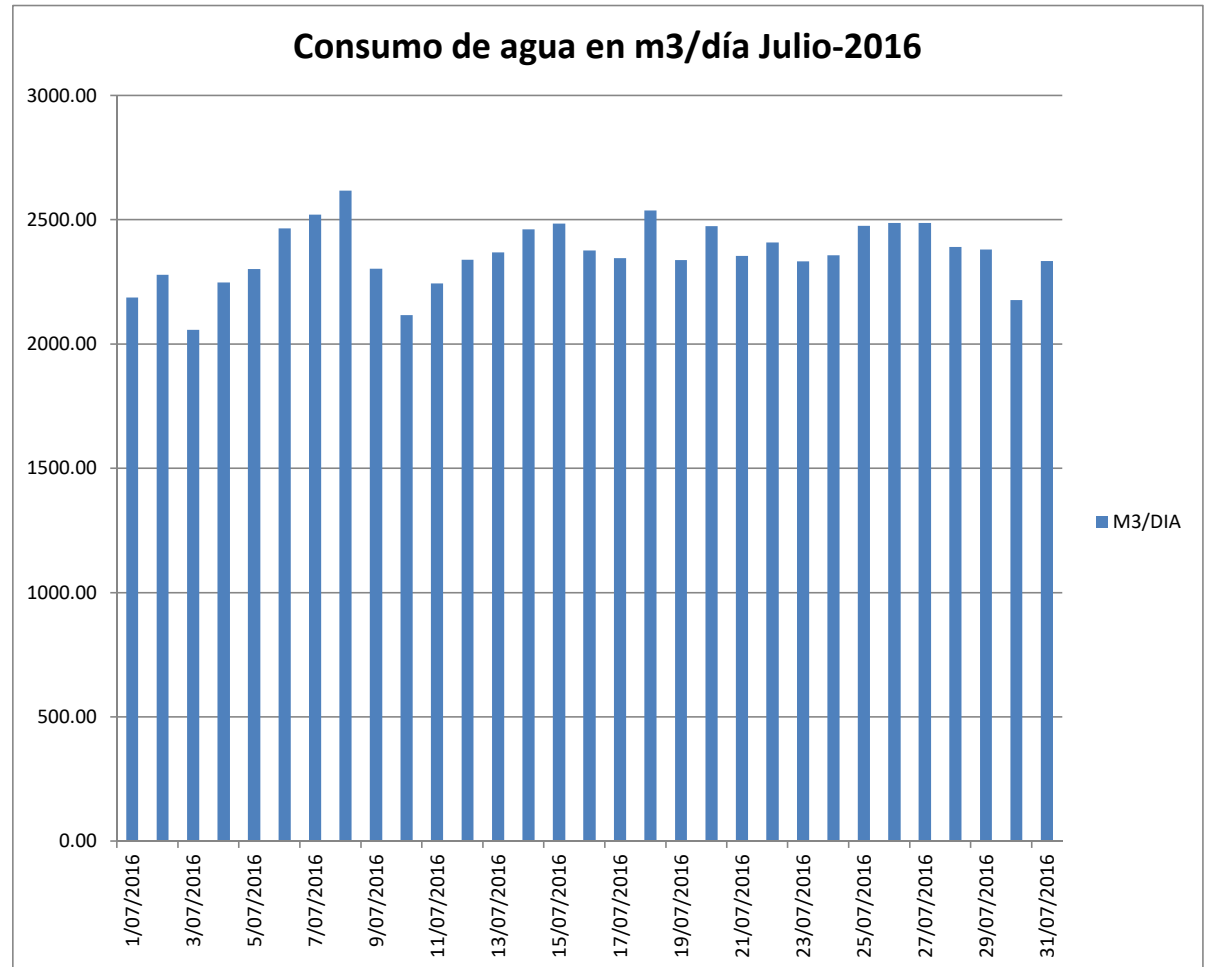
### DATOS DE CONSUMO DE AGUA DIARIO MES DE JUNIO-2016

FECHA	M3/DIA	Q PROMEDIO	Q MAX
1/06/2016	2534.00	29.33	40.00
2/06/2016	2581.50	29.88	43.33
3/06/2016	2214.01	25.63	36.67
4/06/2016	2419.00	28.00	43.33
5/06/2016	2538.00	29.38	43.33
6/06/2016	2380.00	27.55	40.00
7/06/2016	2340.50	27.09	40.00
8/06/2016	2276.50	26.35	38.33
9/06/2016	2292.50	26.53	36.67
10/06/2016	2313.50	26.78	38.33
11/06/2016	2324.00	26.90	40.00
12/06/2016	2331.50	26.98	40.00
13/06/2016	2480.50	28.71	41.67
14/06/2016	2439.00	28.23	40.00
15/06/2016	2413.00	27.93	41.67
16/06/2016	2465.50	28.54	40.00
17/06/2016	2166.00	25.07	43.33
18/06/2016	2410.01	27.89	41.67
19/06/2016	2461.50	28.49	40.00
20/06/2016	2545.00	29.46	41.67
21/06/2016	2584.50	29.91	40.00
22/06/2016	2302.00	26.64	38.33
23/06/2016	<b>2586.50</b>	29.94	43.33
24/06/2016	2507.00	29.02	41.67
25/06/2016	2546.50	29.47	43.33
26/06/2016	2402.50	27.81	43.33
27/06/2016	2293.00	26.54	40.00
28/06/2016	2007.50	23.23	41.67
29/06/2016	2407.99	27.87	50.00
30/06/2016	2151.50	24.90	46.67



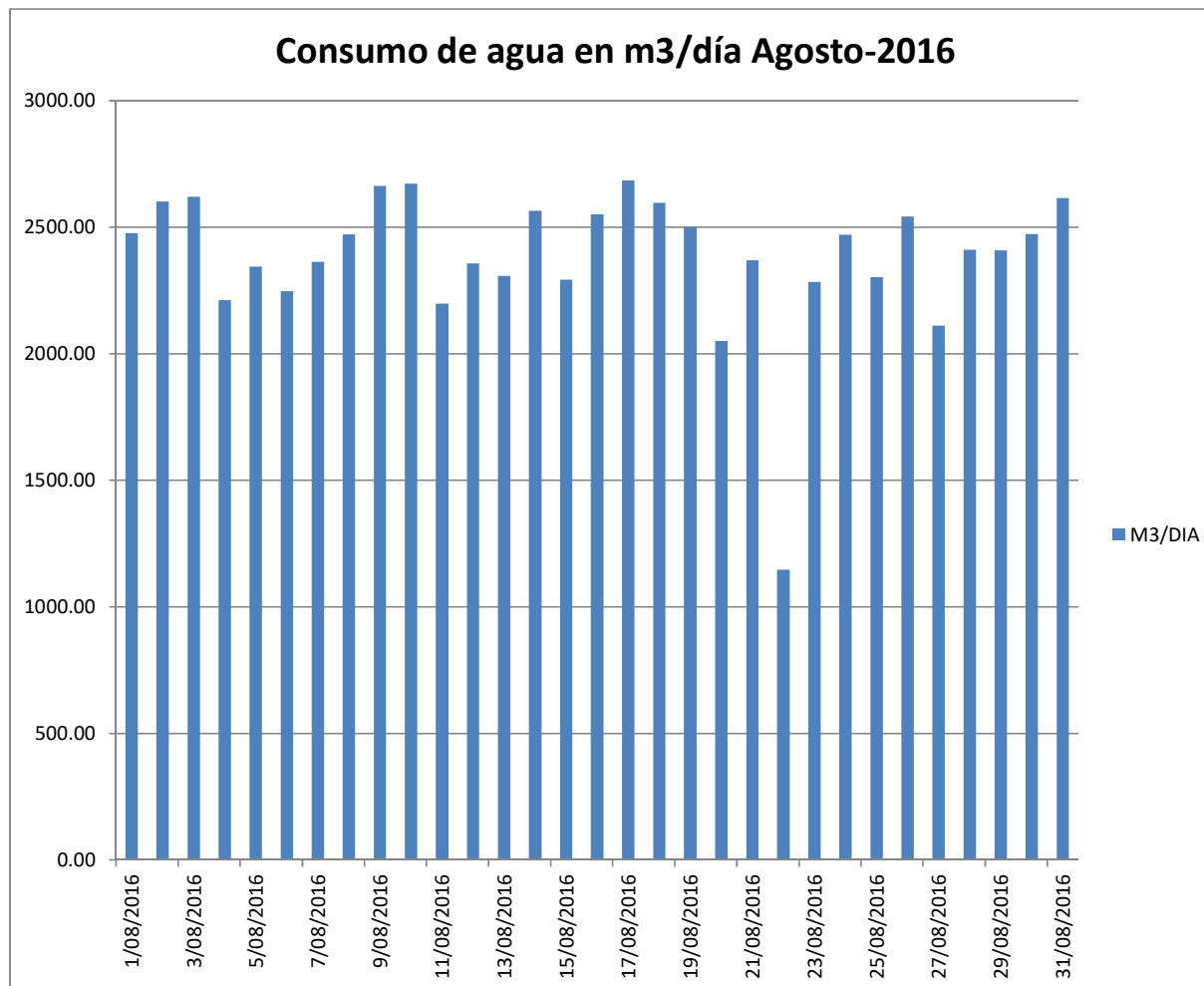
### DATOS DE CONSUMO DE AGUA DIARIO MES DE JULIO-2016

