

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



**TESIS**

“Control de presiones y reducción de pérdidas en el sistema de distribución de agua potable del Sector VI - Pueblo Joven Augusto B. Leguía en la Ciudad de Tacna”

**PARA OPTAR:**  
**TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADO POR:**

Bach. Avalos Bravo, Cesar Arturo

Bach. Flores Landa, William Albert

TACNA – PERÚ

2021

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Tesis**

**“Control de presiones y reducción de pérdidas en el sistema de distribución de agua potable del Sector VI - Pueblo Joven Augusto B. Leguía en la Ciudad de Tacna”**

Tesis sustentada y aprobada el 09 de enero de 2021; estando el jurado calificador integrado por:

**PRESIDENTE;**



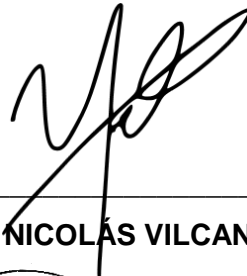
\_\_\_\_\_  
**MAG. PEDRO VALERIO MAQUERA RAMOS**

**SECRETARIO:**



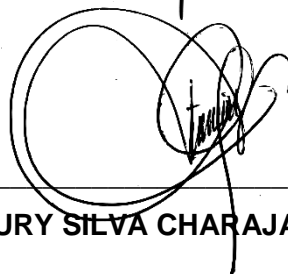
\_\_\_\_\_  
**MTRO. ULIANOV FARFÁN KEHUARUCHO**

**VOCAL:**



\_\_\_\_\_  
**MSC. ALEXANDER NICOLÁS VILCANQUI ALARCÓN**

**ASESOR:**



\_\_\_\_\_  
**ING. JIMMI YURY SILVA CHARAJA**

## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Nosotros CESAR ARTURO AVALOS BRAVO y WILLIAM ALBERT FLORES LANDA, en calidad de EGRESADO de la Escuela Profesional de INGENIERIA CIVIL de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificados (as) con DNI N° 71309532 y N° 47655171 respectivamente.

Declaro bajo juramento que:

1. Soy autor (a) de la tesis titulada:  
"Control de presiones y reducción de pérdidas en el sistema de distribución de agua potable del Sector VI - Pueblo Joven Augusto B. Leguía en la Ciudad de Tacna" La misma que presento para optar:


EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a LA UNIVERSIDAD cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentada. En consecuencia, me hago responsable frente a LA UNIVERSIDAD y a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar como causa del trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis, libro y/o invento.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

Tacna, 19 de Mayo del 2020.



**CESAR ARTURO AVALOS BRAVO**

**DNI: 71309532**



**WILLIAM ALBERT FLORES LANDA**

**DNI: 47655171**

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo investigativo lo dedicamos principalmente a Dios, por darnos fuerzas para seguir adelante de continuar en este proceso para obtener un anhelo deseado después de culminar nuestra carrera.

A nuestras familias, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes hemos logrado llegar hasta aquí. Ha sido el orgullo y el privilegio de ser sus hijos, son los mejores padres.

A nuestros amigos (as) por estar siempre presentes, acompañándonos y por el apoyo moral, que nos brindaron a lo largo de esta etapa de nuestras vidas.

A todas las personas que nos han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos a Dios por bendecirnos con vida, por guiarnos a lo largo de nuestra existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y debilidad.

Gracias a nuestros padres: Luis y Eduviges; y, Nestor y Susana, por ser los principales promotores de nuestros anhelos, por creer en nuestras decisiones, por los consejos y principios que nos han inculcado.

Agradecemos de manera especial Ing. Jimmi Yury Silva Charaja asesor de nuestro proyecto de investigación quien nos ha guiado con paciencia y sabiduría.

## INDICE GENERAL

CARATULA _____	<i>i</i>
HOJA DE APROBACION _____	<i>ii</i>
DECLARACION JURADA DE ORIGINALIDAD _____	<i>iii</i>
DEDICATORIA _____	<i>iv</i>
AGRADECIMIENTO _____	<i>v</i>
INDICE GENERAL _____	<i>vi</i>
INDICE DE TABLAS _____	<i>viii</i>
INDICE DE FIGURAS _____	<i>ix</i>
RESUMEN Y PLABRAS CLAVES _____	<i>x</i>
ABSTRACT AND KEY WORDS _____	<i>xi</i>
<b>INTRODUCCIÓN</b> _____	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> _____	<b>2</b>
<b>1.1. Descripción del problema</b> _____	<b>2</b>
<b>1.2. Formulación del problema</b> _____	<b>8</b>
1.2.1. Problema general _____	8
1.2.2. Problemas específicos _____	8
<b>1.3. Justificación e importancia de la investigación</b> _____	<b>8</b>
<b>1.4. Objetivos</b> _____	<b>9</b>
1.4.1. Objetivo general _____	9
1.4.2. Objetivos específicos _____	9
<b>1.5. Hipótesis</b> _____	<b>9</b>
1.5.1. Hipótesis General _____	9
1.5.2. Hipótesis específica: _____	9
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO</b> _____	<b>10</b>
<b>2.1. Antecedentes de la investigación</b> _____	<b>10</b>
<b>2.2. Bases teóricas</b> _____	<b>12</b>
<b>2.3. Definición de términos</b> _____	<b>19</b>
<b>CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO</b> _____	<b>26</b>
<b>3.1. Tipo y diseño de la investigación</b> _____	<b>26</b>
3.1.1 Nivel de la investigación _____	26
<b>3.2. Población y/o muestra de estudio</b> _____	<b>27</b>
3.2.1. Población _____	27
3.2.2. Muestra _____	27
<b>3.3. Operacionalización de variables</b> _____	<b>27</b>

<b>3.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos</b>	<b>33</b>
3.1.2 Técnicas para la recolección de datos	33
3.1.3 Instrumentos para la recolección de datos	34
<b>3.5. Procesamiento y análisis de datos</b>	<b>35</b>
3.5.1. Cálculo del índice de pérdidas (ANF) del sub sector 20 sector VI	35
3.5.2. Evaluar el sistema de distribución del Sub sector 20, Sector VI Pueblo Joven Augusto B. Leguía en la Ciudad de Tacna, 2019” mediante un modelo hidráulico.	37
3.5.2.1. Identificar la funcionabilidad de las válvulas reductoras de presión del sub sector 20 sector VI, por medio de un modelo hidráulico en WATERGEMS V8I.	37
3.5.2.2. Evaluar el sistema de distribución del sub sector 20 sector VI, por medio del modelamiento hidráulico en WATERGEMS V8I	41
<b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS</b>	<b>41</b>
4.1. Identificar el índice de pérdidas (ANF) del sub sector 20 sector VI	41
4.2. Evaluar el sistema de distribución del Sub sector 20, Sector VI Pueblo Joven Augusto B. Leguía en la Ciudad de Tacna, 2019” mediante un modelo hidráulico.	42
4.2.1. Evaluación de funcionabilidad de válvulas reductoras de presión	42
4.2.2. Evaluar el sistema de distribución del sub sector 20 sector VI, por medio del modelamiento hidráulico en WATERGEMS V8I	50
<b>CAPITULO IV: DISCUSION</b>	<b>51</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>53</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>55</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>56</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>58</b>
I. ANEXO I: Matriz de Consistencia	58
II. ANEXO II: reportes de presiones controladas por VRP 01	59
III. ANEXO III: reportes de presiones controladas por VRP 02	66
IV. ANEXO IV: reportes de presiones controladas por VRP 03	67
V. ANEXO V: reporte de presiones en área de influencia de VRP n°1 CON VRP propuesta	68
VI. ANEXO VI: MODELO HIDRAULICO CD	75

## INDICE DE TABLAS

<i>Tabla n° 1: Fuentes de abastecimiento</i> _____	2
<i>Tabla n° 2: Sectores operacionales</i> _____	2
<i>Tabla n° 3: Análisis de incidencias operativas (2015)</i> _____	3
<i>Tabla n° 4: Análisis de incidencias operativas (2016)</i> _____	4
<i>Tabla n° 5: Análisis de incidencias operativas (2017-2018)</i> _____	5
<i>Tabla n° 6: Análisis de data histórica (2015-2019)</i> _____	6
<i>Tabla n° 7: Coeficientes de fricción “c” en la fórmula de Hazen y Williams</i> <b>¡Error! Marcador no definido.</b>	
<i>Tabla n° 8: Dotación promedio de consumo</i> _____	14
<i>Tabla n° 9: Aplicación de métodos</i> _____ <b>¡Error! Marcador no definido.</b>	
<i>Tabla n° 10: Valores de K2 según población</i> _____	15
<i>Tabla n° 11: Periodo de diseño (años)</i> _____ <b>¡Error! Marcador no definido.</b>	
<i>Tabla n° 12: Beneficios de la gestión de la presión</i> _____	16
<i>Tabla n° 13: Operacionalización de variables</i> _____	32
<i>Tabla n° 14.: Análisis de data histórica (marzo 2019)</i> _____	35
<i>Tabla n° 15.: Cálculo de volumen de ingreso al sistema</i> _____	36
<i>Tabla n° 16: Análisis de volumen facturado</i> _____	36
<i>Tabla n° 17: Análisis de caudales</i> _____	39
<i>Tabla n° 18: Cálculo de ANF</i> _____	41
<i>Tabla n° 19: Tarifa de costo de agua</i> _____	42



## INDICE DE FIGURAS

<i>Figura n° 1: Esquema de sector</i>	3
<i>Figura n° 2: Análisis conexiones/año</i>	5
<i>Figura n° 3: Análisis continuidad/períodos (2015-2019)</i>	6
<i>Figura n° 4: Perfil hidráulico, Fuente propia</i>	7
<i>Figura n° 5: Áreas de influencia de VRP, Fuente propia</i>	7
<i>Figura n° 6: Factores clave que influyen las fugas</i>	13
<i>Figura n° 7: Medidor de flujo volumétrico</i>	17
<i>Figura n° 8: Medidor electromagnético en línea</i>	18
<i>Figura n° 9: Principio de medidor de inserción</i>	18
<i>Figura n° 10: Gestión de presiones</i>	24
<i>Figura n° 11: Formula de ANF</i>	37
<i>Figura n° 12: Sistema de distribución de redes de agua potable en Watercad</i>	38
<i>Figura n° 13: Curvas de nivel en Watercad</i>	38
<i>Figura n° 14: Análisis de QMH y QP año 2015,</i>	39
<i>FFigura n° 15: Análisis de QMH y QP año 2019</i>	39
<i>Figura n° 16: Inserción de QMH al 2015 33.4 l/s en wáter CAD</i>	40
<i>Figura n° 17: Inserción de QMH al 2019 52.03 l/s en wáter CAD</i>	40
<i>Figura n° 18: Corrida del modelo hidráulico</i>	40
<i>Figura n° 19: Ubicación de VRP n°1</i>	42
<i>Figura n° 20: Área de influencia de VRP n°1</i>	43
<i>Figura n° 21: Resultados de regulación de VRP n°1</i>	43
<i>Figura n° 22: Ubicación de VRP n°2</i>	44
<i>Figura n° 23: Área de influencia de VRP n°2</i>	44
<i>Figura n° 24: Resultados de regulación de VRP n°2</i>	45
<i>Figura n° 25: Ubicación de VRP n°3</i>	45
<i>Figura n° 26: Área de influencia de VRP n°3</i>	46
<i>Figura n° 27: Resultados de regulación de VRP n°3</i>	46
<i>Figura n° 28: Esquema de ubicación de válvulas</i>	47
<i>Figura n° 29: Identificación de zona crítica</i>	48
<i>Figura n° 30: Cooperativa de Vivienda La Alborada Mz. 35 lote 10</i>	49
<i>Figura n° 31: esquema de ubicación de propuesta</i>	49
<i>Figura n° 32: resultados de propuesta en zona crítica</i>	50

## RESUMEN Y PALABRAS CLAVES

La tesis “Control de presiones y reducción de pérdidas en el sistema de distribución de agua potable del Sector VI - Pueblo Joven Augusto B. Leguía en la Ciudad de Tacna”, corresponde a un informe de investigación para optar por el título de Ingeniero Civil de la Universidad Privada de Tacna.

El objetivo de la investigación es el control de pérdidas y presiones de agua potable, por medio de la identificación del índice de pérdidas a nivel de sector urbano, evaluación de la funcionabilidad de las válvulas reductoras de presión y del sistema de distribución de agua potable, del sector VI de la ciudad de Tacna, con el fin de mejorar la eficiencia operativa y Mitigar las pérdidas en las redes de Agua Potable.

El estudio aplicó una metodología de tipo descriptivo, de diseño de campo (cuantitativo y cualitativo), empleando la observación y el cálculo matemático de resultados, cuyo instrumento fue el material de medición.

La investigación concluye que, para poder tener una mayor eficiencia operativa es necesario primero medir el punto de partida en cuanto se refiere al índice de pérdidas de agua potable, y como consecuencia de este establecer un plan de trabajo para mitigar estas pérdidas, ya sea por medio de la evaluación hidráulica, regulación de presiones u otra actividad operativa.

Por otro lado, también se requiere realizar un mayor análisis de la data existente, a fin de identificar las deficiencias en el sistema existente.

Finalmente, el resultado será la evolución favorable de las pérdidas de agua potable, y un recupero económico para la entidad encargada del suministro.

**PALABRAS CLAVES:** índice de pérdidas, Modelación hidráulica, presión estática, presión dinámica, válvula reductora de presión, caudal promedio, macro medición, agua no facturada.

## ABSTRACT AND KEY WORDS

La tesis titulada "Control de presiones y reducción de pérdidas en el sistema de distribución de agua potable del Sector VI - Pueblo Joven Augusto B. Leguía en la Ciudad de Tacna", corresponde a un informe de investigación para optar por el título de Ingeniero Civil de la Universidad Privada de Tacna.

El objetivo de la investigación es realizar una de actividades como la identificación del índice de pérdidas a nivel de sector urbano, evaluación de la funcionabilidad de las válvulas reductoras de presión y del sistema de distribución de agua potable, del sector VI de la ciudad de Tacna, con el fin de mejorar la eficiencia operativa y Mitigar las pérdidas en las redes de Agua Potable

El estudio aplicó una metodología de tipo descriptivo, de diseño de campo (cuantitativo y cualitativo), empleando la observación y el cálculo matemático de resultados, cuyo instrumento fue el material de medición.

La investigación concluye que, para poder tener una mayor eficiencia operativa es necesario primero medir el punto de partida en cuanto se refiere al índice de pérdidas de agua potable, y como consecuencia de este establecer un plan de trabajo para mitigar estas pérdidas, ya sea por medio de la evaluación hidráulica, regulación de presiones u otra actividad operativa

Por otro lado, también se requiere realizar un mayor análisis de la data existente, a fin de identificar las deficiencias en el sistema existente.

Finalmente, el resultado será la evolución favorable de las pérdidas de agua potable, y un recupero económico para la entidad encargada del suministro.

**KEY WORDS:** loss index, hydraulic modeling, static pressure, dynamic pressure, pressure reducing valve, average flow, macro measurement, unbilled water.

## INTRODUCCIÓN

La presencia de pérdidas de agua en sistemas de abastecimiento urbano es un problema de eficiencia operacional, que se debe estudiar de forma integral ya que comprende múltiples facetas. Para las empresas prestadoras del servicio de agua potable. Por ello es de vital importancia identificar las pérdidas que ocurren en sus procesos de captación, conducción, potabilización y distribución de agua a todos sus usuarios.

La EPS TACNA S.A, cuenta con 07 sectores operacionales conteniendo cada uno 5 sub sectores, encontrando como crítico al subsector 20 sector VI, evidenciando deficiencias en el servicio de distribución de agua potable, como sobre presiones y discontinuidad de servicio, provocando una serie de reclamos por parte de los usuarios.

Para ello se plantea el control de pérdidas y presiones, identificando el indicador de perdidas como primer paso, posteriormente realizando un modelo hidráulico del sub sector 20 sector VI, con la finalidad de evaluar la funcionabilidad de las válvulas reductoras de presión existentes, y por medio de esto reducir de manera óptima las pérdidas de agua en la red de distribución del subsector operacional mencionado, y finalmente con este modelo hidráulico evaluar la eficiencia de la operación del sistema en condiciones típicas.

Con esto se plantea el “Control de presiones y reducción de pérdidas en el sistema de distribución de agua potable del Sector VI - Pueblo Joven Augusto B. Leguía en la Ciudad de Tacna”.

## CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1. Descripción del problema

La ciudad de Tacna situada en la zona costera del Perú, es abastecida por 02 fuentes de agua superficial y 02 fuentes subterráneas (ver, tabla n°1), Esta agua cruda es procesada, convertida a agua potable y distribuida por la Entidad Prestadora de Servicios de Saneamiento (Tacna EPS TACNA S.A). Esta cuenta con una red de distribución mixta, dividida en siete (07) sectores operacionales (Ver tabla n°2). Identificando dentro de estos, el subsector 20 sector VI (Ver figura n°1), este sub sector cuenta con 31,864 km de Tuberías de agua potable, siendo estas 18,634 Km de asbesto de cemento (AC) y 13,230 Km de policloruro de vinilo (PVC) representando un 64% tuberías de AC y 36% tuberías de PVC, a lo largo del tiempo (entre los años 2015 al 2019) este sector ha ido presentando deficiencias en el abastecimiento del servicio de agua potable, siendo estas, la baja continuidad de servicio y la diversidad de presiones detectadas en la zona (de 8 m.c.a a 38 m.c.a),

*Tabla n° 1: Fuentes de abastecimiento*

Fuentes de abastecimiento				
<b>Fuente</b>	Uchusuma	Caplina	Sobraya	Viñani
<b>Tipo</b>	superficial	superficial	pozo	pozo

*Fuente propia*

*Tabla n° 2: Sectores operacionales*

Sectores	Reservorios	Ubicación
Sector n° 01	R-1,R-6 y R-10	Calana
Sector n° 02	R-1 y CRP-1	Pocollay
Sector n° 03	R-3 Y R-2	Pocollay
Sector n° 04	R-10	Cono norte
Sector n° 05	R-4	Alto lima
Sector n° 06	R-5	Para chico
Sector n° 07	Pozos	Viñani

*Fuente propia*

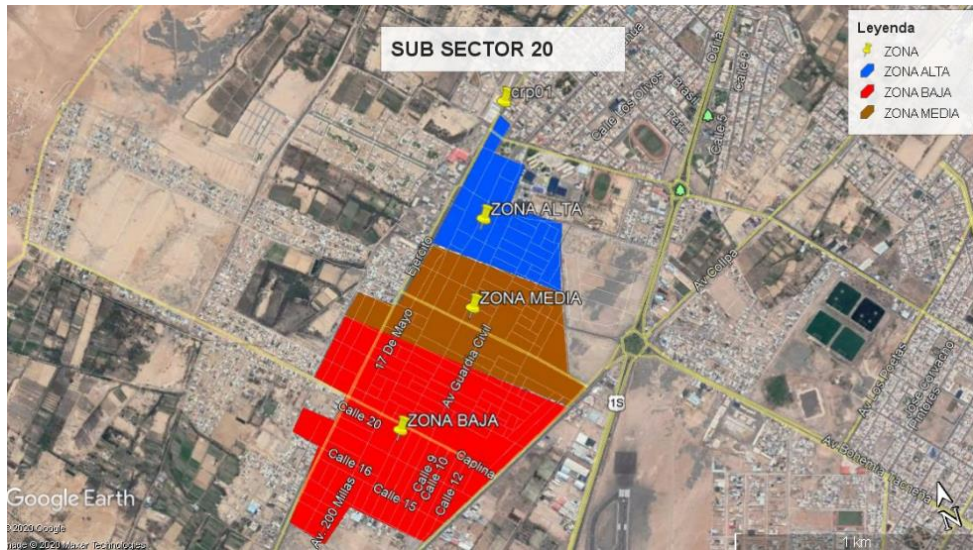


Figura n° 1: Esquema de sector  
Fuente propia

Para conocer más sobre la situación en la que se encuentra la zona de investigación Se recopiló data de la EPS TACNA. S.A. durante El periodo 2015-2018 (ver tabla n°3, 4 y 5)

Tabla n° 3: Análisis de incidencias operativas (2015)

Sector	Sub sector	Tipo de reclamo	Año
sector 6	20	purga por turbidez	2015
sector 6	20	purga por turbidez	
sector 6	20	reparación de fuga en caja de registro	
sector 6	20	reparación de rotura de abrazadera	
sector 6	20	reparación de rotura de abrazadera	
sector 6	20	fuga por rotura de abrazadera	
sector 6	20	reparación de fuga en caja de registro	
sector 6	20	reparación de rotura de abrazadera	
sector 6	20	reparación de fuga en caja de registro	
sector 6	20	reparación de fuga en caja de registro	
sector 6	20	reparación de fuga en caja de registro	
sector 6	20	reparación de rotura de abrazadera	
sector 6	20	fuga por rotura de abrazadera	
sector 6	20	reparación de fuga en caja de registro	
sector 6	20	reparación de fuga en caja de registro	
sector 6	20	reparación de rotura de abrazadera	
sector 6	20	reparación de fuga en caja de registro	
sector 6	20	reparación de fuga en caja de registro	
sector 6	20	reparación de rotura de abrazadera	
sector 6	20	reparación de fuga en caja de registro	
sector 6	20	reparación de fuga en caja de registro	
sector 6	20	reparación de fuga en caja de registro	
sector 6	20	reparación de matriz de agua de 4"	
sector 6	20	reparación de matriz de agua de 4"	
sector 6	20	colocación marcos y tapas de válvulas	

Sector	Sub sector	Tipo de reclamo	Año
sector 6	20	colocación marcos y tapas de válvulas	
sector 6	20	reparación de fuga en caja de registro	
sector 6	20	reparación de fuga en caja de registro	
sector 6	20	reparación de matriz de agua de 4"	
sector 6	20	reparación de rotura de abrazadera	
sector 6	20	reparación de matriz de agua de 4"	
sector 6	20	reparación de fuga en caja de registro	
sector 6	20	reparación de fuga en caja de registro	
sector 6	20	purga de g.c.i.	
sector 6	20	reparación de matriz de agua de 4"	
sector 6	20	reparación de fuga en caja de registro	
sector 6	20	reparación de rotura de abrazadera	
sector 6	20	reparación de rotura de abrazadera	

Fuente propia

Tabla n° 4: Análisis de incidencias operativas (2016)

Sector	Sub sector	Tipo de reclamo	Año
sector 6	20	reparación de matriz de agua de 3"	2016
sector 6	20	reparación de fuga en caja de registro	
sector 6	20	reparación de fuga en caja de registro	
sector 6	20	reparación de conexión desagüe ext.(completa)	
sector 6	20	reparación de fuga en caja de registro	
sector 6	20	reparación de rotura de abrazadera	
sector 6	20	fuga por rotura de abrazadera	
sector 6	20	fuga	
sector 6	20	fuga por rotura de abrazadera	
sector 6	20	fuga por rotura de abrazadera	
sector 6	20	fuga por rotura de abrazadera	
sector 6	20	reparación de fuga en caja de registro	
sector 6	20	reparación de rotura de abrazadera	
sector 6	20	reparación de matriz de agua de 3"	
sector 6	20	reparación conexión agua 1/2"	
sector 6	20	reparación de rotura de abrazadera	
sector 6	20	reparación de rotura de abrazadera	
sector 6	20	reparación de rotura de abrazadera	
sector 6	20	reparación de fuga en caja de registro	
sector 6	20	reparación de fuga en caja de registro	
sector 6	20	fuga por rotura de abrazadera	
sector 6	20	fuga	
sector 6	20	fuga por rotura de abrazadera	
sector 6	20	fuga	
sector 6	20	reparación conexión agua 1/2"	

Fuente propia

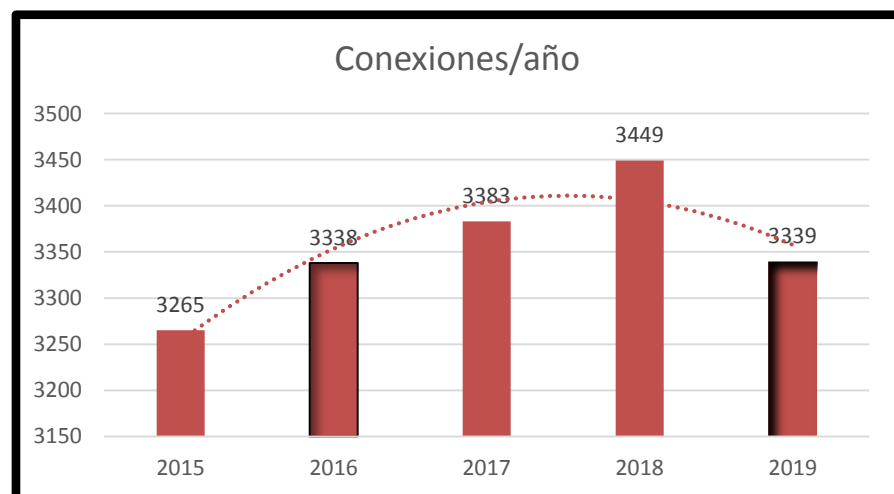
Tabla n° 5: Análisis de incidencias operativas (2017-2018)

Sector	Sub sector	Tipo de reclamo	Año
sector 6	20	reparación de fuga en caja de registro	2017
sector 6	20	reparación de fuga en caja de registro	
sector 6	20	reparación de fuga en caja de registro	
sector 6	20	reparación de fuga en caja de registro	
sector 6	20	reparación de fuga en caja de registro	
sector 6	20	reparación de matriz de agua de 4"	2018
sector 6	20	reparación de matriz de agua de 4"	
sector 6	20	reparación de matriz de agua de 6"	

Fuente propia

Realizando un resumen de fugas (ver figura n°2) durante el periodo 2015-2018, podemos observar que aparentemente estas fugas han reducido, favorablemente para la empresa encargada del suministro, sin embargo la caída abrupta en el reporte de las fugas, sin haberse ejecutado programa alguno de detección de fugas ni renovación de redes, lleva a suponer que el sistema es óptimo, al no haber reportes de fugas de agua, sin embargo debido a la discontinuidad del servicio y las quejas por presiones bajas en ciertas zonas del sub sector 20 sector VI, despierta la duda sobre la presencia de fugas llevando a la pregunta **¿cuál es el índice de pérdidas de agua potable en el sector?**, ya que si el sistema no presenta fugas de agua, ¿porque no se cumple con la demanda de la población en el sub sector?.

En la figura n°3 se aprecia un análisis del promedio de conexiones por año durante el periodo 2015-2019. correspondiente al subsector 20 sector IV. Este análisis muestra que existe un incremento de 150 conexiones en promedio del periodo 2015-2019, sin embargo, se puede observar que las conexiones del año 2019 se han reducido notablemente en comparación con los años 2017 y 2018.

Figura n° 2: Análisis conexiones/año  
Fuente. Propia



Así mismo analizando la continuidad de servicio durante el periodo 2015-2019, se observa. Un deceso de horas de servicio de un pico máximo de 24 horas a 12 horas. Esto causa extrañeza ya que si revisamos la Figura n°2, podemos observar que el número promedio de conexiones del año 2016 es de 3,338 y cuenta con una continuidad de 24 horas, pero al 2019 con solo 1 conexión más que el año 2016, esta continuidad se ha reducido a 12 horas.

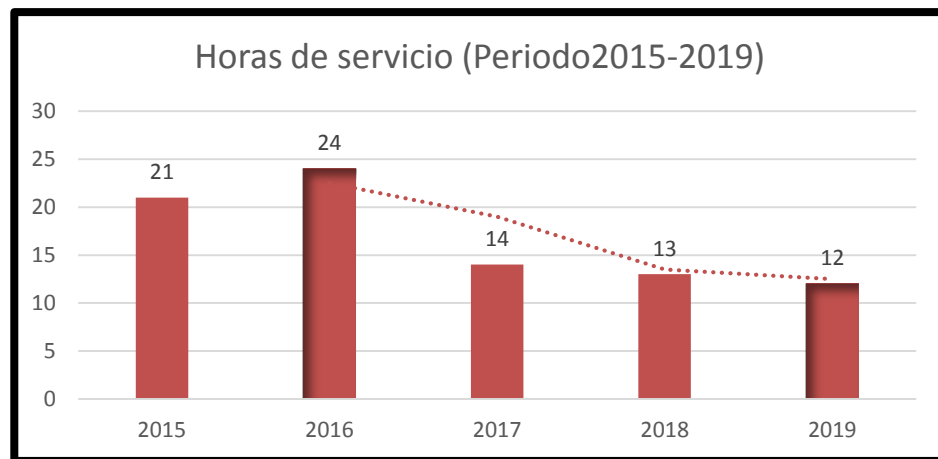


Figura n° 3: Análisis continuidad/períodos (2015-2019)

Fuente. Propia

Tabla n° 6: Análisis de data histórica (2015-2019)

Sector VI/subsector 20	2015	2016	2017	2018	2019
N° de conexiones	3265	3338	3383	3449	3339
Horas de servicio	21	24	14	13	12

Fuente. Propia

Resumiendo lo mostrado en las figuras n°2 y n°3. En la table n°6 se muestra claramente el deceso de la continuidad de servicio lo cual si consideramos que el volumen entregado el año 2019 es mayor al que se dotaba el año 2015 podemos deducir que este sistema presenta pérdidas de agua, las cuales causan la disminución de la continuidad de servicio.

Haciendo un análisis de la topografía del sistema de distribución de agua potable se identificó una carga hidráulica alta en las zonas bajas del sector evidenciándose esto, en la siguiente imagen

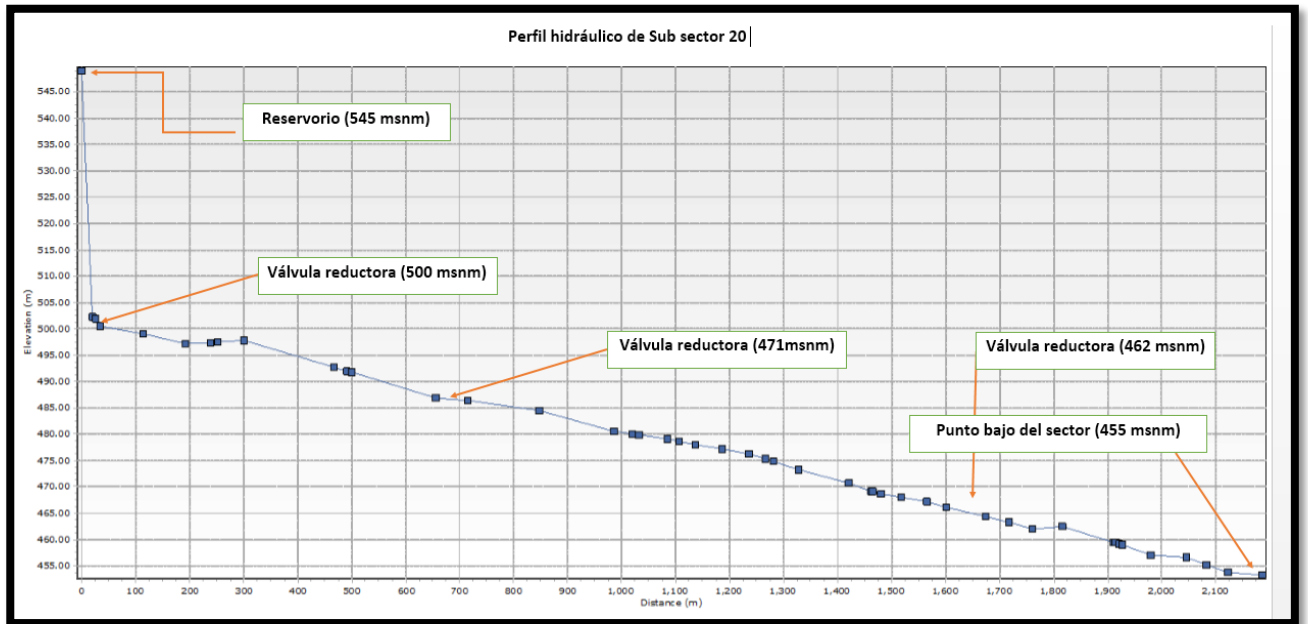


Figura n° 4: Perfil hidráulico, Fuente propia

Analizando la figura n°4, podemos apreciar que, pasando el reservorio, se cuenta con 03 válvulas reductoras de presión cada una controlando un sistema como se aprecia en la siguiente figura n°5.

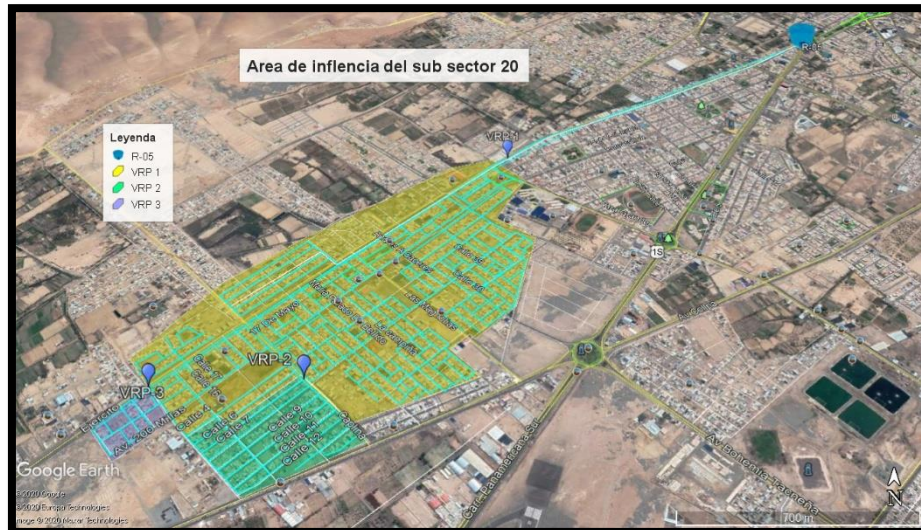


Figura n° 5: Áreas de influencia de VRP, Fuente propia

En la figura n°5 se aprecia cada área de influencia en la que impactan las válvulas reductoras de presión, estas áreas están distinguidas por colores, lográndose ver que la VRP n° 1 tiene un área de influencia amplia marcada de color amarillo, con casi a un 70% de todo el sub sector 20. Naciendo la pregunta ¿las válvulas reductoras de presión funcionan adecuadamente para el control de presiones en todo el sub sector 20?

Así mismo al identificar la funcionabilidad de las válvulas reductoras de presión y si estas operan de manera oportuna para el control de presiones surgiría la pregunta, ¿El sistema de distribución existente en el subsector operacional 20 sector VI de la red de distribución de la ciudad de Tacna es el adecuado?

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿Cuál es el efecto de las presiones y reducción de pérdidas en el sistema de distribución de agua potable del Sector VI - Pueblo Joven Augusto B. Leguía en la Ciudad de Tacna?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- ¿Cuál es el índice de pérdidas del subsector 20, sector VI, de la red de distribución de agua potable de la ciudad de Tacna?
- ¿El sistema de distribución existente en el subsector operacional 20 sector VI de la red de distribución de la ciudad de Tacna es el adecuado?