FECHA	M3/DIA	Q PROMEDIO	Q MAX
1/07/2016	2186.00	25.30	43.33
2/07/2016	2278.00	26.37	41.67
3/07/2016	2056.50	23.80	40.00
4/07/2016	2247.00	26.01	45.00
5/07/2016	2301.00	26.63	45.00
6/07/2016	2464.00	28.52	43.33
7/07/2016	2519.50	29.16	40.00
8/07/2016	2616.50	30.28	43.33
9/07/2016	2302.00	26.64	45.00
10/07/2016	2115.50	24.48	36.67
11/07/2016	2243.49	25.97	36.67
12/07/2016	2338.00	27.06	38.33
13/07/2016	2368.50	27.41	40.00
14/07/2016	2461.50	28.49	40.00
15/07/2016	2483.50	28.74	41.67
16/07/2016	2375.50	27.49	41.67
17/07/2016	2344.50	27.14	40.00
18/07/2016	2536.00	29.35	41.67
19/07/2016	2337.00	27.05	38.33
20/07/2016	2473.50	28.63	40.00
21/07/2016	2354.00	27.25	40.00
22/07/2016	2408.50	27.88	40.00
23/07/2016	2332.00	26.99	40.00
24/07/2016	2356.50	27.27	38.33
25/07/2016	2475.00	28.65	40.00
26/07/2016	2487.00	28.78	40.00
27/07/2016	2486.50	28.78	41.67
28/07/2016	2390.00	27.66	38.33
29/07/2016	2379.50	27.54	38.33
30/07/2016	2175.49	25.18	43.33
31/07/2016	2333.50	27.01	40.00



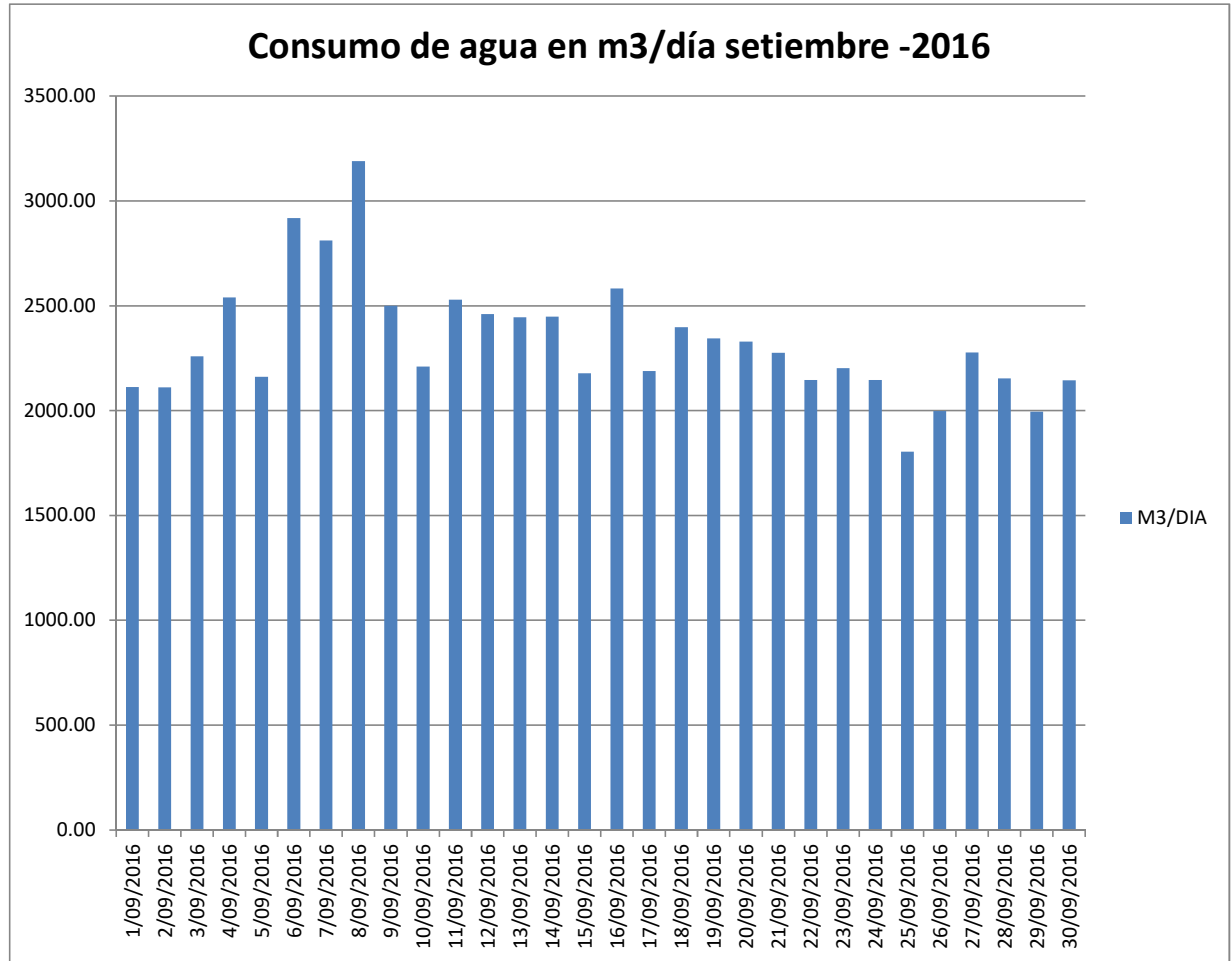
### DATOS DE CONSUMO DE AGUA DIARIO MES DE AGOSTO-2016

FECHA	M3/DIA	Q PROMEDIO	Q MAX
1/08/2016	2476.50	28.66	43.33
2/08/2016	2601.50	30.11	41.67
3/08/2016	2621.49	30.34	41.67
4/08/2016	2212.00	25.60	43.33
5/08/2016	2343.50	27.12	41.67
6/08/2016	2247.01	26.01	41.67
7/08/2016	2364.00	27.36	41.67
8/08/2016	2471.50	28.61	40.00
9/08/2016	2663.00	30.82	41.67
10/08/2016	2672.50	30.93	41.67
11/08/2016	2198.50	25.45	41.67
12/08/2016	2357.50	27.29	43.33
13/08/2016	2307.50	26.71	45.00
14/08/2016	2565.50	29.69	41.67
15/08/2016	2292.50	26.53	40.00
16/08/2016	2551.00	29.53	46.67
17/08/2016	2685.50	31.08	43.33
18/08/2016	2596.50	30.05	43.33
19/08/2016	2501.00	28.95	40.00
20/08/2016	2050.50	23.73	43.33
21/08/2016	2370.01	27.43	38.33
22/08/2016	1147.00	13.28	45.00
23/08/2016	2284.00	26.44	46.67
24/08/2016	2470.50	28.59	45.00
25/08/2016	2302.50	26.65	43.33
26/08/2016	2542.00	29.42	41.67
27/08/2016	2111.00	24.43	43.33
28/08/2016	2411.50	27.91	40.00
29/08/2016	2409.00	27.88	40.00
30/08/2016	2473.50	28.63	43.33
31/08/2016	2616.00	30.28	41.67



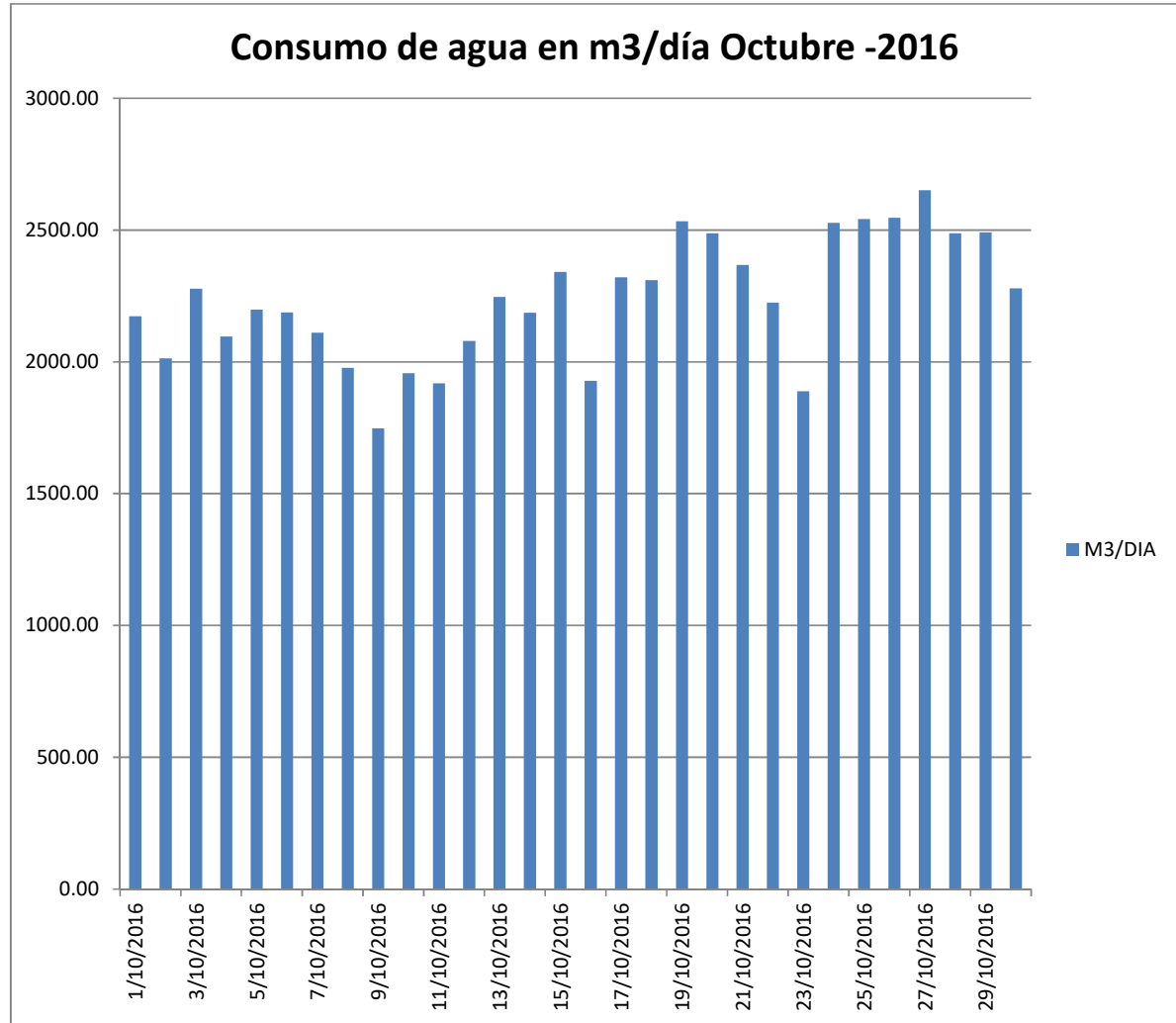
**DATOS DE CONSUMO DE AGUA DIARIO MES DE SETIEMBRE-2016**

FECHA	M3/DIA	Q PROMEDIO	Q MAX
1/09/2016	2112.01	24.44	43.33
2/09/2016	2110.50	24.43	45.00
3/09/2016	2259.51	26.15	43.33
4/09/2016	2539.50	29.39	40.00
5/09/2016	2160.50	25.01	43.33
6/09/2016	2919.50	33.79	48.33
7/09/2016	2811.00	32.53	51.67
8/09/2016	3190.50	36.93	55.00
9/09/2016	2500.00	28.94	48.33
10/09/2016	2209.50	25.57	43.33
11/09/2016	2529.00	29.27	41.67
12/09/2016	2460.00	28.47	38.33
13/09/2016	2444.00	28.29	40.00
14/09/2016	2448.50	28.34	45.00
15/09/2016	2178.00	25.21	40.00
16/09/2016	2582.50	29.89	45.00
17/09/2016	2187.50	25.32	40.00
18/09/2016	2398.50	27.76	41.67
19/09/2016	2344.00	27.13	43.33
20/09/2016	2330.00	26.97	48.33
21/09/2016	2275.99	26.34	45.00
22/09/2016	2146.00	24.84	45.00
23/09/2016	2202.50	25.49	45.00
24/09/2016	2145.49	24.83	41.67
25/09/2016	1804.00	20.88	41.67
26/09/2016	1998.50	23.13	48.33
27/09/2016	2277.50	26.36	46.67
28/09/2016	2153.99	24.93	45.00
29/09/2016	1995.50	23.10	45.00
30/09/2016	2144.00	24.81	43.33