## **1.3. Justificación e importancia de la investigación**

Es necesario conocer el efecto de las pérdidas y presiones, sobre la infraestructura hidráulica y la población del sub sector 20 sector VI, ya que la entidad EPS TACNA S.A, cuenta con información limitada.

Las pérdidas y presiones de agua en el sub sector 20 sector VI, han generado una serie de deficiencias en su infraestructura hidráulica partiendo desde las fallas en redes. Principales, acomedidas hasta las conexiones domiciliarias. Ocasionando problemas en la infraestructura vial pública y el medio ambiente.

Así mismo, esto ha generado infinidad de conflictos con la población, por el mal servicio brindado, producto de estas pérdidas y presiones de agua

Esto a su vez, ocasiona que los medios económicos se gasten en acrecentar la producción de agua para compensar las pérdidas, cuando podrían invertirse en conservar o ampliar la infraestructura actual.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

Controlar las presiones y reducción de pérdidas en el sistema de distribución de agua potable del Sector VI - Pueblo Joven Augusto B. Leguía en la Ciudad de Tacna.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Calcular el índice de pérdidas del subsector 20 sector VI Pueblo Joven Augusto B. Leguía en la Ciudad de Tacna.
- Evaluar el sistema de distribución del Sub sector 20, Sector VI Pueblo Joven Augusto B. Leguía en la Ciudad de Tacna, mediante un modelo hidráulico.

## **1.5. Hipótesis**

### **1.5.1. Hipótesis General**

Controlando las presiones y reducción de pérdidas en el sistema de distribución de agua potable del Sector VI - Pueblo Joven Augusto B. Leguía en la Ciudad de Tacna, se logrará optimizar la eficiencia operativa del sector en la EPS TACNA S.A.

### **1.5.2. Hipótesis específica:**

- a) Existen diferencias en índice de pérdidas en el sub Sector 20 Sector VI Pueblo Joven Augusto B. Leguía en la Ciudad de Tacna.
- b) Evaluando el sistema de distribución del Sub sector 20, Sector VI por medio del modelamiento hidráulico en WATER GEMS V8I, permitirá identificar los puntos críticos de presiones.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Antecedentes de la investigación**

(Bartolín, 2011) Realizó una investigación en España, titulada “Confección de modelos de redes de distribución de agua desde un SIG y desarrollo de herramientas de apoyo a la toma de decisiones”. Que tuvo como objetivo determinar el volumen de agua que se produce, el volumen de agua que finalmente llega al usuario y que ocurre con el volumen restante, mediante el potencial de los SIG vectoriales en materia de construcción y análisis de modelos matemáticos de redes de distribución de agua. En este sentido, se ha presentado el software GISRed, cuya funcionalidad permite generar, simular y calibrar modelos de las redes desde el entorno SIG, prestando una gran ayuda a la hora de efectuar diagnósticos y elaborar planes para otras prestaciones enfocadas a asistir al usuario en tareas más específicas propias de la gestión técnica de las redes, tales como la gestión de averías, de la demanda, del control de fugas mediante sectorización, el análisis de la modelación diaria o el consumo nocturno. Esta tesis tuvo como aportación relevante el desarrollo del software GISRed, que funciona como una extensión del sistema de información geográfica ArcView, para facilitar la construcción y calibración de los modelos matemáticos de redes de distribución.

(Vegas, 2012) Realizó una investigación en España, titulada “Herramientas de ayuda a la sectorización de redes de abastecimiento de agua basadas en la teoría de grafos aplicando distintos criterios”. Que tuvo como objetivo continuar con la metodología iniciada por Hugo Bartolin, introduciendo mejoras, nuevos criterios y modificaciones. La investigación se basa en desarrollar un algoritmo potente que permita diseñar sectores hidrométricos mediante divisiones de la red de abastecimiento de agua en zonas y convertirse en una herramienta que controle los caudales y regule las presiones, obteniendo como beneficio la detección y reparación de tuberías con fugas, reducir el agua que se pierde, tener una mejor planificación del sistema de la red de abastecimiento y controlar de forma activa y permanente de las pérdidas de agua a través de las fugas para mantener un rendimiento óptimo del balance hídrico del sistema. El algoritmo está basado en la teoría de grafos y el resultado obtenido se codificará en un lenguaje de programación para el software EPANET, que es un programa de simulación que ayuda a comprender el avance y

las variaciones que experimenta el agua tratada cuando se introduce en las redes de distribución, siendo su objetivo final obtener el sentido del flujo en las tuberías y el caudal que circula para un instante determinado. El resultado encontrado es que, para sectorizar una red, es necesario desarrollar un modelo matemático que nos permita analizar el funcionamiento de la red actual y poder generar un cambio el árbol dirigido de mínimo coste (longitud, diámetro, caudal, velocidad, pérdida de carga unitaria y resistencia hidráulica), con lo cual los diseños de las delimitaciones pueden variar

(Campbell, 2013) Realizó una investigación en España, titulada “Propuesta para una metodología de sectorización de redes de abastecimiento de agua potable”. La investigación tuvo como objetivo establecer un procedimiento informático para la obtención de un plano de red sectorizada, que divida una red de distribución de agua potable empleando criterios hidráulicos, geográficos y que controle las fugas en la red. La investigación sigue la metodología propuesta por Herrera que consiste en estimar el número de sectores que debe tener una red de distribución mediante clústering espectral, pero adicionando como criterio, la distribución de fugas en la red de distribución de agua potable. La investigación tuvo como resultado que la sectorización de la red de distribución de agua potable representa una opción estratégica que puede llevarse a cabo con múltiples objetivos, que van desde la mejora del Control Activo de Fugas (CAF) hasta el control de la calidad del agua, aparte de favorecer el tratamiento de algunos problemas en las mismas (fugas, calidad del agua, reparaciones, etc.) , debido a la reducción dimensional implícita en la sectorización; sin embargo, su implantación cambia su comportamiento hidráulico, dado que al implicar el cierre de válvulas en las tuberías, se rompe el principio de redundancia hidráulica que tienen las redes malladas, haciéndolas más vulnerables a entrar en escenarios de desabastecimiento ante la falla de uno o más de sus elementos

(Fragoso, 2015) Realizaron un proyecto en México, titulado “La sectorización en redes de agua potable para mejorar su eficiencia hidráulica”. El proyecto tuvo como finalidad realizar la sectorización de la red de agua potable del sector MHO-31 de la delegación Miguel Hidalgo de la ciudad de México para mejorar la entrega, distribución y control de caudales, mediante, entre los accesorios, la instalación de válvulas de seccionamiento y reguladoras de presión. Se utilizó el programa EPANET para realizar sus análisis hidráulicos. La calibración del modelo se efectuó en relación con las pérdidas de agua y el caudal, considerando datos medidos ente del emisor.

Se modeló la red con su alternativa de diseño, con las válvulas reguladoras de presión abiertas y posteriormente con las válvulas en operación. Este proceso es largo y absorbe una importante cantidad de recursos humanos y económicos, por lo que debe partir de una planeación bien definida y sobre todo comprometida por parte de los responsables de la prestación del servicio de agua potable de la localidad. El problema más común en la delimitación de los sectores, se refieren a la caída de la presión en algunos puntos, la presencia de altas velocidades y la elevación de la presión durante las horas de menor consumo, por eso es importante conocer su funcionamiento hidráulico, para posteriormente proponer mejoras en el uso de la infraestructura, tener control de las presiones y de pérdidas y una administración del agua de acuerdo con el costo del servicio. La calibración del modelo se realizó primero en relación con las fugas de la red, para lo que se utilizó el porcentaje de fugas y segundo para el control de presiones, para este último se propusieron válvulas reguladoras de presión, para controlar las altas presiones y evitar con esto la ruptura de las tuberías, así como el incremento de fugas. Los resultados obtenidos a través de la EPANET es que se recuperó el volumen de agua por día de 14262 m<sup>3</sup>, que corresponde a un gasto medio recuperado de 165 l/s debido a la reducción de fugas de red del 76.8% (sin regular presión) al 25.3% (regulando presión). Con esto se comprobó la hipótesis inicial de que a través de la sectorización se mejora la eficiencia hidráulica, debido al control de las fugas al detectarlas de manera electrónica en tiempo real, y se tiene una mayor facilidad para repararlas. El volumen que fue recuperado se utilizará en otras zonas urbanas con déficit en este servicio.

## 2.2. Bases teóricas

- **AGUA NO FACTURADA O INDICE DE PERDIDAS (ANF)** (Fallis, et al., 2011)

Es el volumen que no se factura, y por lo tanto no genera ningún ingreso para la empresa de agua. Se puede expresar como la diferencia de volumen de ingreso al sistema y el consumo autorizado facturado. En la figura 6, se resaltan todos los elementos que contribuyen a la ANF.

## DEFINICION DE ANF (\*)

<b>Indicador</b>	Agua No Facturada (antes Agua no Contabilizada)
<b>Definición</b>	Mide la proporción del volumen de agua potable producida que no es facturada por la empresa prestadora.
<b>Fórmula</b>	$\frac{\Sigma (\text{Volumen Producido agua} - \text{Volumen facturado agua})}{\Sigma \text{Volumen producido de agua}}$
<b>Unidad de medida</b>	Porcentaje (%)
<b>Ámbito de Aplicación</b>	Por Empresa Prestadora de Servicios

Figura n° 6: Factores clave que influyen las fugas

FUENTE: (Fallis, Hübschen, & Oertlé, 2011)

La figura 6 demuestra el cálculo del agua no facturada. Y su ámbito de aplicación

- **DOTACIÓN** (MVCS, 2006)

La Dotación se considera como la cuantía de agua promedio correspondiente a un hab/día, expresado en litros/hab/día. Este cálculo nos servirá para establecer los gastos de la red de distribución que será aplicada a la población para su consumo

El consumo de agua cambia con las estaciones del año, en los días de la semana y durante las horas del día, los cuales dependen directamente de factores climáticos, tamaño de la ciudad y su grado de industrialización, presión, calidad del agua, etc.

El R.N.E, en el capítulo 1.4 de la Norma OS.100 establece:

La Dotación promedio diaria anual por habitante, se fijará en base a un estudio de consumos técnicamente justificado, sustentado en informaciones estadística comprobadas.

Si se comprobara la no existencia de estudios de consumo y no se justificará su ejecución, se considerarán los siguientes valores:



Tabla n° 7: Dotación promedio de consumo

LOTES MAYORES A 90 M2	
Climas fríos:	180 lt/hab/día.
Climas templados y cálidos:	220 lt/hab/día.
LOTES MENORES A 90 M2	
Climas fríos:	120 lt/hab/día.
Climas templados y cálidos:	150 lt/hab/día.

**FUENTE:** (MVCS, 2006)

Al proyecto en estudio le corresponde una Dotación de 220 lt/hab/día por tener un clima **TEMPLADO Y CALIDO**.

- **CAUDAL MEDIO DIARIO** (MVCS, 2006)

Es el caudal promedio se estima realice la población durante un periodo de 24 horas

$$Q_p = \frac{D * P}{86400}$$

P= población

Q<sub>p</sub>= caudal promedio

D=caudal máximo diario

- **CAUDAL MAXIMO DIARIO** (MVCS, 2006)

Es el caudal máximo diario se estima realice la población durante un periodo de día Máximo anual de la demanda diaria: 1,3

$$Q_{md} = K * Q_p$$

K= coeficiente de amplificación

Q<sub>p</sub>= caudal promedio

Q<sub>md</sub>=caudal máximo diario

- **CAUDAL MAXIMO HORARIO** (MVCS, 2006)

Es el caudal se estima realice la población durante un periodo de 24 horas Máximo anual de la demanda horaria: 1,8 a 2,5

$$Q_{mh} = K * Q_p$$

K= coeficiente de amplificación

Q<sub>p</sub>= caudal promedio

Q<sub>mh</sub>=caudal máximo horario

- **VARIACIONES DIARIAS**

Estas variaciones son analizadas diariamente, las cuales son ocasionadas por los cambios climatológicos, concurrencias a centros de trabajo, costumbres, etc. Lo principal es determinar el porcentaje máximo que alcanza la variación diaria en el día de máxima demanda, en relación con el consumo anual medio diario, y para establecer este porcentaje es necesario determinar el COEFICIENTE DE MAXIMA VARIACION DIARIA, representado por k1 y cuyo valor recomendado por el RNE es de:

K1 = 1.30 (coeficiente máximo anual de demanda diaria).

- **VARIACIONES HORARIAS**

Durante un día cualquiera, los consumos de agua de una comunidad presentan variaciones hora a hora dependiendo de los hábitos y actividades domésticas de la población. Estas variaciones dan origen al Coeficiente de Máxima Demanda Horaria, representada por k2, que es el que corresponde a la hora de mayor demanda y que el RNE recomienda valores que se encuentran comprendidos entre 1.80 y 2.50.

*Tabla n° 8:Valores de K2 según población*

POBLACION	K2
2,000 a 10,000 HAB	2.5
Mayores a 10,000 hab	1.8

**FUENTE:** (MVCS, 2006)

- **GESTIÓN DE LA PRESIÓN** (Fallis, et al., 2011)

La gestión de la presión ayuda a reducir las pérdidas reales de agua mediante la disminución de fugas de fondo, reportadas y no reportadas. Se reduce la presión innecesaria o en exceso y se elimina las fluctuaciones fuertes de presión. Esto, a su vez, disminuye los estallidos de tuberías en las redes de distribución de agua, ayudando así a ampliar la vida de la red.

En la tabla 7 se resume los beneficios de la gestión de la presión para las empresas de agua, clientes y protección de los recursos hídricos. La gestión de la presión puede ser una solución inmediata y económica incluso a presiones iniciales bajas.

*Tabla n° 9: Beneficios de la gestión de la presión*

BENEFICIOS	DESCRIPCIÓN
<b>Recursos Hídricos</b>	Consumo reducido y, por lo tanto, estrés disminuido de agua, así como costos adicionales de explotación.
	Menores caudales, de fugas y rupturas.
<b>Empresa de Agua</b>	Costos de reparación menores para tuberías principales y servicios.
	Reemplazos diferidos y vida ampliada del activo.
	Costo reducido del control activo de fugas.
	Frecuencia reducida de estallidos y fugas.
<b>Cliente</b>	Suministro más estable.
	Menos problemas respecto a las tuberías y aparatos del cliente.
	Mitigación de riesgos de salud.

**FUENTE:** (Fallis, et al., 2011)

- **MEDIDOR DE FLUJO VOLUMÉTRICO**

El medidor de flujo registra continuamente el volumen real de agua que se suministra al área de distribución. El sensor de presión detrás del bypass se usa para registrar la presión real como dato ingresante para la función de reducción de

la presión del controlador lógico programable (CLP). El CLP registra, procesa y archiva los datos medidos del sensor que se necesitan para controlar la válvula de paso anular. Reúne información de situación sobre los volúmenes y presiones medidos y sobre el actuador. Opcionalmente se puede transferir todos los datos registrados a la sala de control de la empresa de agua. La válvula de paso anular se acciona por medio de energía continua (DC), corriente alterna (AC) o por un actuador trifásico dependiendo del suministro de energía local.



*Figura n° 7: Medidor de flujo volumétrico  
FUENTE: ((F Y H) Fluidos y Herramientas, 2018)*

- **MEDIDOR ELECTROMAGNÉTICO EN LÍNEA**

El paso de un líquido conductor eléctrico a través de un campo magnético perpendicular al sentido de circulación del líquido induce una tensión eléctrica  $V$ , que es proporcional a la velocidad del líquido.

Dos electrodos en contacto con el líquido colocados perpendicularmente al campo magnético, captan esta tensión  $V$ , proporcional a la velocidad media  $v$  del líquido, que es adquirida por el convertidor electrónico para ser procesada y convertida en una medida de caudal.

$$V = B \cdot v_m \cdot D$$

$V$  = Tensión medida en los electrodos

$B$  = Campo magnético

$v_m$  = Velocidad media del líquido

$D$  = Diámetro de la tubería

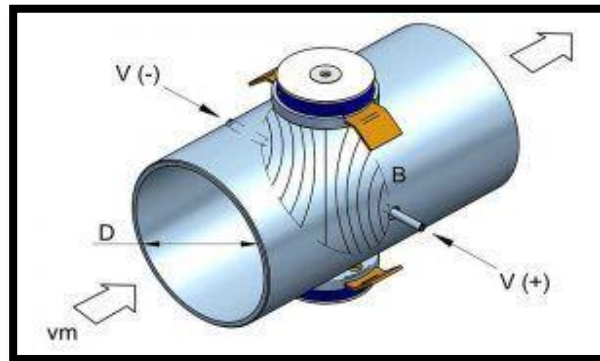


Figura n° 8:: Medidor electromagnético en línea  
FUENTE: (TECFLUID, 2018)

- **MEDIDOR ELECTROMAGNÉTICO DE INSERCIÓN**

El paso de un líquido conductor eléctrico a través de un campo magnético perpendicular al sentido de circulación del líquido induce una tensión eléctrica  $V$ , que es proporcional a la velocidad del líquido.