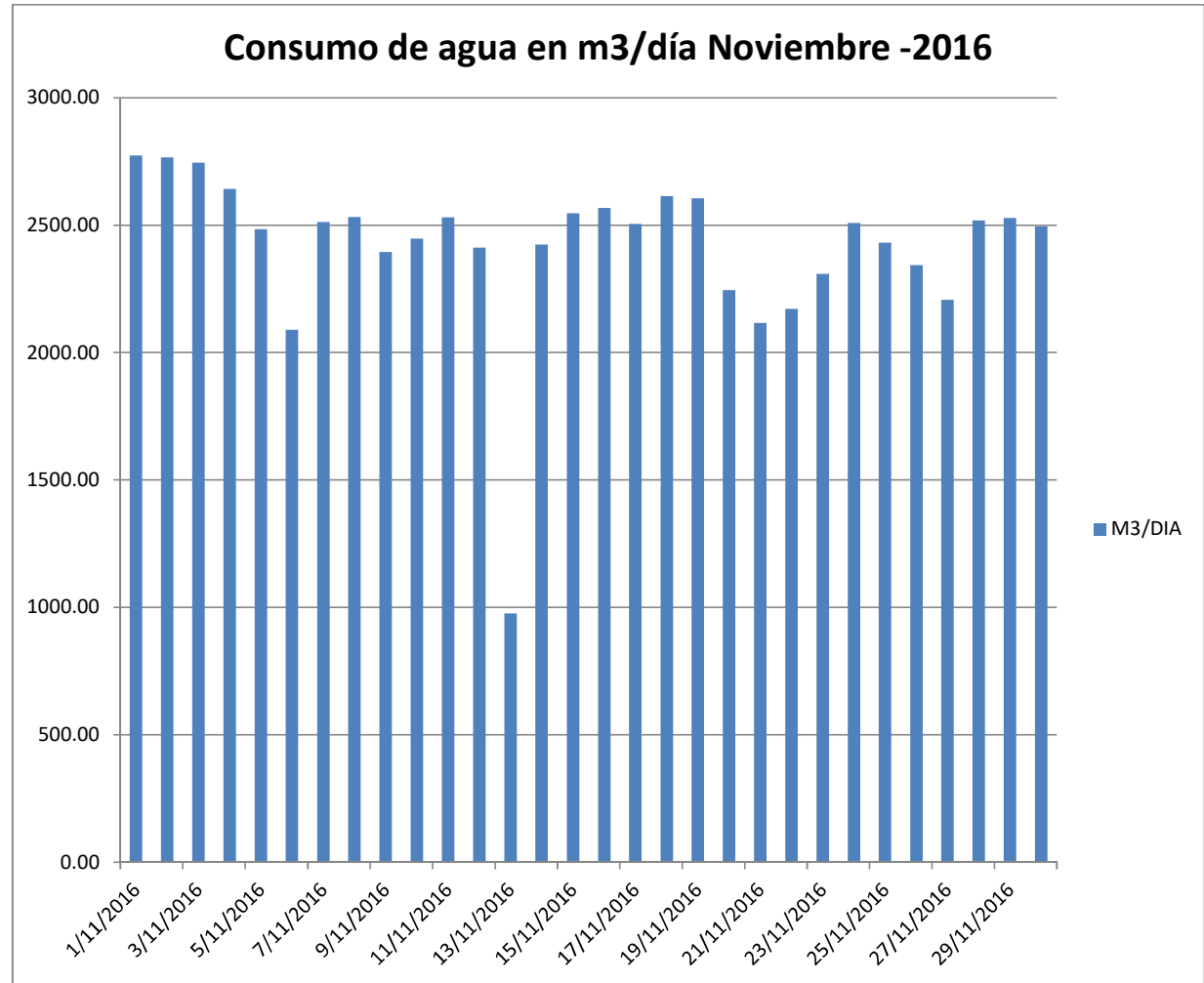
### DATOS DE CONSUMO DE AGUA DIARIO MES DE OCTUBRE-2016

FECHA	M3/DIA	Q PROMEDIO	Q MAX
1/10/2016	2173.00	25.15	43.33
2/10/2016	2012.50	23.29	40.00
3/10/2016	2277.50	26.36	46.67
4/10/2016	2095.49	24.25	45.00
5/10/2016	2198.50	25.45	46.67
6/10/2016	2187.00	25.31	45.00
7/10/2016	2110.50	24.43	46.67
8/10/2016	1977.01	22.88	40.00
9/10/2016	1747.50	20.23	40.00
10/10/2016	1956.49	22.64	41.67
11/10/2016	1918.50	22.20	48.33
12/10/2016	2079.00	24.06	43.33
13/10/2016	2247.00	26.01	46.67
14/10/2016	2186.00	25.30	45.00
15/10/2016	2341.50	27.10	45.00
16/10/2016	1928.01	22.31	43.33
17/10/2016	2320.01	26.85	50.00
18/10/2016	2309.50	26.73	48.33
19/10/2016	2533.49	29.32	50.00
20/10/2016	2488.00	28.80	46.67
21/10/2016	2368.00	27.41	46.67
22/10/2016	2224.00	25.74	46.67
23/10/2016	1888.00	21.85	43.33
24/10/2016	2527.49	29.25	45.00
25/10/2016	2541.50	29.42	48.33
26/10/2016	2546.50	29.47	48.33
27/10/2016	2650.99	30.68	48.33
28/10/2016	2487.00	28.78	46.67
29/10/2016	2491.50	28.84	46.67
30/10/2016	2278.50	26.37	45.00
31/10/2016	2545.50	29.46	48.33



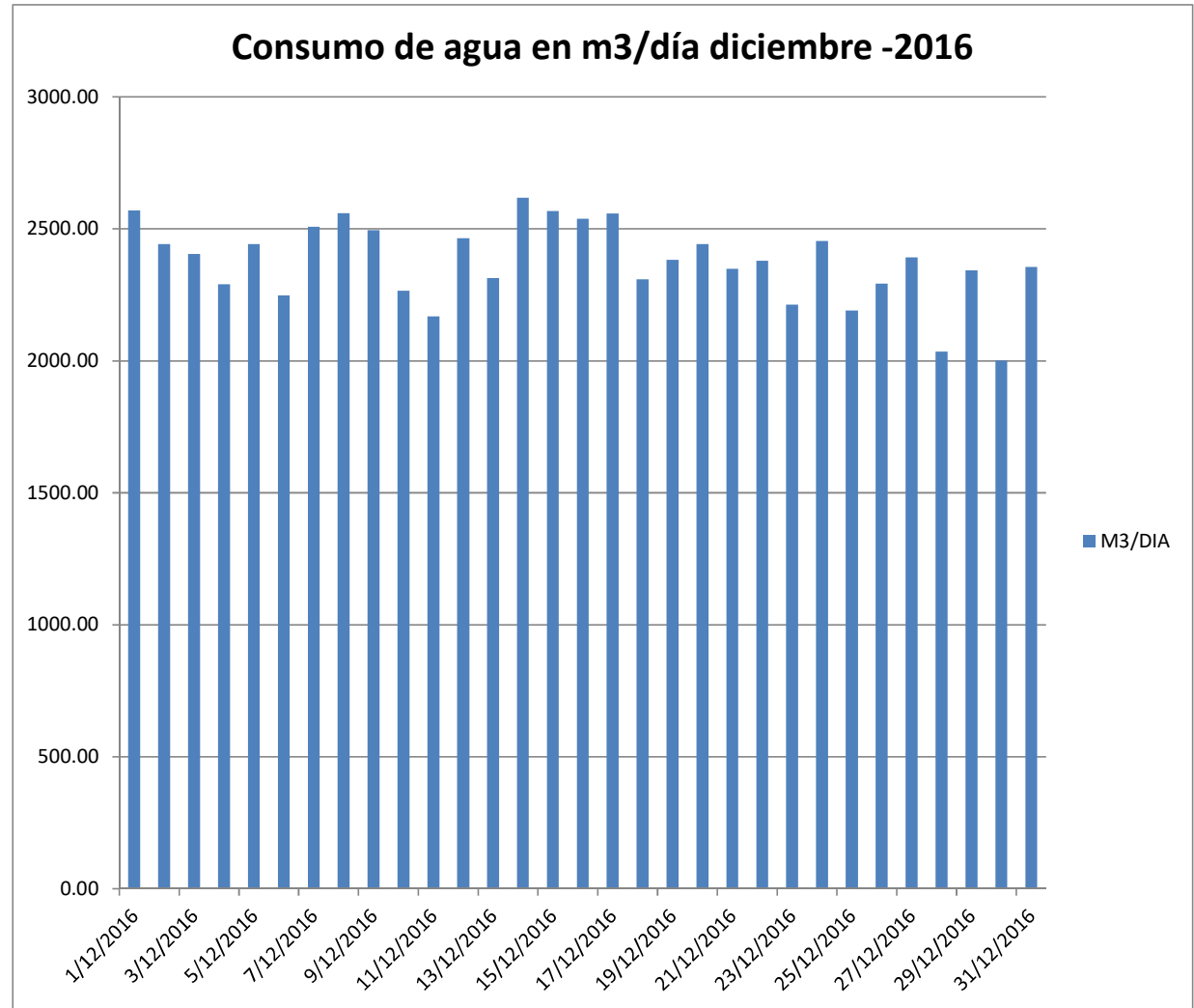
## DATOS DE CONSUMO DE AGUA DIARIO MES DE NOVIEMBRE-2016

FECHA	M3/DIA	Q PROMEDIO	Q MAX
1/11/2016	2774.00	32.11	45.00
2/11/2016	2766.00	32.01	46.67
3/11/2016	2745.50	31.78	48.33
4/11/2016	2642.00	30.58	50.00
5/11/2016	2484.50	28.76	48.33
6/11/2016	2090.50	24.20	45.00
7/11/2016	2513.00	29.09	48.33
8/11/2016	2532.00	29.31	46.67
9/11/2016	2395.00	27.72	45.00
10/11/2016	2447.00	28.32	45.00
11/11/2016	2530.50	29.29	45.00
12/11/2016	2412.00	27.92	48.33
13/11/2016	977.01	11.31	50.00
14/11/2016	2425.01	28.07	50.00
15/11/2016	2548.00	29.49	50.00
16/11/2016	2567.00	29.71	50.00
17/11/2016	2505.50	29.00	50.00
18/11/2016	2614.00	30.25	53.33
19/11/2016	2606.00	30.16	50.00
20/11/2016	2245.00	25.98	46.67
21/11/2016	2116.00	24.49	46.67
22/11/2016	2171.50	25.13	46.67
23/11/2016	2308.50	26.72	51.67
24/11/2016	2508.50	29.03	50.00
25/11/2016	2432.00	28.15	48.33
26/11/2016	2343.00	27.12	46.67
27/11/2016	2208.00	25.56	46.67
28/11/2016	2518.51	29.15	50.00
29/11/2016	2529.00	29.27	48.33
30/11/2016	2495.00	28.88	50.00



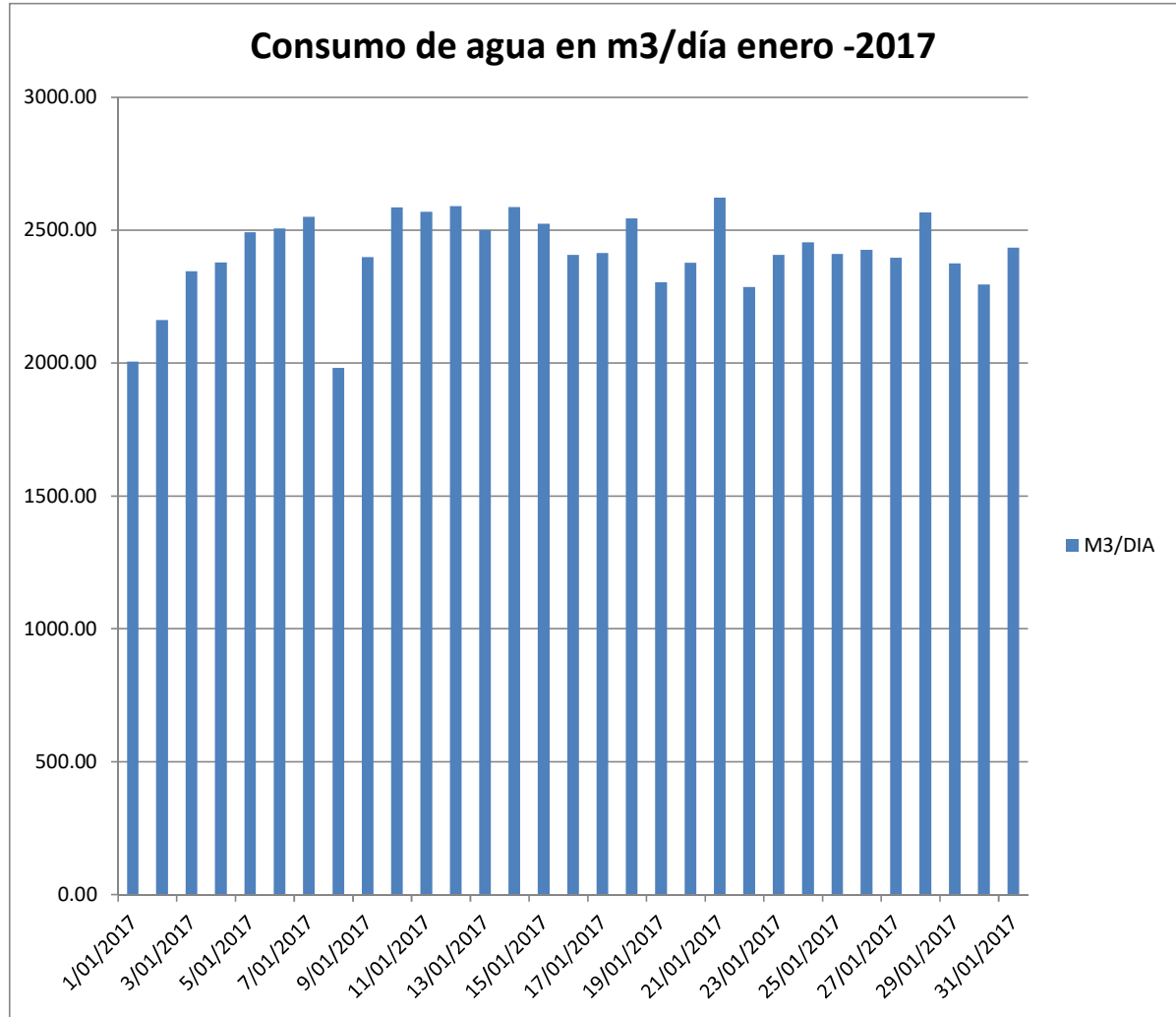
## DATOS DE CONSUMO DE AGUA DIARIO MES DE DICIEMBRE-2016

FECHA	M3/DIA	Q PROMEDIO	Q MAX
1/12/2016	2570.00	29.75	45.00
2/12/2016	2442.00	28.26	46.67
3/12/2016	2405.00	27.84	48.33
4/12/2016	2290.00	26.50	48.33
5/12/2016	2442.50	28.27	51.67
6/12/2016	2248.50	26.02	50.00
7/12/2016	2507.50	29.02	48.33
8/12/2016	2560.00	29.63	45.00
9/12/2016	2495.50	28.88	50.00
10/12/2016	2266.00	26.23	45.00
11/12/2016	2169.00	25.10	48.33
12/12/2016	2465.49	28.54	51.67
13/12/2016	2313.50	26.78	46.67
14/12/2016	2617.00	30.29	55.00
15/12/2016	2567.50	29.72	46.67
16/12/2016	2538.50	29.38	50.00
17/12/2016	2558.99	29.62	48.33
18/12/2016	2308.50	26.72	48.33
19/12/2016	2383.00	27.58	48.33
20/12/2016	2442.00	28.26	48.33
21/12/2016	2348.50	27.18	48.33
22/12/2016	2379.00	27.53	51.67
23/12/2016	2212.49	25.61	46.67
24/12/2016	2454.50	28.41	53.33
25/12/2016	2190.51	25.35	46.67
26/12/2016	2292.00	26.53	53.33
27/12/2016	2392.00	27.69	50.00
28/12/2016	2035.00	23.55	48.33
29/12/2016	2342.99	27.12	51.67
30/12/2016	2002.00	23.17	46.67
31/12/2016	2356.00	27.27	50.00