Dos electrodos en contacto con el líquido colocados perpendicularmente al campo magnético captan esta tensión  $V$ .

$$V = B \cdot v \cdot d$$

$V$  = Tensión medida en los electrodos

$B$  = Campo magnético

$v$  = Velocidad del líquido

$d$  = Distancia entre electrodos

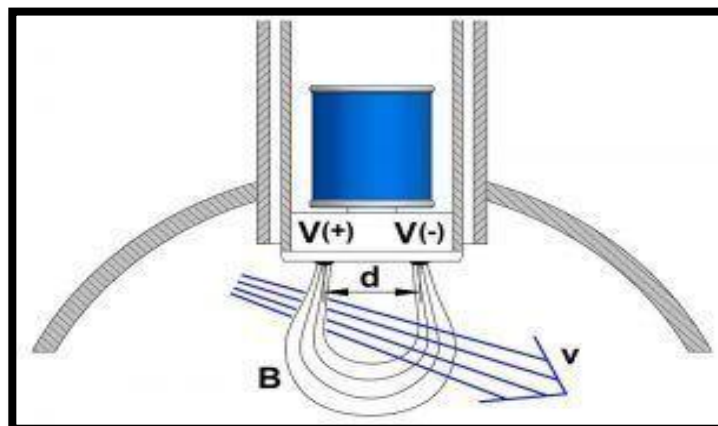


Figura n° 9:: Principio de medidor de inserción  
FUENTE: ((F Y H) Fluidos y Herramientas, 2018)

### 2.3. Definición de términos

- **MODELO HIDRAULICO** (Castro, 2016)

La modelación hidráulica es una ciencia que se basa en principios físicos establecidos, sean éstos los conceptos generales del análisis dimensional o sean aquellos obtenidos por el uso de ecuaciones empíricas en procesos específicos la base de la modelación es la identificación de las magnitudes predominantes en el fenómeno analizado, se complementa con una correcta selección de la escala y se finaliza con la interpretación de los resultados y su aplicación para obtener la solución del problema real, en donde deben considerarse los denominados “efectos de escala”

- **WATERGEMS V8I.** (bentley, 2016)

WaterGEMS es una herramienta de ayuda para la toma de decisiones completa y fácil de usar para los profesionales en hidráulica que diseñan, planifican y operan sistemas de distribución de agua. El software le ayuda a mejorar su conocimiento acerca del comportamiento de la infraestructura como un sistema, la forma en que reacciona ante las estrategias operativas y cómo debe crecer a medida que aumenta la población y las demandas.

- **CONSUMO DOMÉSTICO** (TERÁN, 2012)

Es la cantidad de agua que se utiliza en las viviendas y depende básicamente del clima y de la clase socioeconómica de los usuarios y varía en algunos casos por las siguientes causas, presión del agua en la red, existencia de alcantarillado sanitario, costo del agua.

- **DEMANDA** (TERÁN, 2012)

Cuando se trata de diseñar un sistema hidráulico urbano, es importante determinar la demanda futura de agua, calculándola por medio de la suma de los distintos consumos de las diferentes clases socioeconómicas y la proyección de la población.

- **DOTACIÓN** (TERÁN, 2012)

La dotación es la cantidad de agua que se la asigna a cada habitante para su consumo, considerando todos los consumos de los servicios y las pérdidas físicas en el sistema, en un día medio anual y sus unidades están dadas en l/h/día. La dotación se obtiene por medio de un estudio de demandas, pero cuando esto no es posible se emplea la tabla de demandas que considera el número total de habitantes y la temperatura media anual de la localidad.

- **DIÁMETRO MÍNIMO** (MVCS, 2006)

El diámetro mínimo será de 75 mm para uso de vivienda y de 150 mm de diámetro para uso industrial. En casos excepcionales, debidamente fundamentados, podrá aceptarse tramos de tuberías de 50 mm de diámetro, con una longitud máxima de 100 m si son alimentados por un solo extremo ó de 200 m si son alimentados por los dos extremos, siempre que la tubería de alimentación sea de diámetro mayor y dichos tramos se localicen en los límites inferiores de las zonas de presión. En los casos de abastecimiento por piletas el diámetro mínimo será de 25 mm.

- **VELOCIDAD** (MVCS, 2006)

La velocidad máxima será de 3 m/s. En casos justificados se aceptará una velocidad máxima de 5 m/s.

- **PRESIONES** (MVCS, 2006)

La presión estática no será mayor de 50 m en cualquier punto de la red. En condiciones de demanda máxima horaria, la presión dinámica no será menor de 10 m. En caso de abastecimiento de agua por piletas, la presión mínima será 3,50 m a la salida de la pileta.

- **UBICACIÓN** (MVCS, 2006)

En las calles de 20 m de ancho o menos, se proyectará una línea a un lado de la calzada y de ser posible en el lado de mayor altura, a menos que se justifique

la instalación de 2 líneas paralelas. En las calles y avenidas de más de 20 m de ancho se proyectará una línea a cada lado de la calzada.

La distancia mínima entre los planos verticales tangentes más próximos de una tubería de agua para consumo humano y una tubería de aguas residuales, instaladas paralelamente, será de 2 m, medido horizontalmente. La distancia entre el límite de propiedad y el plano vertical tangente más próximo al tubo no será menor de 0,80 m. En las vías peatonales, pueden reducirse las distancias entre tuberías y entre éstas y el límite de propiedad, así como los recubrimientos siempre y cuando:

- Se diseña protección especial a las tuberías para evitar su fisuramiento o ruptura.
- Si las vías peatonales presentan elementos (bancas, jardines, etc.) que impidan el paso de vehículos.

En vías vehiculares, las tuberías de agua potable deben proyectarse con un recubrimiento mínimo de 1 m sobre la clave del tubo. Recubrimientos menores, se deben justificar.

- **GESTION DE LA PRESION** (Fallis,et al., 2011)

Se puede definir la gestión de la presión como la práctica de manejar presiones del sistema a niveles óptimos de servicio a la vez que se asegura un suministro suficiente y eficiente para usos legítimos. Los efectos positivos de la gestión de la presión son el reducir las pérdidas reales de agua, disminuyendo las presiones innecesarias o excesivas, así como eliminando la fluctuación de presiones fuertes o transitorias. Estos factores frecuentemente causan nuevas roturas y estallidos de tuberías dentro de las redes de distribución del agua. La relación directa entre el caudal de las fugas y la presión significa que la gestión de la presión es el único método de intervención que permite tener un impacto positivo en los tres componentes de las pérdidas reales de agua: las fugas de fondo, las fugas reportadas y las no reportadas.



- **GESTION DE LA OFERTA** (Fallis,et al., 2011)

Se puede definir la gestión de la oferta al efecto de tener la capacidad de recompilar, analizar y procesar la información con la que se cuenta y generar planteamientos como el monitoreo del caudal de abastecimiento que llega a los usuarios, la cual se da mediante mediciones de consumo de agua potable ya sean diarios, mensuales y anuales, registros que mostraran un volumen de dotación definido a los usuarios y este será un instrumento para precisar pérdidas físicas (operativas) y comerciales en las redes de distribución.

- **GESTION DE LA DEMANDA** (Fallis,et al., 2011)

Se puede definir la gestión de la demanda a los procesos de monitoreo, análisis y procesamiento de información de consumos mínimos y máximos del recurso hídrico y a la vez al planteamiento de acciones para poder satisfacer el consumo hídrico de los usuarios.

- **PÉRDIDAS COMERCIALES** (Fallis,et al., 2011)

Las pérdidas comerciales son aquellas relacionadas con el funcionamiento comercial y técnico de la empresa prestadora del servicio (UNAD, 2014). Se presentan por usos no autorizados (robo, conexiones clandestinas), por errores de lectura debido a la imprecisión de los medidores que registran los consumos de los clientes produciéndose un “sub contaje” o del procesamiento de datos del sistema de información comercial de la empresa (cálculo de consumos, catastro de redes, sistemas informáticos, etc.) (MMAyA, 2013).

- **PÉRDIDAS FÍSICAS (REALES)** (Fallis,et al., 2011)

Las pérdidas físicas corresponden a los volúmenes de agua que se pierden como consecuencia de fallas en la infraestructura física instalada: fisuras, roturas y filtraciones. Las causas de estas fallas pueden ser: (i) factores sobre los cuales se pueden ejercer acciones de control, tales como presiones máximas, calidad de los materiales, procesos constructivos y estado de conservación de los materiales y elementos estructurales, y (ii) factores externos no controlables, tales como características del agua y de los suelos, siniestros provocados por terceros, efectos de las raíces de los árboles sobre las tuberías y presiones externas, entre otras (MIDEPLAN & PUCC, 1997).

- **MÉTODOS DE REDUCCION DE PERDIDAS COMERCIALES** (Fallis, et al., 2011)

Como metodología para disminuir las pérdidas comerciales, el equipo de trabajo ha enfocado sus esfuerzos a realizar gestión del parque de medición, el cual corresponde a la sustitución de medidores que se han identificados con problemas (parados, dañados, rotos o con algún indicio de alteración del mecanismo de lectura) con lo cual se estaría presentando sub medición.

Adicionalmente, se identificaron e instalaron equipos de medición en las zonas a las que se les está suministrando agua, pero que por su condición de Asentamientos Humanos de Desarrollo Incompleto (AHDl) no pueden ser facturados. Lo anterior para obtener registros del agua suministrada no facturada.

- **MÉTODOS DE REDUCCION DE PERDIDAS FISICAS** (Fallis, Hübschen, & Oertlé, 2011)

En lo referente a las pérdidas técnicas, se está implementando la estrategia planteada por la IWA y en la cual el trabajo se enfoca en mejorar la gestión de la infraestructura física (contratos de sustitución de redes), control activo de las fugas (rastreo sistemático en zonas identificadas con grandes pérdidas de agua en tubería), aumentar la velocidad y la calidad de las reparaciones efectuadas y el control activo de presiones (sectorización hidráulica), tal como se aprecia en la Figura 8.

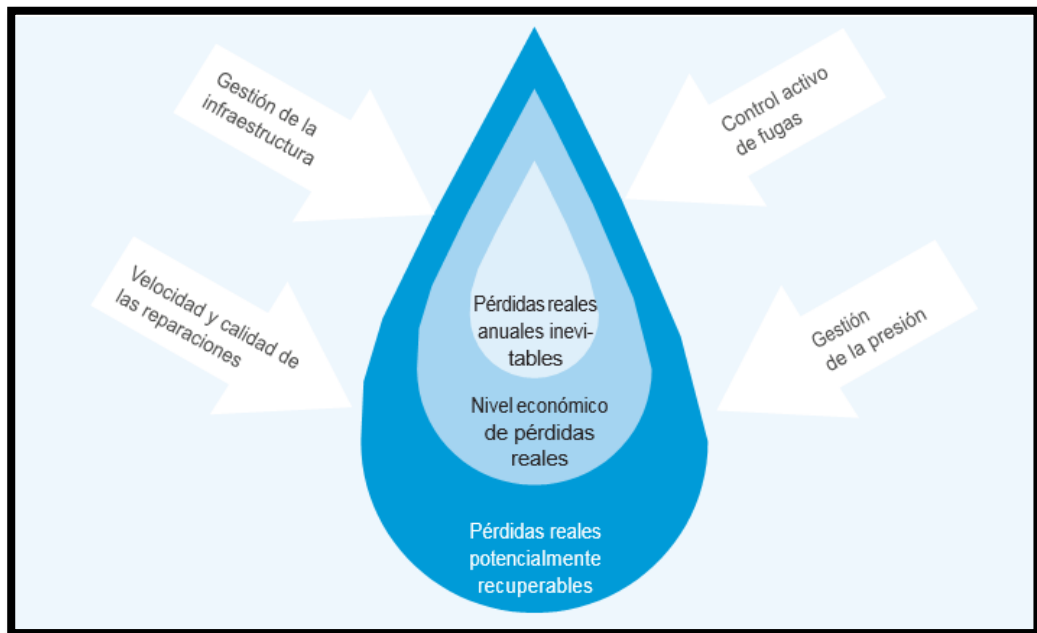


Figura n° 10:: Gestión de presiones

**FUENTE:** Los cuatro métodos principales contra las pérdidas reales de agua según el Grupo de Trabajo sobre Pérdidas de Agua de la IWA (GIZ, 2011).

- **VARIACIONES DE CONSUMO** (Fallis, Hübschen, & Oertlé, 2011)

En general, la finalidad de un sistema de abastecimiento de agua es la de suministrar agua a una comunidad en forma continua y con presión suficiente a fin de satisfacer razones sanitarias, sociales, económicas y de confort, propiciando así su desarrollo. Esto implica el conocimiento cabal del funcionamiento del sistema de acuerdo a las variaciones en los consumos del agua que ocurran para diferentes momentos durante el periodo de diseño.

Los consumos de agua de una localidad muestran variaciones estacionales, mensuales, diarias y horarias.

- **CAUDAL DE DISEÑO** (DeVellis, 1991)

El caudal máximo horario es la base para establecer el caudal de diseño. El caudal máximo horario del día máximo se estima a partir del caudal final medio diario, mediante el uso del factor de mayor ración,  $k$

- **BALANCE HIDRICO (Fuente propia)**

Es el equilibrio entre el suministro de Agua que ingresa a un sistema y el que sale del mismo, en un intervalo de tiempo determinado. Este tipo de análisis es empleado en fuentes de captación de agua superficial, pozos, sistemas de distribución de agua potable, sistemas de agua residual, etc.

Establecer un balance hídrico a intervalos regulares proporciona la base para eliminar las pérdidas de agua.

- **VÁLVULAS (MVCS, 2006)**

La red de distribución estará provista de válvulas de interrupción que permitan aislar sectores de redes no mayores de 500 m de longitud. Se proyectarán válvulas de interrupción en todas las derivaciones para ampliaciones. Las válvulas deberán ubicarse, en principio, a 4 m de la esquina o su proyección entre los límites de la calzada y la vereda. Las válvulas utilizadas tipo reductoras de presión, aire y otras, deberán ser instaladas en cámaras adecuadas, seguras y con elementos que permitan su fácil operación y mantenimiento.

Toda válvula de interrupción deberá ser instalada en un alojamiento para su aislamiento, protección y operación. Deberá evitarse los “puntos muertos” en la red, de no ser posible, en aquellos de cotas más bajas de la red de distribución, se deberá considerar un sistema de purga.

## CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

### 3.1. Tipo y diseño de la investigación

Los tipos de investigación en la presente tesis son:

- Explicativo: La investigación explicativa se utilizó para expresar el comportamiento de una variable (pérdidas de agua) en función de una a más variables independientes (presión, continuidad de servicio). Este tipo de estudio permitió explicar, comprender e interpretar el por qué ocurren las pérdidas de agua y en qué condiciones se dan. Con este tipo de investigación se identificaron las causas del problema, para posteriormente plantear soluciones.

#### 3.1.1 Nivel de la investigación

Los niveles de investigación alcanzados en la presente tesis son los siguientes:

- a. **Perceptual:** este fue el nivel inicial ya que este nivel correspondió al planteamiento inicial de la problemática en la que se encontraba la zona de estudio.
- b. **Aprehensivo:** En este nivel de investigación se realizó una investigación sobre los antecedentes de la zona de estudio en cuanto a presiones e índice de pérdidas de agua.
- c. **Comprensivo:** Este nivel de investigación se alcanzó al monitorear los caudales de abastecimiento al sub sector 20 sector IV.
- d. **Integrativo:** Este nivel de investigación se alcanzó al realizar la evaluación del sistema con el modelamiento hidráulico e identificar la pérdida de presión

### **3.2. Población y/o muestra de estudio**

#### **3.2.1. Población**

El sub sector 20, sector VI, este compuesto por las zonas, Pueblo Joven Augusto Leguía, Asociación de vivienda los granados, Asoc. De vivienda los CIPRESES, Asoc. De vivienda señor de locumba. Con una cantidad de 18,171.0 habitantes, los cuales representan 4732 conexiones domiciliarias de las cuales un 80% son domésticas y un 20% comerciales.

#### **3.2.2. Muestra**

La ciudad de Tacna cuenta aproximadamente con 286,240 habitantes, de los cuales el sub sector 20 sector VI representa el 6% de la población total, siendo 17,174.4 habitantes.

La estructura hidráulica principal del sector 20 sector VI, está compuesta por 31.864 km de tubería (18,364 Km de PVC y 13,230 Km de asbesto de cemento) con diámetros de 90 mm a 200 mm. Además de tres válvulas reductoras de presión situadas estratégicamente en las zonas bajas del sub sector.

### **3.3. Operacionalización de variables**

Tabla n° 10: Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	ES INDICADOR	ITEMS	ESCALA				
Comportamiento hidráulico de redes de distribución de agua potable	La capacidad de presión y velocidad, que experimenta el sistema de tuberías	Para evaluar el comportamiento hidráulico de una red de distribución en la que se conocen los diámetros, longitudes y coeficientes de fricción; se requiere determinar las cargas de presión en los nodos que posee y las velocidades que fluyen en los tubos que la componen.	1. Velocidad mínima	Velocidades	1. ¿Las clases de tubería en las redes de distribución de agua potables en el <b>sub sector 20, sector VI?</b>			x		
			2. Dotación							
			3. Clases de tubería							
			1. Presión mínima	Presiones	2. ¿La topografía influye en el comportamiento hidráulico de las redes de distribución de agua potable en el <b>sub sector 20, sector VI ?</b>			x		
2. Clases de tubería										
3. Topografía										
1. Diámetro mínimo	Diámetros	3. ¿La dotación de agua en <b>sub sector 20, sector VI</b> , es la más conveniente?			x					
2. Dotación										
2. Acceso										
			3. Compatibilidad							

Fuente: Propia

### 3.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

Las técnicas que se emplean son de análisis situacional y observación experimental con apoyo del personal técnico de la EPS TACNA S.A.

Así como también con apoyo de equipos sofisticados para la recolección de datos en la red.