### DATOS DE CONSUMO DE AGUA DIARIO MES DE ENERO-2017

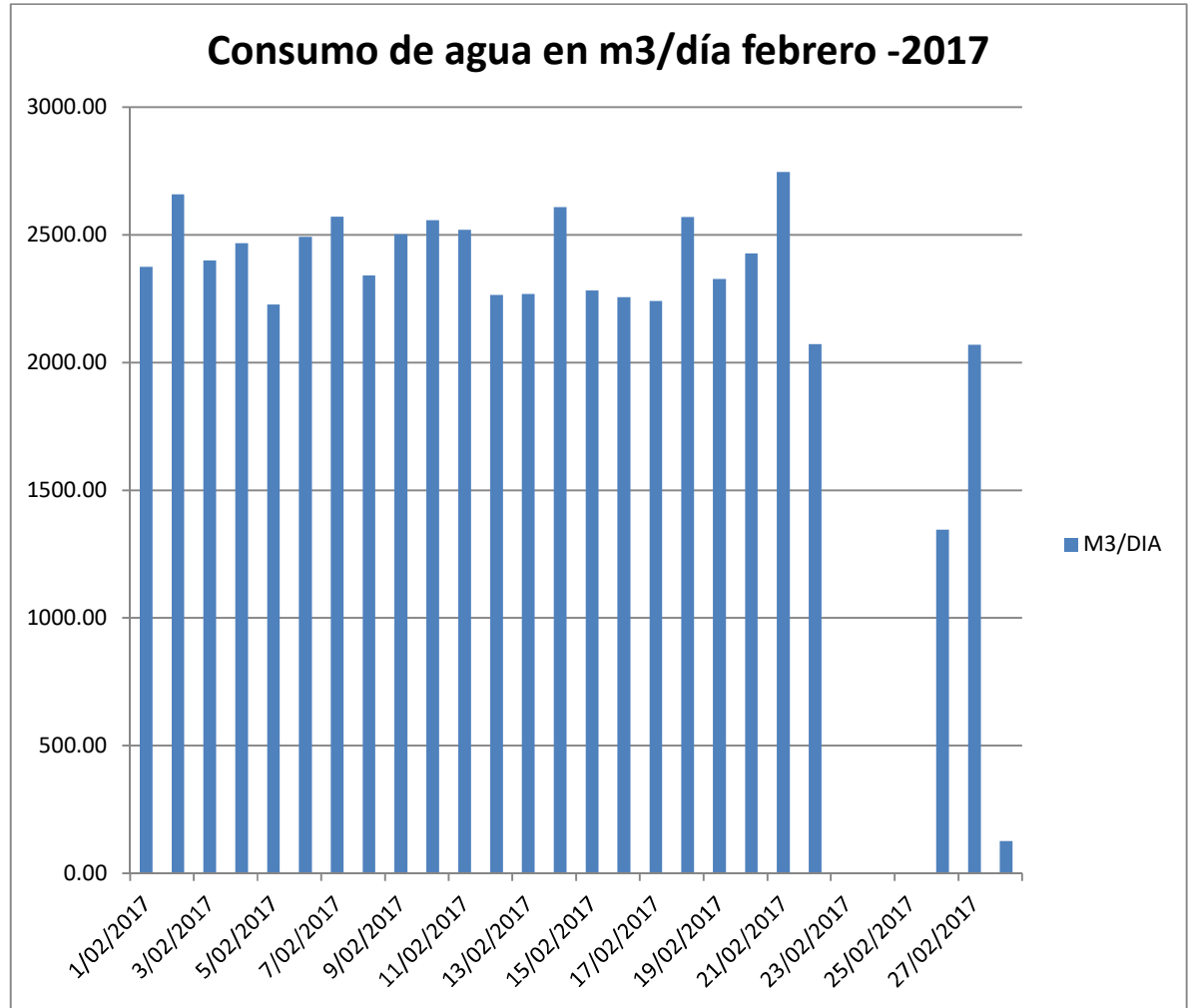
FECHA	M3/DIA	Q PROMEDIO	Q MAX
1/01/2017	2006.00	23.22	43.33
2/01/2017	2162.50	25.03	50.00
3/01/2017	2345.00	27.14	46.67
4/01/2017	2379.00	27.53	48.33
5/01/2017	2492.00	28.84	50.00
6/01/2017	2507.01	29.02	48.33
7/01/2017	2551.01	29.53	48.33
8/01/2017	1981.50	22.93	48.33
9/01/2017	2399.00	27.77	48.33
10/01/2017	2586.50	29.94	50.00
11/01/2017	2569.99	29.75	48.33
12/01/2017	2591.50	29.99	50.00
13/01/2017	2500.00	28.94	51.67
14/01/2017	2587.49	29.95	51.67
15/01/2017	2525.00	29.22	43.33
16/01/2017	2407.00	27.86	48.33
17/01/2017	2414.51	27.95	43.33
18/01/2017	2545.01	29.46	50.00
19/01/2017	2304.50	26.67	48.33
20/01/2017	2377.99	27.52	45.00
21/01/2017	2623.00	30.36	48.33
22/01/2017	2287.01	26.47	43.33
23/01/2017	2408.00	27.87	50.00
24/01/2017	2454.00	28.40	50.00
25/01/2017	2410.50	27.90	48.33
26/01/2017	2426.00	28.08	51.67
27/01/2017	2397.00	27.74	48.33
28/01/2017	2566.50	29.70	48.33
29/01/2017	2375.50	27.49	45.00
30/01/2017	2296.50	26.58	48.33
31/01/2017	2434.00	28.17	48.33





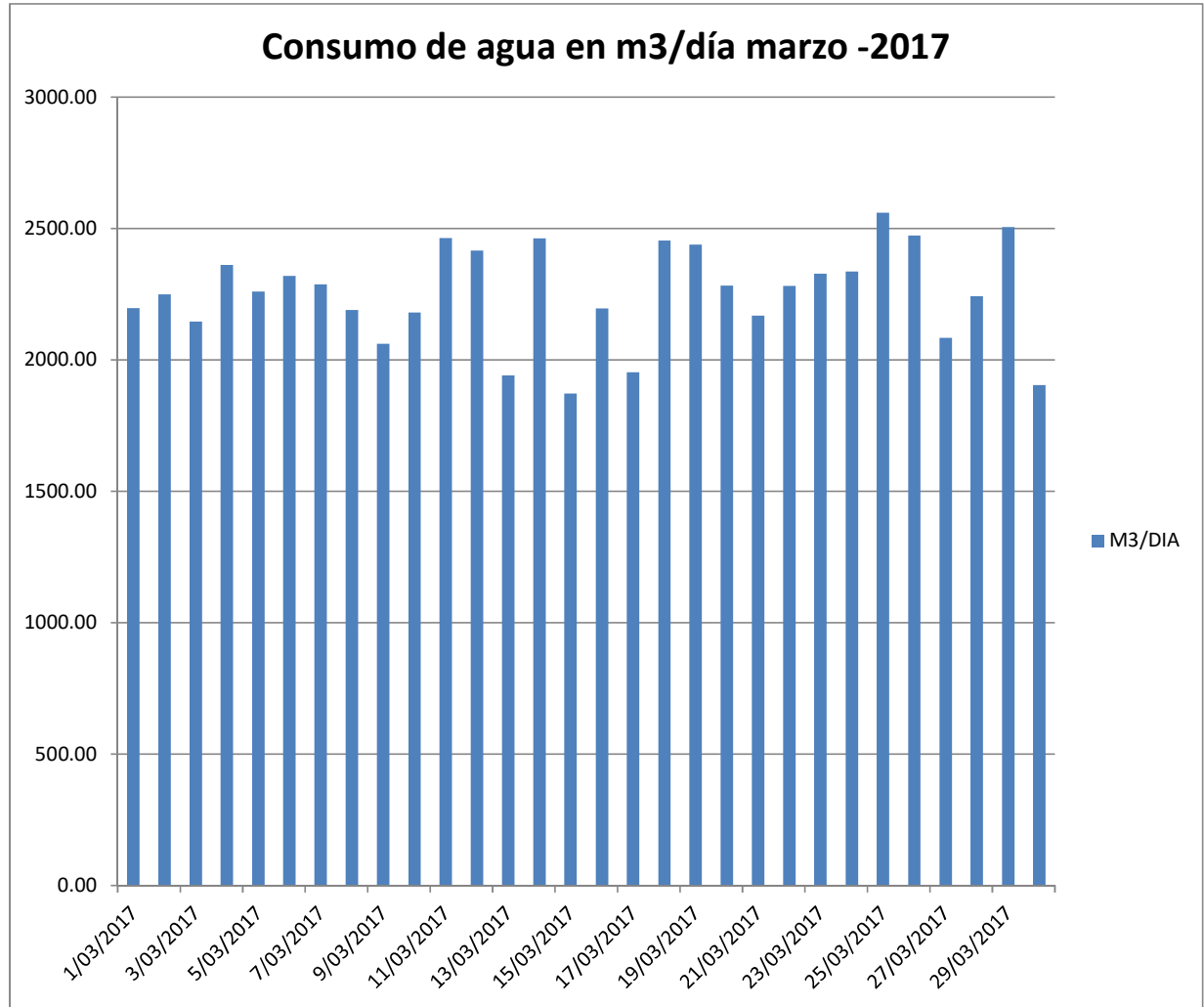
## DATOS DE CONSUMO DE AGUA DIARIO MES DE FEBRERO-2017