#### 3.1.2 Técnicas para la recolección de datos

Los datos obtenidos durante el proceso de la investigación se organizarán y procesarán de forma manual y digital con el propósito de presentar la información de manera ordenada, clara y sencilla.

Para el procesamiento de datos del presente estudio se hará uso de los siguientes programas:

**A) MICROSOFT OFFICE EXCEL2010:**

Registro de información sobre la base de los formatos empleados. Este procedimiento permitirá configurar la matriz de sistematización de datos que se adjuntaran al informe.

**B) AUTOCAD 2018:**

AutoCAD es un software de diseño asistido por computadora utilizado para dibujo 2D y modelado 3D.

**C) MICROSOFT OFFICE WORD 2010:**

Es un programa informático orientado al procesamiento de textos. Fue creado por la empresa Microsoft

**D) GOOGLE EARTH**

Es un programa informático que muestra un globo virtual que permite visualizar múltiple cartografía, con base en la fotografía satelital.

- Soporte para la extensión espacial de PostgreSQL, PostGIS.
- Manejo de archivos vectoriales Shapefile, ArcInfo coverages, Mapinfo, GRASS GIS, DXF, DWG, etc.
- Soporte para un importante número de tipos de archivos raster (GRASS GIS, GeoTIFF, TIFF, JPG, etc.)



#### E) **WÁTER GEMS V8I:**

Es un instrumento eficiente para poder diseñar modelos hidráulicos referentes a redes de distribución de agua potable y simular escenarios favorables y desfavorables para los sistemas de agua potable. Fue creado por la empresa **Bentley Systems, Incorporated**.

### 3.1.3 **Instrumentos para la recolección de datos**

Para el trabajo en campo se utilizan algunos instrumentos de medición y señalización como los siguientes:

- **Hoja de Registro de datos:**

Se utiliza para tener un control de la data en campo

- **Manómetro:**

Este instrumento sirve para medir presiones en tiempo real sus unidades de medida se dan en PSI y BAR

- **Data logger**

La EPS TACNA S.A. cuenta con equipos registradores con transductores de presión (data logger), estos equipos permiten:

Medir la presión en periodo extendido. Los equipos almacenan los datos cada 1 min, 2 min, 5 min, etc. Según la necesidad y programación del usuario. Esta medición continua permite monitorear las presiones y las horas de servicio. En base a las presiones (presión cero sin servicio)

- **Medidor de caudal portátil:**

Este equipo permite medir los caudales en tránsito dentro de las tuberías por medio de sensores ultrasónicos que se insertan en la superficie de las tuberías a través de estos sensores el medidor registra el tránsito de los caudales en tiempo real

- **Plano de distribución**

Se utiliza para tener conocimiento e identificar la infraestructura sanitaria en campo y en gabinete

### 3.5. Procesamiento y análisis de datos

#### 3.5.1. Cálculo del índice de pérdidas (ANF) del sub sector 20 sector VI

Para calcular el índice de pérdidas o agua no facturada fue necesario recompilar data del subsector 20 sectores VI. La data a utilizar es:

- Volumen Facturado (acumulado mes)
- Volumen de ingreso al sistema (acumulado mes)

#### Volumen facturado:

Para obtener el volumen facturado es necesario recompilar la data real de facturación del área correspondiente en este caso esta información la brindo la división de catastro comercial entregando la información sobre el volumen facturado en sector VI subsector 20, al mes de marzo.

*Tabla n° 11:: Análisis de data histórica (marzo 2019)*

RUTAS	mar-19	
	CANTIDAD USUARIOS	VF MAR (m3)
8	496	5981
9	626	6602
10	595	8998
11	1067	11176
12	348	4624
19	186	2361
20	1414	15442
<b>Total</b>	<b>4732</b>	<b>55184</b>

*Fuente. Propia*

Este cuadro muestra la cantidad de usuarios y el volumen que han facturado estos usuarios al mes de marzo el cual está representado en m3.

Para obtener la información del volumen inyectado al sistema de distribución se recurrió a la Div. de distribución y control de pérdidas de la EPS TACNA.

Con apoyo del especialista del área se obtuvo la información que fue descargada de un equipo macro medidor de caudal que se encuentra al ingreso del sector el cual tenía una data acumulada del caudal entregado al sistema al mes de marzo.

Este equipo registra un caudal cada 15 min, para lo cual es necesario hacer un ejercicio para calcular el volumen acumulado en este periodo de tiempo (15 min) para lo cual se realizó el siguiente ejercicio:

*Tabla n° 12:: Cálculo de volumen de ingreso al sistema*

Fecha/Hora	Caudal	Vol Acumulado
<b>03/03/2019 00:00</b>	19.44	17500
<b>03/03/2019 00:15</b>	22.22	20000
<b>03/03/2019 00:30</b>	33.33	30000
<b>03/03/2019 00:45</b>	51.67	46500
<b>03/03/2019 01:00</b>	21.67	19500

*Fuente. Propia*

Caudal: 19.44 l/s

$19.44 \text{ l/s} \times 60\text{s} \times 15\text{min} = 17500$  litros este dato nos indica el volumen acumulado en un periodo de 15 minutos, este mismo ejercicio se repitió para todos los datos que arrojo el macro medidor. (se anexa valores obtenidos)

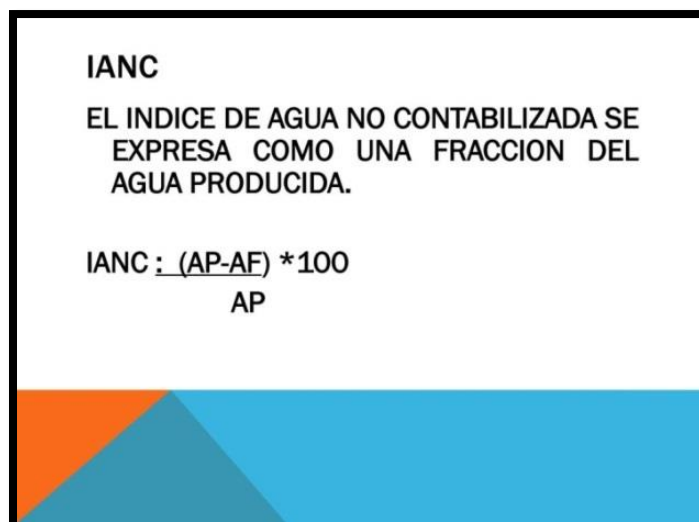
*Tabla n° 13: Análisis de volumen facturado*

RUTAS	Mar-19	
	CANTIDAD USUARIOS	VF MAR (m3)
8	496	5981
9	626	6602
10	595	8998
11	1067	11176
12	348	4624
19	186	2361
20	1414	15442
Total	4732	55184

*Fuente. Propia*

Este cuadro muestra la cantidad de usuarios y el volumen que han facturado estos usuarios al mes de marzo el cual está representado en m3.

Para el cálculo del ANF se utilizan los datos obtenidos anteriormente y se plasman en la siguiente formula.



*Figura n° 11.: Formula de ANF  
Fuente. Propia*

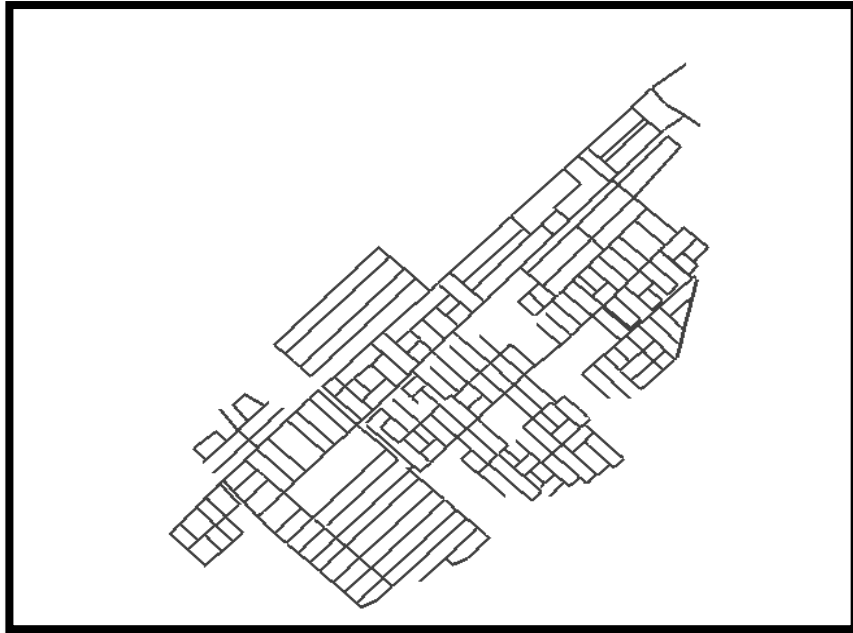
**3.5.2. Evaluar el sistema de distribución del Sub sector 20, Sector VI Pueblo Joven Augusto B. Leguía en la Ciudad de Tacna mediante un modelo hidráulico.**

**3.5.2.1. Identificar la funcionabilidad de las válvulas reductoras de presión del sub sector 20 sector VI, por medio de un modelo hidráulico en WATERGEMS V8I.**

Para evaluar la funcionabilidad de las válvulas reductoras de presión se plantea elaborar un modelo hidráulico existente en la plataforma WATERGEMS V8I, para ello se requiere recopilación de la data indispensable:

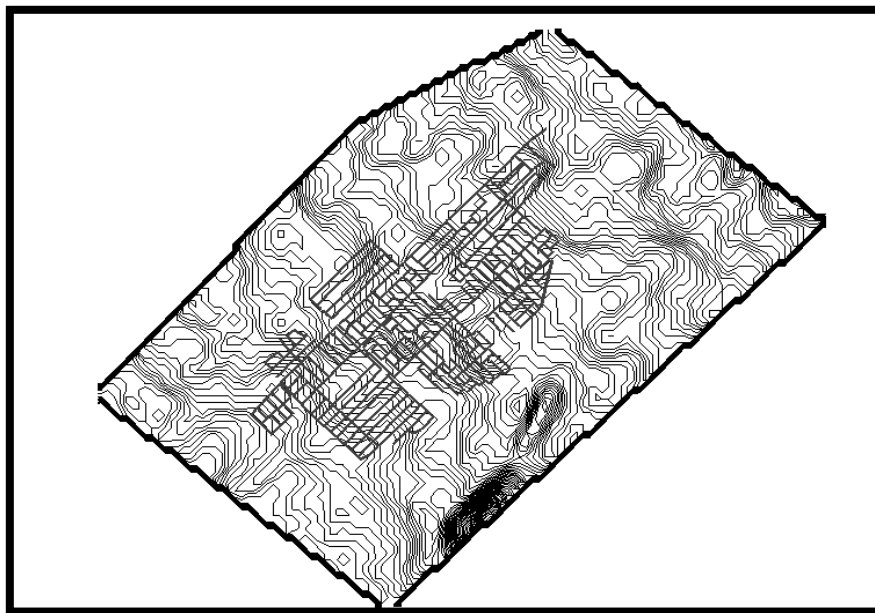
- Catastro actualizado y geo referenciado
- Plano de elevaciones
- Variables del sistema de distribución
- Operación del sistema

En el caso de la EPS TACNA, no se contó con un catastro compatible con la plataforma WATERGEMS V8I. Es por ello que, como primer paso se realizara la migración del catastro técnico de la EPS TACNA S.A, al software WATERGEMS con las mismas características que cuenta el sistema de distribución. (Diámetros de tubería y tipo de tubería).



*Figura n° 12: Sistema de distribución de redes de agua potable en Watercad  
Fuente. Propia*

Luego insertamos las curvas de nivel en el modelo para trabajar en una superficie



*Figura n° 13: Curvas de nivel en Watercad  
Fuente. Elaboración Propia*

**Identificación de variables del sistema de distribución del sector VI  
subsector 20 de la EPS Tacna**

Para esto se recompilará la data histórica de presiones a fin de poder analizarla y observar las variaciones a lo largo del tiempo.

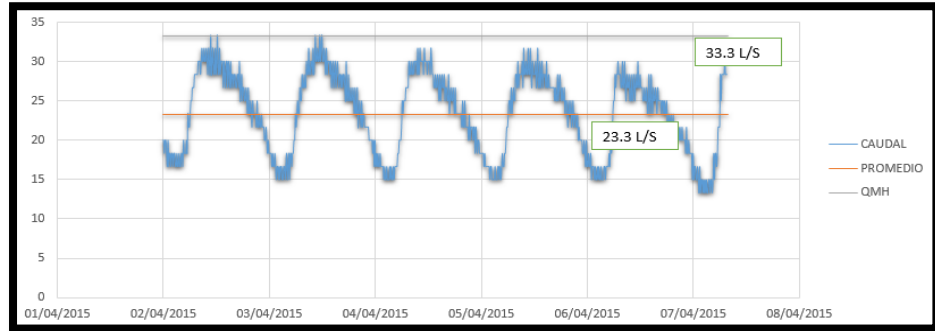
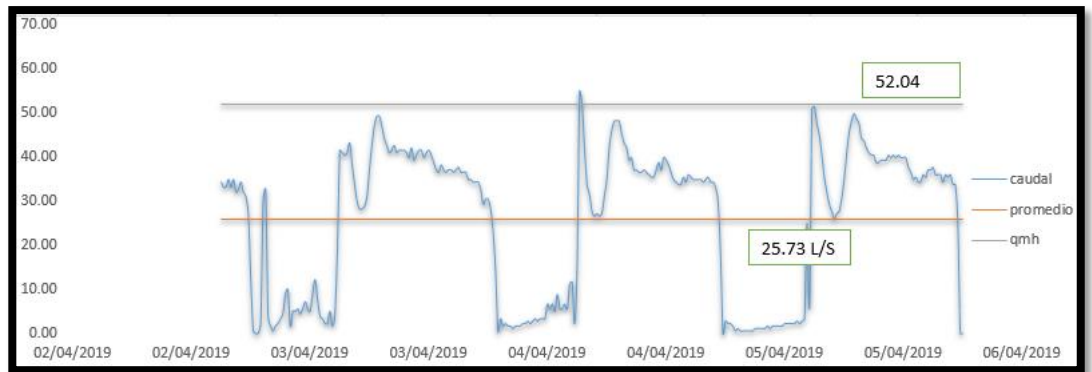


Figura n° 14: Análisis de QMH y QP año 2015,  
Fuente. Propia



FFigura n° 15: Análisis de QMH y QP año 2019  
Fuente. Propia

Tabla n° 14: Análisis de caudales

VARIABLE	AÑO 2015	AÑO 2019
QP	23.3	QP 25.73
QMH	33.3	QP 52.04

Fuente. Propia

Luego de identificar las variables, Insertamos las demandas variables del sistema al año 2015 y año 2019, analizando el escenario más desfavorable para el sistema como el QMH, según la información analizada:

ID	Label	Demand (Base) (L/s)	Pattern (Demand)	Zone
1	1561 J-766	0.02	Fixed	SECTOR VI
2	1039 J-523	0.01	Fixed	SECTOR VI
3	1037 J-522	0.01	Fixed	SECTOR VI
4	1036 J-521	0.01	Fixed	SECTOR VI
5	1507 J-741	0.06	Fixed	SECTOR VI
6	1555 J-764	0.01	Fixed	SECTOR VI
7	1032 J-519	0.01	Fixed	SECTOR VI
8	1031 J-518	0.01	Fixed	SECTOR VI
9	1551 J-762	0.03	Fixed	SECTOR VI
10	1029 J-517	0.27	Fixed	SECTOR VI
11	1548 J-761	0.02	Fixed	SECTOR VI
12	1026 J-515	0.01	Fixed	SECTOR VI
13	1023 J-513	0.01	Fixed	SECTOR VI
14	1543 J-760	0.02	Fixed	SECTOR VI
15	1542 J-759	0.03	Fixed	SECTOR VI
16	1020 J-511	0.01	Fixed	SECTOR VI
17	1540 J-758	0.02	Fixed	SECTOR VI

Statistics	Value	Unit
Count:	362	
Maximum:	2.99	L/s
Mean:	0.09	L/s
Minimum:	0.00	L/s
Standard Deviation:	(N/A)	L/s
Sum:	33.40	L/s

Figura n° 16: Inserción de QMH al 2015 33.4 l/s en wáter CAD  
Fuente. Propia

ID	Label	Demand (Base) (L/s)	Pattern (Demand)	Zone
1	1561 J-766	0.04	Fixed	SECTOR VI
2	1039 J-523	0.02	Fixed	SECTOR VI
3	1037 J-522	0.01	Fixed	SECTOR VI
4	1036 J-521	0.02	Fixed	SECTOR VI
5	1507 J-741	0.09	Fixed	SECTOR VI
6	1555 J-764	0.01	Fixed	SECTOR VI
7	1032 J-519	0.01	Fixed	SECTOR VI
8	1031 J-518	0.01	Fixed	SECTOR VI
9	1551 J-762	0.04	Fixed	SECTOR VI
10	1029 J-517	0.42	Fixed	SECTOR VI
11	1548 J-761	0.03	Fixed	SECTOR VI
12	1026 J-515	0.01	Fixed	SECTOR VI
13	1023 J-513	0.02	Fixed	SECTOR VI
14	1543 J-760	0.03	Fixed	SECTOR VI

Statistics	Value	Unit
Count:	356	
Maximum:	4.67	L/s
Mean:	0.15	L/s
Minimum:	0.00	L/s
Standard Deviation:	(N/A)	L/s
Sum:	52.03	L/s

Figura n° 17. Inserción de QMH al 2019 52.03 l/s en wáter CAD

Fuente. Propia

Finalmente, haremos nuestro diseño con la ayuda de Watercad para la simulación de las redes de agua potable.