FECHA	M3/DIA	Q PROMEDIO	Q MAX
1/02/2017	2375.51	27.49	48.33
2/02/2017	2658.50	30.77	53.33
3/02/2017	2399.50	27.77	46.67
4/02/2017	2467.00	28.55	48.33
5/02/2017	2227.01	25.78	43.33
6/02/2017	2493.00	28.85	55.00
7/02/2017	2571.01	29.76	48.33
8/02/2017	2341.00	27.09	46.67
9/02/2017	2502.50	28.96	50.00
10/02/2017	2557.49	29.60	50.00
11/02/2017	2520.50	29.17	48.33
12/02/2017	2264.51	26.21	41.67
13/02/2017	2268.01	26.25	46.67
14/02/2017	2609.00	30.20	51.67
15/02/2017	2282.00	26.41	51.67
16/02/2017	2255.50	26.11	48.33
17/02/2017	2240.50	25.93	50.00
18/02/2017	2569.50	29.74	48.33
19/02/2017	2326.50	26.93	46.67
20/02/2017	2427.50	28.10	48.33
21/02/2017	2745.50	31.78	48.33
22/02/2017	2072.50	23.99	48.33
23/02/2017	0.00	0.00	0.00
24/02/2017	0.00	0.00	0.00
25/02/2017	0.00	0.00	0.00
26/02/2017	1345.50	15.57	48.33
27/02/2017	2069.50	23.95	48.33
28/02/2017	126.50	1.46	13.33

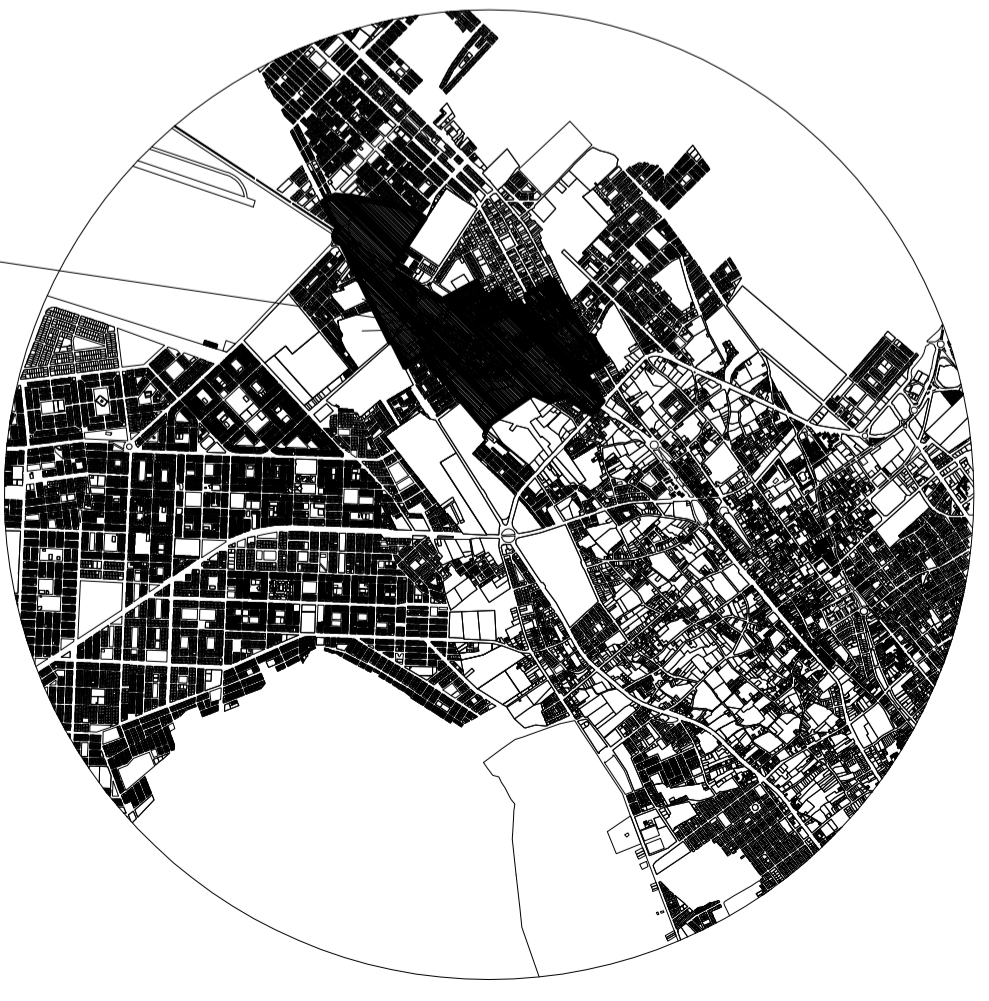
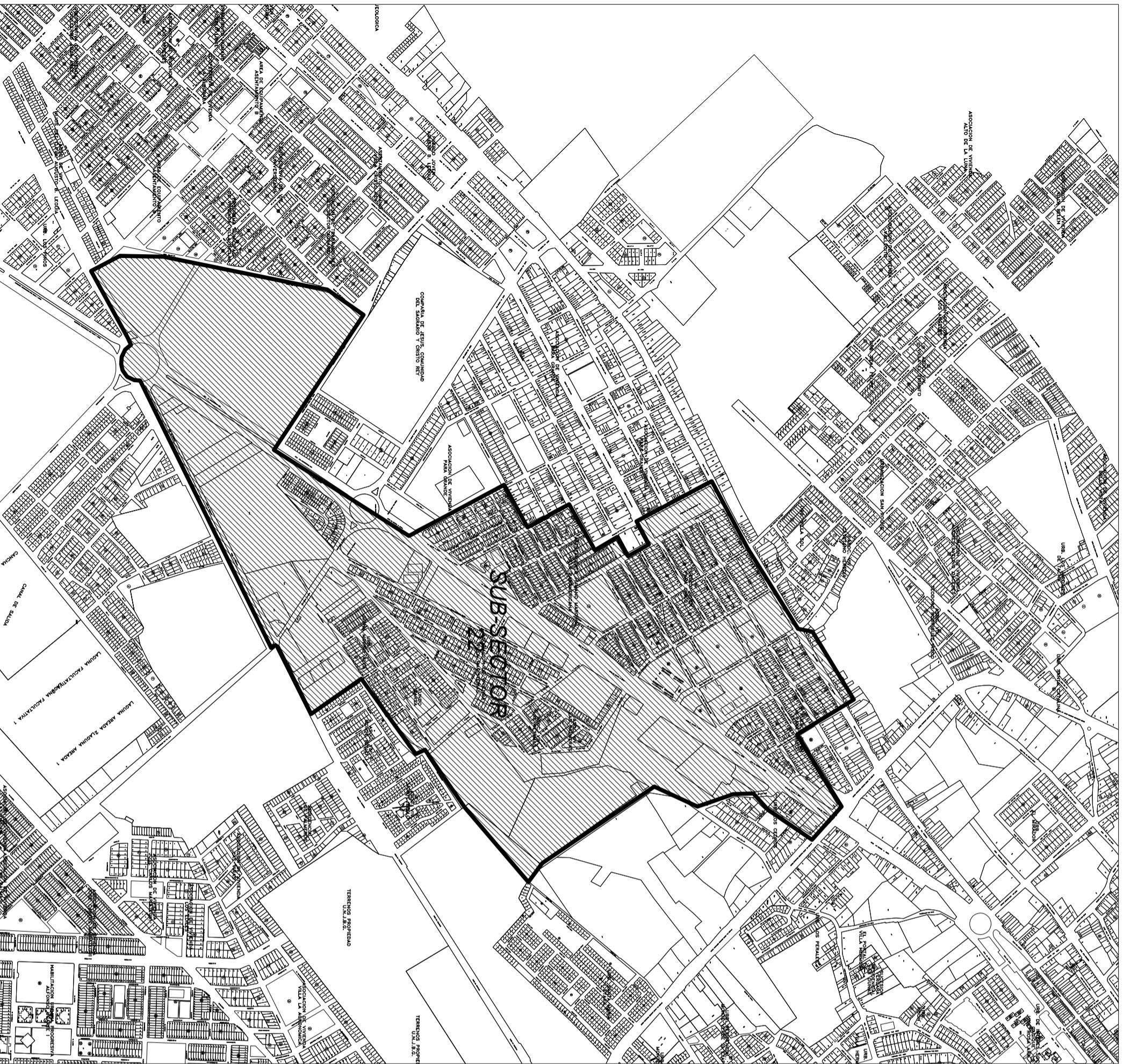