Time (hours)	Balanced?	Trials	Relative Flow Change	Flow Supplied (L/s)	Flow Demanded (L/s)
All Time Steps(1)	True	6	0.0003137	0.00	5
0.00	True	6	0.0003137	0.00	5

Figura n° 18: Corrida del modelo hidráulico

Fuente. Propia

Habiendo modelado el sistema de distribución de agua potable de sector VI subsector 20 se obtendrá como resultado la funcionalidad de las válvulas reductoras de presión y necesidad de reducir presiones en las zonas que se logren identificar.

### 3.5.2.2. Evaluar el sistema de distribución del sub sector 20 sector VI, por medio del modelamiento hidráulico en WATERGEMS V8I

Para evaluar el sistema de distribución del sub sector 20 sector VI, simularemos el sistema en los caudales QP, QMH y QMIN, estos caudales fueron identificados en las figuras n°14 y n°15 y son:

- Periodo 2015
  - ✓ QP:23.3
  - ✓ QMH: 33.3
  - ✓ QMIN: Se desprecia debido a que no presenta una continuidad de 24 horas
- Periodo 2019
  - ✓ QP:25.73
  - ✓ QMH:52.4
  - ✓ QMIN: Se desprecia debido a que no presenta una continuidad de 24 horas

Con esta data se evaluara el periodo 2019, y se verificara la eficiencia en la operación del sistema.

## CAPÍTULO IV: RESULTADOS

### 4.1. Identificar el índice de perdidas (ANF) del sub sector 20 sector VI

*Tabla n° 15: Cálculo de ANF*

Mar-19					
Q (l/s)	Horas de servicio	Vol dotado/mes (l/s)	Vol.dot/mes	Vol. Facturado	ANF
29.21	9	66388500	66389	55184	17%

*Fuente. Propia*

Realizando el cálculo obtenemos que el índice de pérdidas o agua no facturada en el sector VI sub sector 20 es de 17%.



Este índice de pérdidas de 17% representa un volumen de 11,205 m<sup>3</sup> por mes, que si lo representamos en pérdidas económicas con una tarifa promedio de consumo residencial doméstico (s/.1.233) sería S/. 13,815.77 al mes

Tabla n° 16: Tarifa de costo de agua

Clase	Categoría	Rango	Tarifa (S/./m <sup>3</sup> )		Cargo Fijo	Asignación de Consumo (m <sup>3</sup> /mes)
			Agua	Alcantarillado		
Residencial	Social	0 a 10	0.391	0.164	2.500	10
		10 a más	0.797	0.335	2.500	
	Doméstico	0 a 8	0.609	0.256	2.500	20
		8 a 20	0.868	0.365	2.500	
No Residencial	Comercial	0 a 30	1.529	0.643	2.500	30
		30 a más	3.243	1.363	2.500	
	Industrial	0 a 60	2.692	1.131	2.500	60
		60 a más	5.479	2.302	2.500	
	Estatal	0 a 50	1.105	0.464	2.500	75
		50 a más	1.607	0.675	2.500	

Fuente. EPS Tacna S.A

4.2. Evaluar el sistema de distribución del Sub sector 20, Sector VI Pueblo Joven Augusto B. Leguía en la Ciudad de Tacna, 2019” mediante un modelo hidráulico.

4.2.1. Evaluación de funcionalidad de válvulas reductoras de presión

VRP n°1: esta válvula se encuentra situada en la av. Ejército frente a mz,K lote 322



Figura n° 19: Ubicación de VRP n°1

Fuente: Propia

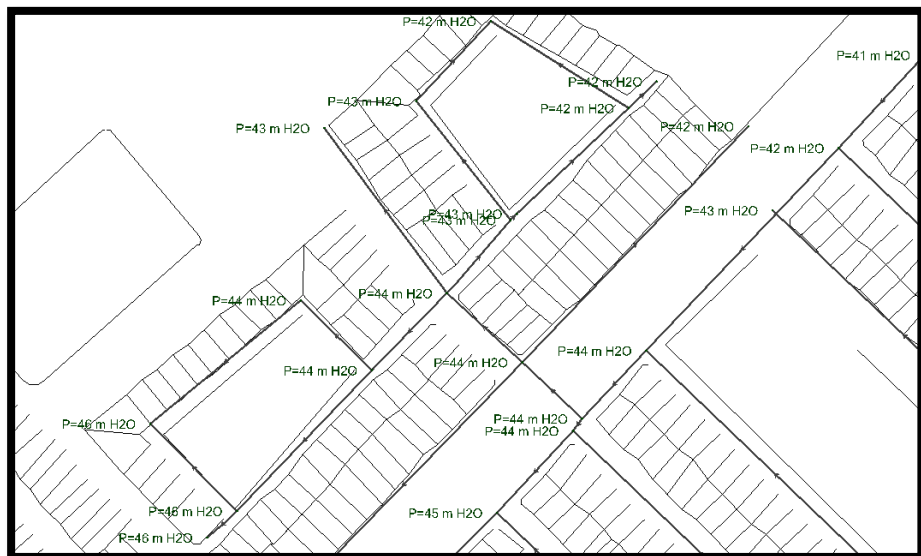
Esta válvula recibe una presión de 48 m.c.a y la reduce a 13 m.c.a aguas abajo el área de influencia de esta válvula es de aproximadamente el 60% de todo el sub sector 20.



*Figura n° 20: Área de influencia de VRP n°1  
Fuente: Propia*

Los reportes arrojan que esta válvula controla las presiones de 12 m.c.a la mínima y la máxima 49 m.c.a (ver anexo II: reportes de presiones controladas por VRP 01)

Esto quiere decir que esta válvula no logra minimizar las presiones en toda su área de influencia. Quedando la zona de asociación de vivienda el cacique, con presiones sobre los 40 m.c.a en periodo dinámico



*Figura n° 21: Resultados de regulación de VRP n°1  
Fuente: Propia*

VRP n°02: esta válvula se encuentra situada cooperativa de vivienda 1 de setiembre frente a mz,24, frente a lote 16



Figura n° 22: Ubicación de VRP n°2  
Fuente: Propia

Esta válvula recibe una presión de 38 m.c.a y la reduce a 7 m.c.a aguas abajo el área de influencia de esta válvula es de aproximadamente el 30% de todo el sub sector 20.



Figura n° 23: Área de influencia de VRP n°2  
Fuente: Propia

Los reportes arrojan que esta válvula controla las presiones de 7 m.c.a la mínima y la máxima 21 m.c.a (ver anexo III: reportes de presiones controladas por VRP 02). Esto quiere decir que esta válvula logra minimizar las presiones en toda su área de influencia.

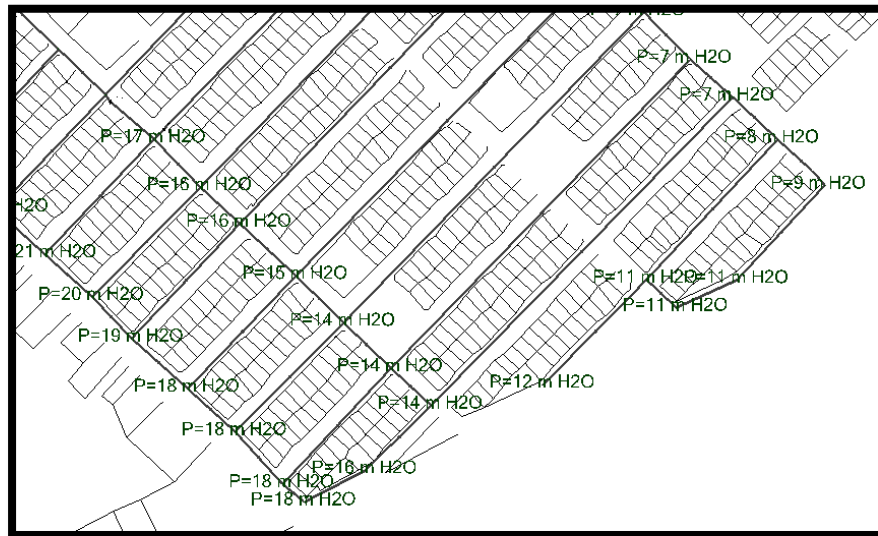


Figura n° 24: Resultados de regulación de VRP n°2  
Fuente: Propia

VRP n°03: esta válvula se encuentra situada Asociación señor de locumba mz C, frente a lote 7 frente



Figura n° 25: Ubicación de VRP n°3  
Fuente: Propia

Esta válvula recibe una presión de 47 m.c.a y la reduce a 9 m.c.a aguas abajo el área de influencia de esta válvula es de aproximadamente el 10% de todo el sub sector 20



Figura n° 26: Área de influencia de VRP n°3  
Fuente: Propia

Los reportes arrojan que esta válvula controla las presiones de 9 m.c.a la mínima y la máxima 16 m.c.a (ver anexo IV: reportes de presiones controladas por VRP 03). Esto quiere decir que esta válvula logra minimizar las presiones en toda su área de influencia.

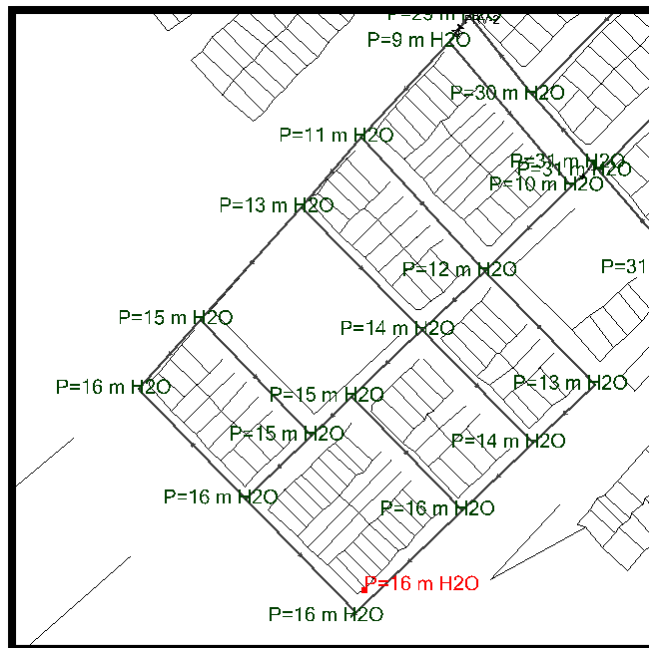
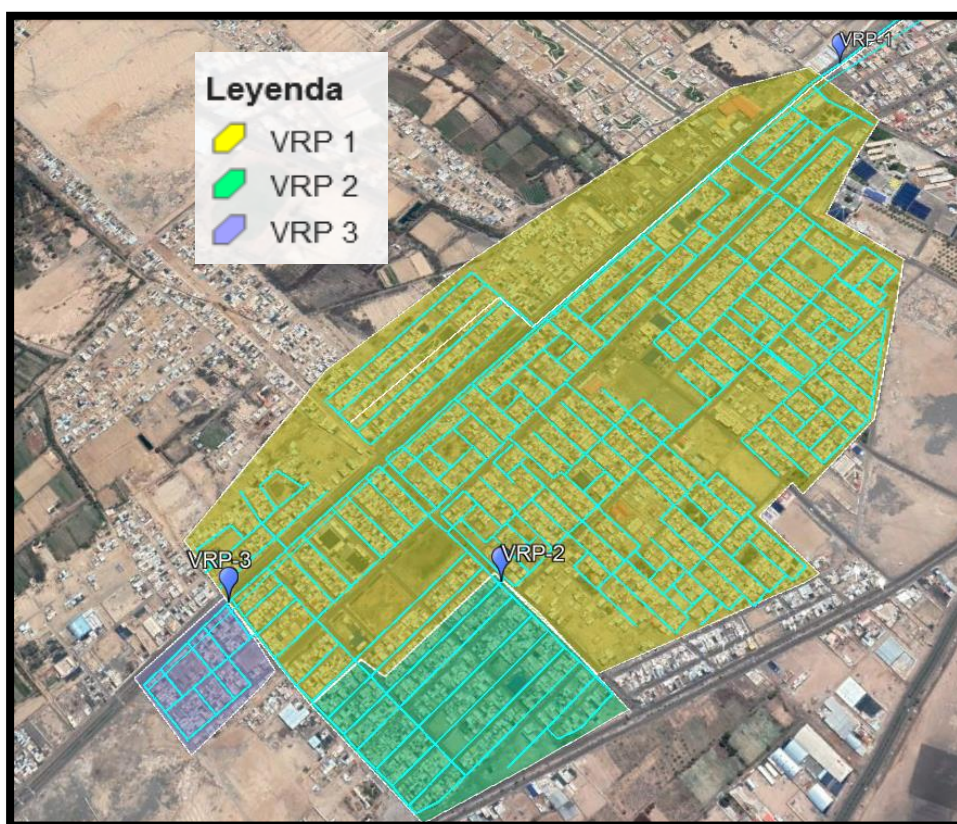


Figura n° 27: Resultados de regulación de VRP n°3  
Fuente: Propia

Evaluando el modelo hidráulico se confirmó la eficiencia de las válvulas reductoras existentes, pero a su vez se identificó que existe un sector que requiere una válvula reductora de presión.



*Figura n° 28: Esquema de ubicación de válvulas  
Fuente. Propia*

En la figura n°28, se muestran las 03 VRP existentes y sus áreas de influencia, existen influencias controladas en las presiones del Sector VI sub sector 20 Pueblo Joven Augusto B. Leguía en la Ciudad de Tacna, 2019.

Sin embargo, con el modelamiento hidráulico se pudo identificar que la VRP n° 1 no logra controlar las presiones en toda su área de influencia. Teniendo un sector con presiones estáticas de 40 a 47 m.c.a, esto se presenta, debido a la gran cobertura de esta VRP, la configuración de redes y la topografía.

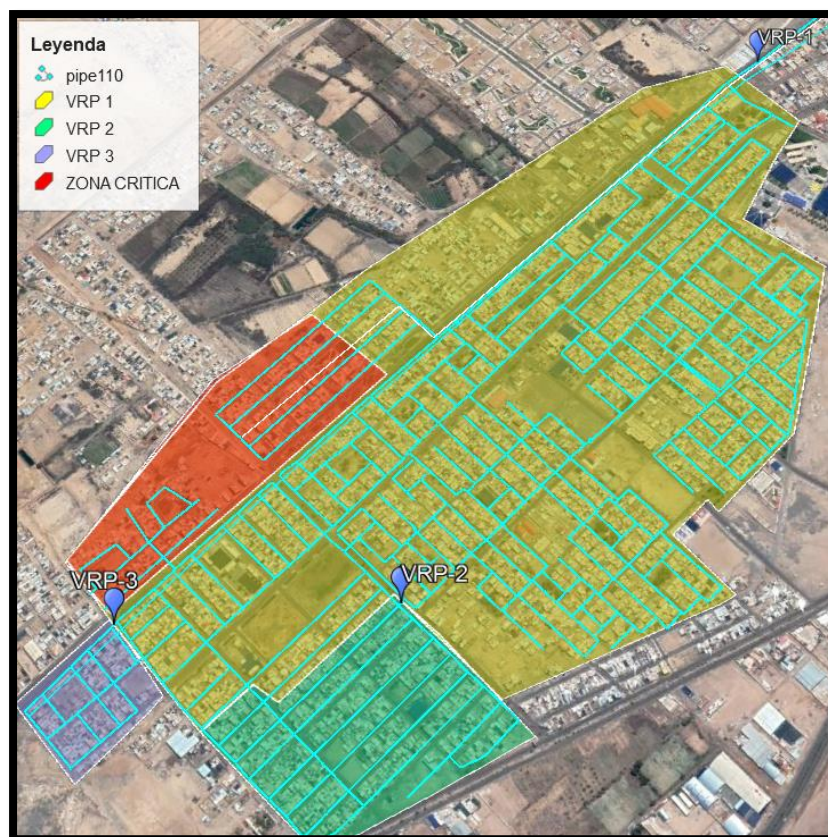


Figura n° 29: Identificación de zona crítica

la norma OS.050 en el ítem 4.5. menciona: “La presión estática no será mayor de 50 m en cualquier punto de la red. En condiciones de demanda máxima horaria, la presión dinámica no será menor de 10 m.

Si consideramos lo mencionado con referencia a la norma OS 050, viendo que el rango de presiones máximas oscila entre 40 a 47 m.c.a, se puede deducir que las presiones son aceptables, sin embargo, al tener un 64% de la infraestructura hidráulica con tuberías de asbesto de cemento, con una antigüedad mayor a 20 años, Las condiciones de operación de la infraestructura actual no son las mismas, así como su resistencia.

Así mismo al tener una gran área de influencia se aprecia que la válvula reductora de presión 1 no logra controlar las presiones, por ello se plantea sub dividir el área de influencia de la VRP 1, instalando una (1) VRP y cerrando 02 válvulas de corte

La válvula reductora a propuesta es:

- 01Válvula reguladora de presión (VRP) 160 mm H.D

La ubicación de la válvula reguladora de presión será la siguiente:



Figura n° 30: Cooperativa de Vivienda La Alborada Mz. 35 lote 10  
Fuente. Propia

- Posteriormente analizando el modelo es necesario cerrar la válvula de corte situada en pueblo joven agosto B Leguía mz D-07 y su red paralela, situada en la mz E lote 7



Figura n° 31: esquema de ubicación de propuesta  
Fuente. Propia

Seguidamente, para verificar la eficiencia de la propuesta se analiza el área de influencia de la VRP n°1, con la VRP PROPUESTA con una consigna aguas debajo de 10 m.c.a, y se obtienen presiones desde 9 m.c.a a 31m.c.a la máxima en toda el área de



influencia (ver anexo V: reporte de presiones en área de influencia de VRP n°1 CON VRP propuesta), con esto podemos comprobar la eficiencia de la propuesta.

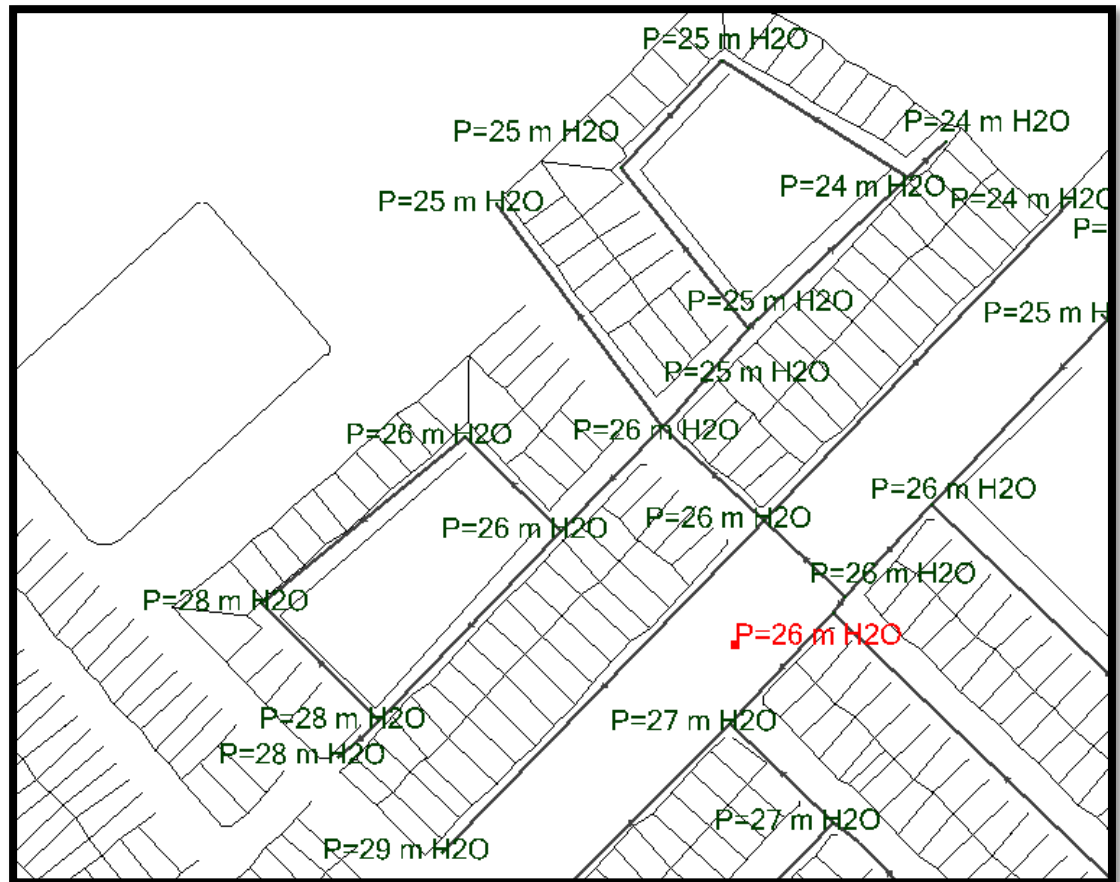


Figura n° 32: resultados de propuesta en zona crítica  
Fuente. Propia

#### 4.2.2. Evaluar el sistema de distribución del sub sector 20 sector VI, por medio del modelamiento hidráulico en WATERGEMS V8I

Luego de procesar el modelo hidráulico con un caudal promedio de consumo, verificamos, que actualmente el sistema requiere no es el ideal, ya que se detectó que requiere la instalación de una válvula reductora de presión, a fin de mantener controladas las presiones en el area de influencia de la VRP n° 1.

## **CAPITULO IV: DISCUSION**

### **A. Discusión1**

Esta discusión está referida a los resultados obtenidos con el modelamiento hidráulico, en los que se identifican presiones estáticas elevadas de 42 m.c.a. lo cual tienen consecuencias físicas que afectan a las redes, más aun considerando la antigüedad de estas y la existencia de fugas además de identificar zonas que requieren intervención para una solución óptima.

### **B. Discusión 2**

En referencia al Antecedente Nacional Nro 1, el cual plantea un diseño con el uso del método computacional WaterCAD, coinciden mucho en los procedimientos de cálculo, la diferencia que en el Antecedente plantea un diseño primario que cuentan con 346 lotes, y en nuestro proyecto se consideró 1481 lotes de un diseño de evaluación y optimización.

Después de los resultados finales optimizados con WaterCAD se observa que el valor promedio de presiones es de 38.80 m.c.a. y que la velocidad flujo promedio es de 0.68 m/s lo cual demuestra que todo el nuevo sistema planteado tiene la configuración tal que cumple hidráulicamente con un buen funcionamiento.

### **C. Discusión 3**

Esta discusión realiza una comparación entre la utilización de método computacional Epanet y el antecedente internacional 2. A diferencia del WaterCAD, el método computacional EPANET, no presenta un algoritmo de

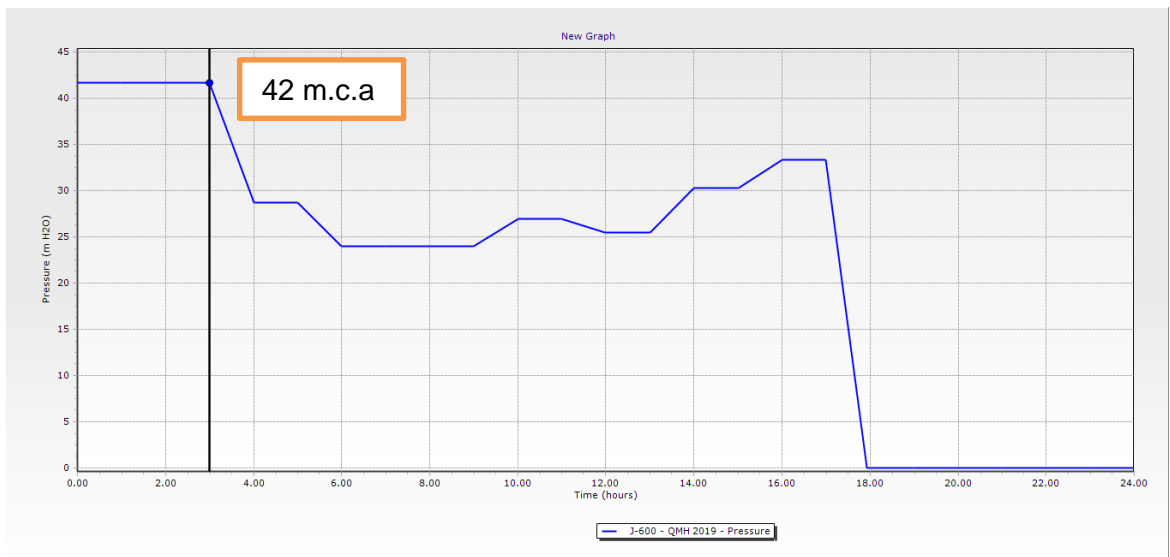
multi-iteración es por eso que se realiza un diseño óptimo, con una iteración manual así como refiere el Antecedente internacional 2, que en su contenido recomienda el aislamiento de sectores que presentan diferencia altimétrica considerable para obtener un mejor funcionamiento, por lo que se usó esta recomendación y se obtuvo de resultados promedios en presión de nudos el valor de 40.29 m.c.a. y de velocidad de flujo el valor de 0.72 m/s. Expresiones numéricas que son una variación porcentual de 3.92% en presión con respecto a los resultados por Watercad y 11.91% con respecto a la velocidad, lo cual se establece como aceptable dentro de las consideraciones estadísticas.

#### D. Discusión 4

A pesar de ser el método computacional de cálculo hidráulico en redes más reciente, no posee las mismas cualidades de respuesta que WaterCAD, se entiende que sigue en desarrollo; el antecedente internacional 3 presenta una metodología que coincide mucho con la interfaz y la interacción de Watdis ya que de igual manera se plantea una sectorización aislada de las redes de tuberías, añade un hidrante para satisfacer las condiciones actuales y futuras de la población; por lo que la propuesta de Watdis en su versión de diseño óptimo muestra un hidrante adicional, y este resultado aproxima mucho a los valores obtenidos anteriormente. Con lo que se refiere a velocidad de flujo en tuberías presenta un valor promedio de 0.74 m/s, cumpliendo con el mínimo de 0.60 m/s de la normativa; de igual manera como valor promedio de presión expresa 39.04 m.c.a, por lo que es una propuesta que también se puede considerar.

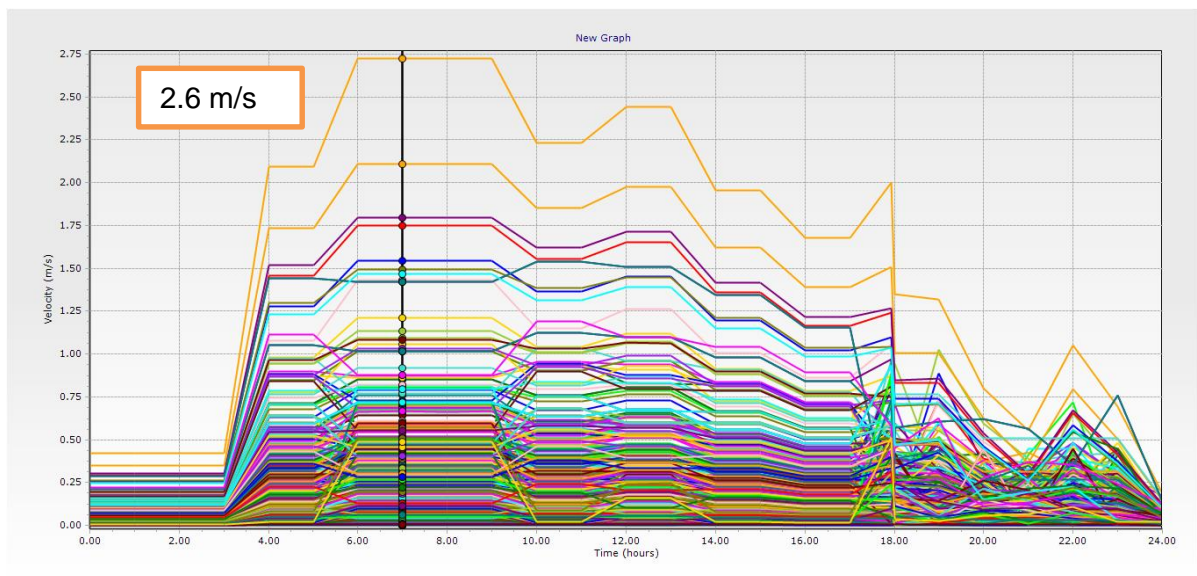
## CONCLUSIONES

- El efecto de las pérdidas de agua en el sistema de distribución del sub sector 20 sector VI, se manifiesta con la baja de la continuidad del servicio y la caída de presiones, así mismo el impacto de presiones dentro de un sistema de agua potable son un indicador de la eficiencia operativa.
- Se calculó un índice de pérdidas de 17%, que muestra un nivel de perdidas relativamente bajo, pero es necesario tomar en cuenta que este sector no cuenta con un abastecimiento de servicio de 24 horas, su continuidad de servicio es de 9 horas a nivel de sub sector y 12 horas a nivel de sector VI.
- Este índice de pérdidas de 17% representa un volumen de 11,205 m<sup>3</sup> por mes, que si lo representamos en pérdidas económicas con una tarifa promedio de consumo residencial doméstico (s/.1.233) sería S/. 13,815.77 al mes.
- Las presiones de agua en el sub sector 20 sector VI son aceptables, pero, requieren analizarse a detalle, ya que en el modelo hidráulico se identificó que entre las 00:00:00 a 3:00:00 am se genera una presión estática de 42 m.c.a. que si tomamos en cuenta la existencia de fugas y la relación existente entre presión/fuga, esta estaría generando perdidas elevadas durante ese lapso de tiempo.



- se concluye que el área de influencia de la válvula reductora de presión 1 es demasiado amplia para ser controlada por una sola válvula, por ello se plantea una propuesta sub dividiendo el área de influencia, de tal forma que esta pueda ser controlada con mayor eficiencia.

- Es necesario apoyarnos de un modelo hidráulico para poder evaluar el comportamiento de un sistema hidráulico durante un periodo estático y dinámico, teniendo en cuenta siempre el criterio técnico, en la siguiente figura se aprecian los resultados del comportamiento de velocidades en un periodo dinámico, cada línea representa el resultado de velocidades en una determinada hora, los picos más altos son las líneas anaranjadas (tubería con velocidades de 2.6 m/s en el periodo de máximo consumo de 5:00:00 am a 9 :00:00 am)



- Con el modelo hidráulico se pueden plantear alternativas de solución para poder optimizar el sistema de distribución

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda a la entidad prestadora de servicios EPS TACNA realizar una evaluación mensual del indicador de pérdidas para así poder mantener o reducir este indicador.
- Se recomienda analizar el impacto económico de las pérdidas de agua potable, a fin de poder tener en cuenta el gasto operativo.
- Se recomienda reducir las presiones a menos por lo menos en un rango de 15 a 30 a fin de minimizar la fatiga en la infraestructura hidráulica.
- Se recomienda la instalación de una VRP de HD DN 160 mm.
- Se recomienda actualizar el modelo hidráulico a medida que se generen modificaciones en la infraestructura hidráulica.
- Se recomienda alimentar el modelo hidráulico con data real de campo, para obtener resultados óptimos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (F Y H) Fluidos y Herramientas. (2018). MEDIDORES PARA AGUA. *Equipos de medicion*, <http://fluidosyherramientas.com/medidores-de-agua/125/medidores-para-agua>.
- (F Y H) Fluidos y Herramientas. (2018). MEDIDORES PARA AGUA. *Equipos de medicion*, <http://fluidosyherramientas.com/medidores-de-agua/125/medidores-para-agua>.
- Bayona, J. (2018). *INDICE DE AGUA NO CONTABILIZADA*. PERU: ..
- bentley. (2016). *Software de análisis y diseño de sistemas de distribución de agua*. Obtenido de Software de análisis y diseño de sistemas de distribución de agua: <https://www.bentley.com/es/products/product-line/hydraulics-and-hydrology-software/watergems>
- DeVellis, R. (1991). *Scale Development: Theory and Applications*. Newberry Park: Sage.
- EPS TACNA S.A. (2013-2043). *Plan Maestro Optimizado Actualizado 2013-2043*. TACNA: EPS TACNA S.A.
- Fallis, P., Hübschen, K., & Oertlé, E. (2011). *Guía para la reducción de las pérdidas de agua*. republic, Frankfurt am Main: Rohland&more, Offenbach/Alemania.
- Jiménez, J. (2013). *Manual para el diseño de sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario*. México: Universidad Veracruzana.
- Marco Castro D., P. D.-I. (2016). *SOBRE LA MODELACIÓN HIDRÁULICA EN OBRAS DE SANEAMIENTO BÁSICO*. Quito - Ecuador: DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL AGUA.
- Ministerio de Servicios y Obras Públicas. (2004). *Instalaciones de agua - Diseño para sistemas de agua potable*. Bolivia: IBNORCA.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2006). OS.0100 CONSIDERACIONES BÁSICAS DE DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA SANITARIA. En C. y. OS.0100 Ministerio de Vivienda, *CONSIDERACIONES BÁSICAS DE DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA SANITARIA* (pág. OS.0100). LIMA: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
- Ministerio de vivienda construccion y saneamiento. (2006). *OS.050 REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO*. Lima: ministerio de vivienda construccion y saneamiento.
- Narváez, R. (2019). *Libro Abastecimiento de Agua*. Ancash: Obtenido de: <https://es.slideshare.net/freddyacunavilla/250603337-libroabastecimientodeaguaricardonarvaez>.