### DATOS DE CONSUMO DE AGUA DIARIO MES DE MARZO-2017

FECHA	M3/DIA	Q PROMEDIO	Q MAX
1/03/2017	2197.00	25.43	51.67
2/03/2017	2248.50	26.02	51.67
3/03/2017	2146.00	24.84	48.33
4/03/2017	2361.00	27.33	50.00
5/03/2017	2259.51	26.15	43.33
6/03/2017	2319.51	26.85	51.67
7/03/2017	2287.00	26.47	53.33
8/03/2017	2190.01	25.35	51.67
9/03/2017	2062.00	23.87	51.67
10/03/2017	2180.00	25.23	50.00
11/03/2017	2463.50	28.51	53.33
12/03/2017	2416.00	27.96	48.33
13/03/2017	1940.99	22.47	51.67
14/03/2017	2462.50	28.50	53.33
15/03/2017	1871.00	21.66	46.67
16/03/2017	2196.00	25.42	50.00
17/03/2017	1953.50	22.61	50.00
18/03/2017	2454.00	28.40	48.33
19/03/2017	2438.50	28.22	46.67
20/03/2017	2283.50	26.43	48.33
21/03/2017	2167.99	25.09	50.00
22/03/2017	2281.49	26.41	50.00
23/03/2017	2327.50	26.94	51.67
24/03/2017	2335.50	27.03	50.00
25/03/2017	2561.00	29.64	51.67
26/03/2017	2474.01	28.63	46.67
27/03/2017	2083.99	24.12	50.00
28/03/2017	2242.49	25.95	51.67
29/03/2017	2504.50	28.99	50.00
30/03/2017	1903.50	22.03	50.00
31/03/2017	2112.00	24.44	51.67



**Anexo A.3: Plano de ubicación y  
localización de la zona de estudio**



**UBICACION**

ESCALA 1/50000

**LOCALIZACION**

ESCALA 1/10000

"TESIS: UTILIZACION DE COEFICIENTES DE VARIACION DE CONSUMOS REALES PARA OBRAS DE SANEAMIENTO EN LA REGION DE TACNA-2017"

**UBICACION Y LOCALIZACION**

ELABORADO	J.S.CH.	ESCALA	INDICADA	FECHA	FEB - 2018
-----------	---------	--------	----------	-------	------------

**Anexo A.4: Plano de redes de agua  
potable de la zona de estudio**



PLANO DE LAS REDES DE AGUA POTABLE DEL SUBSECTOR 22  
 ESCALA 1/2500

"TESIS: UTILIZACION DE COEFICIENTES DE VARIACION DE CONSUMOS REALES PARA OBRAS DE SANEAMIENTO EN LA REGION DE TACNA-2017"		
<b>PLANO DE LAS REDES DE AGUA POTABLE</b>		
ELABORADO J.S.CH.	ESCALA 1/2500	FECHA FEB - 2018

**Anexo A.5: Matriz de consistencia del  
informe final de tesis**

## MATRIZ DE CONSISTENCIA

### Título de la Investigación: “Coeficientes reales de variaciones de consumo de agua para obras de saneamiento en la Region Tacna”

Autor: Ing° Jimmi Silva Charaja

Problemas		Objetivos	Hipótesis	Variables	
Problema General		Objetivo General	Hipótesis Principal	V.I.	V.D.
¿La determinación de <b>coeficientes reales de variación de consumos</b> de agua <b>optimizara las obras de saneamiento</b> en la Region de Tacna?		Determinar si los <b>coeficientes de variación de consumos</b> de agua reales <b>optimizan las obras de saneamiento mas efectivas.</b>	Los <b>coeficientes de variación de los consumos</b> reales basados en la informacion historica <b>optimiza las obras de saneamiento</b> en la Region Tacna	V.I. <b>Coeficientes de variaciones de consumos</b>	V.D. <b>Optimizará las obras de saneamiento</b>
Problemas Específicos		Objetivos Específicos	Hipótesis Secundarias	V.I.	V.D.
1 ¿La utilizacion de <b>coeficientes reales de variación de consumos</b> diario de agua permite el <b>diseño de obras de saneamiento mas optimas</b> en la Region de Tacna?	1 Determinar el <b>coeficientes de variación de consumo</b> maximo diario real que permita estandarizar los parametros para el <b>diseño de obras de saneamiento</b> mas optimas.	1 La determinacion de los <b>coeficientes de variación de consumo</b> maximos diarios reales permiten el <b>diseño de obras de saneamiento</b> mas optimas.	VI-1 <b>Coeficientes de variación de consumos diarios</b>	V.D.-1 <b>Diseños mas optimos</b>	
2 ¿La utilizacion de <b>coeficientes reales de variación de consumos</b> horarios de agua permite el <b>diseño de obras de saneamiento mas optimas</b> en la Region de Tacna?	2 Determinar el <b>coeficiente de variación de consumo</b> horario real que permita estandarizar los parametros para el <b>diseño de obras de saneamiento</b> mas optimas.	2 La determinacion de los <b>coeficientes de variación de consumo</b> maximos horarios reales permiten el <b>diseño de obras de saneamiento</b> mas optimas.	VI-2 <b>Coeficientes de variación de consumos horarios</b>	V.D.-2 <b>Diseños mas optimos</b>	
3 ¿La utilizacion de registros historicos para la determinacion de <b>coeficientes para variaciones de consumos</b> , es un mejor metodo para el diseño de <b>obras de saneamiento</b> ?	3 Evaluar si el uso de informacion historica de consumos para la determinacion de los <b>coeficientes de variaciones de consumo</b> es un metodo efectivo para el <b>diseño de obras de saneamiento</b>	3 El uso de registros historicos es un metodo mas efectivo para la determinacion de <b>coeficientes de variaciones de consumo</b> de agua en el diseño de <b>obras de saneamiento.</b>	VI-3 Registros historicos de consumos para determinacion de <b>coeficientes de consumo</b>	V.D.-3 <b>Diseños mas optimos de obras de saneamiento</b>	



**Anexo A.6: Cuadro de  
operacionalización de variables.**

## CUADRO DE OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

Título de la Investigación: “Coeficientes reales de variaciones de consumo de agua para obras de saneamiento en la Region Tacna”

**Autor: Ing° Jimmi Silva Charaja**

Variables	Tipo de Variable	Definicion Conceptual	Dimensiones	Indicadores
Coeficientes de variaciones de consumos	Independiente	Coeficientes que permiten determinar y aproximar los consumos de agua por parte de una poblacion determinada	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Coeficientes de variacion de consumos diarios</li> <li>* Coeficientes de variaciones consumos horarios</li> <li>* Registros historicos de consumos para determinar coeficines de variacion de consumos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Clima</li> <li>* Caudal promedio</li> <li>* Dotacion de agua</li> <li>* Numero de habitantes</li> <li>* Maximo caudal diario</li> <li>* Maximo Caudal horario</li> <li>* Tipo de macromedidor</li> <li>* Registros de consumos</li> </ul>
Optimizara las obras de saneamiento	dependiente	Obras de saneamiento que poseen una optimizacion en sus costos y uso de recursos.	Diseños mas eficientes	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Presion de servicio</li> <li>* Velocidad media en tuberias</li> </ul>