- Patrick Fallis, Katja Hübschen, Emmanuel Oertlé,. (2011). *Guía para la reducción de las pérdidas de agua*. republic, Frankfurt am Main: Rohland&more, Offenbach/Alemania.
- TECFLUID. (2018). MEDIDORES ELECTROMAGNETICOS EN LINEA Y DE INSERCION. *TECFLUID THE ART OF MEASURING*, <https://tecfluid.com/caudalimetros-electromagneticos-en-linea-o-insercion/>.
- TERÁN, I. J. (2012). *MANUAL PARA EL DISEÑO DE* . veracruz: desconocida.
- Ulsen, M. A. (2017). *“REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS EN SISTEMAS*. Santiago: PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE.
- wikipedia*. (23 de SETIEMBRE de 2019). Obtenido de *wikipedia*.: <https://es.wikipedia.org/wiki/Electrov%C3%A1lvula>



## ANEXOS

## I. ANEXO I: Matriz de Consistencia

TITULO	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES $y = f(x)$	INDICADORES	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN
<b>Control de Presiones y Reducción de Pérdidas en el Sistema de Distribución de Agua Potable del Sub sector 20, Sector VI – Pueblo Joven Augusto B. Leguía en la Ciudad de Tacna”</b>	El sub sector 20 sector VI, presenta pérdidas de agua, que han llegado al punto de afectar la continuidad de servicio de agua potable	<b>OBJETIVO GENERAL:</b>	<b>HIPOTESIS PRINCIPAL:</b>	<b>VARIABLE DEPENDIENTE (y):</b>		
		Controlar las presiones y reducir las pérdidas del sistema de distribución de agua potable del Sub sector 20, Sector VI – Pueblo Joven Augusto B. Leguía en la Ciudad de Tacna, 2019	Controlando las presiones y reduciendo las pérdidas del sistema de distribución de agua potable del Sub sector 20, Sector VI – Pueblo Joven Augusto B. Leguía en la Ciudad de Tacna, se lograra optimizar la eficiencia operativa del sector en le EPS TACNA S.A,	QP QMH Velocidades Presiones		
<b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS:</b>		<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS:</b>	<b>HIPOTESIS ESPECÍFICAS:</b>	<b>VARIABLE INDEPENDIENTE:</b>	Índice de perdidas	-Explicativo -descriptivo -Explorativo
a) Cuál es el índice de pérdidas del subsector 20, sector VI, de la red de distribución de agua potable de la ciudad de Tacna?	a) Identificar el índice de pérdidas del subsector 20 sector VI. de la ciudad de Tacna	a) Identificando el índice de pérdidas del sub sector 20 sector VI, se lograra sincerar el nivel de pérdidas. Además de poder medir la evolución de este indicador mes a mes				
b) ¿Las válvulas reguladoras de presión existentes en el subsector 20 sector VI, de la red de distribución de agua potable de la ciudad de Tacna son las necesarias para controlar presiones en el sector?	b) Evaluar funcionabilidad de las válvulas reductoras de presión, del subsector 20, sector VI de las redes de distribución de A.P. de la ciudad de Tacna, elaborando un modelo hidráulico en WATER GEMS V8I y proponer una alternativa	b) Con el modelamiento hidráulico se evaluara la funcionabilidad de las válvulas reductoras de presión y se	Número de conexiones			
c) ¿El sistema de distribución existente en el subsector operacional 20 sector VI de la red de distribución de la ciudad de Tacna es el adecuado?	c) Evaluar el sistema de distribución del Sub sector 20, Sector VI por medio del modelamiento hidráulico en WATER GEMS V8I	C) Evaluando el sistema de distribución del Sub sector 20, Sector VI por medio del modelamiento hidráulico en WATER GEMS V8I, permitirá verificar si es el adecuado o requiere alguna mejora.				

## II. ANEXO II: reportes de presiones controladas por VRP 01

ID	Label	Elevation (m)	Zone	Demand (L/s)	Pressure (m H2O)	Hydraulic Grade (m)
1377	J-683	497.42	SECTOR VI	0.02	12	508.95
1375	J-682	497.35	SECTOR VI	0.02	12	508.95
1175	J-604	493.78	SECTOR VI	2.31	15	508.41
1174	J-603	493.63	SECTOR VI	0.06	15	508.42
1496	J-737	493.36	SECTOR VI	0.04	15	508.47
1507	J-741	492.85	SECTOR VI	0.05	16	508.45
1034	J-520	492.67	SECTOR VI	0.07	16	508.43
1233	J-631	492.75	SECTOR VI	0.3	16	508.77
1254	J-641	492.68	SECTOR VI	0.04	16	508.74
1492	J-735	492.44	SECTOR VI	0.02	16	508.56
1026	J-515	492.25	SECTOR VI	0	16	508.43
1048	J-529	492.39	SECTOR VI	0.02	16	508.8
1049	J-530	492.36	SECTOR VI	0.02	16	508.8
1027	J-516	491.92	SECTOR VI	0.01	16	508.43
1104	J-561	491.85	SECTOR VI	0.01	17	508.42
1039	J-523	491.76	SECTOR VI	0.01	17	508.42
1040	J-524	491.74	SECTOR VI	0.02	17	508.42
1494	J-736	491.96	SECTOR VI	0	17	508.69
1343	J-665	491.52	SECTOR VI	0.03	17	508.44
1352	J-671	491.72	SECTOR VI	0.02	17	508.68
1351	J-670	491.59	SECTOR VI	0.13	17	508.72
1103	J-560	491.03	SECTOR VI	0.01	17	508.42
1015	J-508	491.02	SECTOR VI	0	17	508.42
1029	J-517	490.99	SECTOR VI	0.21	17	508.42
1089	J-552	490.93	SECTOR VI	0	17	508.42
1014	J-507	490.86	SECTOR VI	0	18	508.42
1344	J-666	490.71	SECTOR VI	0.01	18	508.43
1245	J-638	490.65	SECTOR VI	0.26	18	508.41
1021	J-512	490.64	SECTOR VI	0.36	18	508.41
1020	J-511	490.47	SECTOR VI	0.01	18	508.41
1251	J-640	490.42	SECTOR VI	0	18	508.43
1356	J-673	490.38	SECTOR VI	0.01	18	508.43
1138	J-582	490.15	SECTOR VI	0.01	18	508.43
1337	J-662	489.78	SECTOR VI	0.02	19	508.43
1346	J-667	489.7	SECTOR VI	0.03	19	508.43
1282	J-645	489.89	SECTOR VI	0.42	19	508.65
1244	J-637	489.61	SECTOR VI	0.32	19	508.41

1165	J-598	489.48	SECTOR VI	0.02	19	508.41
1139	J-583	489.38	SECTOR VI	0.01	19	508.43
1070	J-543	489.3	SECTOR VI	0.01	19	508.43
1734	J-835	489.16	SECTOR VI	0.02	19	508.43
1281	J-644	489.32	SECTOR VI	0.04	19	508.63
1503	J-740	489.04	SECTOR VI	0.01	19	508.43
1142	J-585	488.88	SECTOR VI	0	20	508.43
1501	J-739	488.87	SECTOR VI	0.01	20	508.43
1125	J-574	488.81	SECTOR VI	0.01	20	508.42
1069	J-542	488.75	SECTOR VI	0.01	20	508.43
1348	J-668	488.67	SECTOR VI	0.01	20	508.43
1148	J-588	488.57	SECTOR VI	0	20	508.42
1349	J-669	488.35	SECTOR VI	0.01	20	508.43
1498	J-738	488.37	SECTOR VI	0.02	20	508.45
1126	J-575	488.25	SECTOR VI	0.64	20	508.41
1141	J-584	488.14	SECTOR VI	0	20	508.43
1304	J-649	488.13	SECTOR VI	0.02	20	508.43
1128	J-576	488.03	SECTOR VI	0.01	20	508.42
1194	J-614	487.96	SECTOR VI	0.01	20	508.42
1249	J-639	487.95	SECTOR VI	0	20	508.43
1200	J-617	487.92	SECTOR VI	0.01	20	508.42
1146	J-587	487.83	SECTOR VI	0.01	21	508.42
1131	J-578	487.83	SECTOR VI	0.01	21	508.43
1185	J-609	487.7	SECTOR VI	0.02	21	508.43
1129	J-577	487.59	SECTOR VI	0.12	21	508.41
1307	J-651	487.46	SECTOR VI	0.02	21	508.43
1186	J-610	487.45	SECTOR VI	0	21	508.43
1136	J-581	487.35	SECTOR VI	0.01	21	508.42
1490	J-734	487.38	SECTOR VI	0.02	21	508.47
1079	J-547	487.08	SECTOR VI	0	21	508.42
1328	J-659	487	SECTOR VI	0.01	21	508.42
1309	J-652	486.99	SECTOR VI	0.01	21	508.43
1114	J-567	486.93	SECTOR VI	0.01	21	508.42
1306	J-650	486.8	SECTOR VI	0.01	22	508.43
1231	J-630	486.92	SECTOR VI	0.02	22	508.58
1135	J-580	486.63	SECTOR VI	0.01	22	508.42
1052	J-532	486.55	SECTOR VI	0	22	508.42
1803	J-844	486.48	SECTOR VI	0.03	22	508.54
1177	J-605	486.35	SECTOR VI	0.01	22	508.43
1051	J-531	486.3	SECTOR VI	0.01	22	508.42
1061	J-537	486.27	SECTOR VI	0.01	22	508.42
1017	J-509	486.32	SECTOR VI	0.01	22	508.58
1018	J-510	486.24	SECTOR VI	0.04	22	508.58

1178	J-606	486.08	SECTOR VI	0.01	22	508.42
1116	J-568	486	SECTOR VI	0.01	22	508.42
1523	J-749	485.98	SECTOR VI	0.01	22	508.43
1339	J-663	485.91	SECTOR VI	0.01	22	508.42
1113	J-566	485.64	SECTOR VI	0.02	23	508.42
1117	J-569	485.6	SECTOR VI	0.07	23	508.42
1076	J-546	485.44	SECTOR VI	0.01	23	508.42
1511	J-743	485.46	SECTOR VI	0.01	23	508.45
1812	J-846	485.45	SECTOR VI	0.01	23	508.44
1509	J-742	485.45	SECTOR VI	0.01	23	508.45
1749	J-836	485.1	SECTOR VI	0.02	23	508.42
1521	J-748	485.1	SECTOR VI	0.01	23	508.44
1489	J-733	485.01	SECTOR VI	0.02	23	508.46
1189	J-612	485.09	SECTOR VI	0.02	23	508.54
1512	J-744	484.71	SECTOR VI	0.01	24	508.45
1188	J-611	484.74	SECTOR VI	0.02	24	508.52
1806	J-845	484.54	SECTOR VI	0.06	24	508.46
1518	J-747	484.45	SECTOR VI	0	24	508.44
1373	J-681	484.36	SECTOR VI	0.06	24	508.42
1111	J-565	484.25	SECTOR VI	0.02	24	508.42
1334	J-661	483.9	SECTOR VI	0.04	24	508.42
1529	J-752	483.86	SECTOR VI	0.01	24	508.4
1526	J-750	483.84	SECTOR VI	0.02	25	508.41
1380	J-684	483.94	SECTOR VI	0.02	25	508.52
1789	J-841	483.74	SECTOR VI	0.42	25	508.53
1514	J-745	483.6	SECTOR VI	0.03	25	508.44
1516	J-746	483.43	SECTOR VI	0.01	25	508.44
1144	J-586	483.29	SECTOR VI	0.02	25	508.42
1528	J-751	483.21	SECTOR VI	0.02	25	508.4
1182	J-608	482.41	SECTOR VI	0.03	26	508.42
1532	J-754	482.34	SECTOR VI	0.02	26	508.39
1640	J-801	482.19	SECTOR VI	0.02	26	508.33
1531	J-753	482.06	SECTOR VI	0.03	26	508.39
1655	J-808	481.75	SECTOR VI	0.03	27	508.33
1657	J-809	481.7	SECTOR VI	0	27	508.33
1650	J-805	481.33	SECTOR VI	0.01	27	508.33
1632	J-798	481.21	SECTOR VI	0.01	27	508.34
1641	J-802	481.21	SECTOR VI	0.03	27	508.34
1643	J-803	480.8	SECTOR VI	0	27	508.34
1659	J-810	480.79	SECTOR VI	0.01	27	508.33
1645	J-804	480.65	SECTOR VI	0	28	508.34
1159	J-595	480.59	SECTOR VI	0.03	28	508.36
1630	J-797	480.46	SECTOR VI	0.01	28	508.34

1235	J-632	480.53	SECTOR VI	0.03	28	508.43
1225	J-627	480.47	SECTOR VI	0.1	28	508.44
1534	J-755	480.34	SECTOR VI	0.04	28	508.36
1084	J-550	480.34	SECTOR VI	0.02	28	508.45
1653	J-807	480.21	SECTOR VI	0.71	28	508.33
1083	J-549	480.25	SECTOR VI	0.02	28	508.45
1639	J-800	480.04	SECTOR VI	0.01	28	508.34
1536	J-756	479.95	SECTOR VI	0.02	28	508.35
1220	J-625	479.98	SECTOR VI	0.02	28	508.42
1627	J-796	479.87	SECTOR VI	0.01	28	508.34
1158	J-594	479.85	SECTOR VI	0.01	28	508.36
1123	J-573	479.84	SECTOR VI	0.01	28	508.36
1120	J-571	479.8	SECTOR VI	0.01	29	508.41
1665	J-813	479.7	SECTOR VI	0.01	29	508.33
1119	J-570	479.77	SECTOR VI	0.01	29	508.41
1229	J-629	479.75	SECTOR VI	0.01	29	508.41
1625	J-795	479.63	SECTOR VI	0.01	29	508.34
1313	J-654	479.59	SECTOR VI	0.03	29	508.36
1661	J-811	479.56	SECTOR VI	0.02	29	508.33
1652	J-806	479.53	SECTOR VI	0.27	29	508.33
1663	J-812	479.38	SECTOR VI	0.01	29	508.33
1538	J-757	479.3	SECTOR VI	0.02	29	508.35
1383	J-685	479.23	SECTOR VI	0.08	29	508.33
1637	J-799	479.13	SECTOR VI	0.01	29	508.34
1122	J-572	479.03	SECTOR VI	0.02	29	508.36
1227	J-628	479.05	SECTOR VI	0.01	29	508.4
1617	J-791	478.88	SECTOR VI	0.01	29	508.33
1006	J-502	478.94	SECTOR VI	0.02	29	508.4
1385	J-686	478.85	SECTOR VI	1.32	29	508.33
1668	J-814	478.8	SECTOR VI	0.02	29	508.33
1387	J-687	478.77	SECTOR VI	0.05	30	508.35
1623	J-794	478.7	SECTOR VI	0.01	30	508.34
1007	J-503	478.71	SECTOR VI	0.03	30	508.36
2460	J-858	478.64	<None>	0	30	508.39
1150	J-589	478.64	SECTOR VI	0.01	30	508.4
1367	J-678	478.63	SECTOR VI	0.01	30	508.39
1613	J-789	478.38	SECTOR VI	0.01	30	508.33
1151	J-590	478.4	SECTOR VI	0.01	30	508.4
1540	J-758	478.33	SECTOR VI	0.02	30	508.34
1163	J-597	478.2	SECTOR VI	0.02	30	508.35
1619	J-792	478.18	SECTOR VI	0.01	30	508.33
1354	J-672	478.01	SECTOR VI	0.02	30	508.35
1321	J-657	478.04	SECTOR VI	0.01	30	508.39

1615	J-790	477.9	SECTOR VI	0.41	30	508.33
1621	J-793	477.89	SECTOR VI	0.02	30	508.34
1608	J-787	477.43	SECTOR VI	0.01	31	508.33
1611	J-788	477.42	SECTOR VI	0.02	31	508.33
1596	J-781	477.16	SECTOR VI	0.01	31	508.33
1237	J-633	477.17	SECTOR VI	0.03	31	508.39
1216	J-623	477.15	SECTOR VI	0.01	31	508.38
2463	J-859	477.15	<None>	0	31	508.38
1218	J-624	477.04	SECTOR VI	0.02	31	508.35
1605	J-785	477.01	SECTOR VI	0.01	31	508.33
1594	J-780	476.93	SECTOR VI	0	31	508.33
1592	J-779	476.92	SECTOR VI	0	31	508.33
1590	J-778	476.82	SECTOR VI	0.01	31	508.33
1004	J-501	476.76	SECTOR VI	0.01	32	508.38
1542	J-759	476.71	SECTOR VI	0.02	32	508.34
1003	J-500	476.7	SECTOR VI	0	32	508.38
1543	J-760	476.61	SECTOR VI	0.01	32	508.34
1341	J-664	476.42	SECTOR VI	0.02	32	508.35
1553	J-763	476.37	SECTOR VI	0.01	32	508.33
1213	J-622	476.3	SECTOR VI	0.01	32	508.38
1585	J-776	476.13	SECTOR VI	0.01	32	508.33
1555	J-764	476.11	SECTOR VI	0	32	508.32
1557	J-765	476.07	SECTOR VI	0	32	508.32
1598	J-782	475.83	SECTOR VI	0.01	32	508.33
1563	J-767	475.67	SECTOR VI	0	33	508.32
1565	J-768	475.64	SECTOR VI	0.01	33	508.32
1058	J-535	475.64	SECTOR VI	0.01	33	508.35
1602	J-784	475.58	SECTOR VI	0.01	33	508.33
1208	J-620	475.54	SECTOR VI	0.01	33	508.38
1582	J-775	475.36	SECTOR VI	0.01	33	508.33
1360	J-674	475.35	SECTOR VI	0	33	508.37
2466	J-860	475.34	<None>	0	33	508.37
1551	J-762	475.29	SECTOR VI	0.02	33	508.33
1263	J-642	475.23	SECTOR VI	0	33	508.31
1600	J-783	475.21	SECTOR VI	0	33	508.33
1548	J-761	475.14	SECTOR VI	0.01	33	508.34
1023	J-513	475.13	SECTOR VI	0.01	33	508.35
1578	J-773	475.08	SECTOR VI	0	33	508.33
1059	J-536	475.06	SECTOR VI	0	33	508.35
1043	J-526	475.01	SECTOR VI	0.01	33	508.31
1723	J-831	474.96	SECTOR VI	0.03	33	508.32
1580	J-774	474.8	SECTOR VI	0.01	33	508.33
1223	J-626	474.81	SECTOR VI	0	33	508.37

1056	J-534	474.68	SECTOR VI	0	34	508.36
1209	J-621	474.7	SECTOR VI	0.01	34	508.38
1042	J-525	474.57	SECTOR VI	0.01	34	508.31
1561	J-766	474.4	SECTOR VI	0.02	34	508.32
1567	J-769	474.38	SECTOR VI	0.02	34	508.32
1297	J-647	474.1	SECTOR VI	0.01	34	508.31
1726	J-832	473.85	SECTOR VI	0.02	34	508.32
1242	J-636	473.74	SECTOR VI	0.08	35	508.38
1569	J-770	473.56	SECTOR VI	0.01	35	508.31
1240	J-635	473.6	SECTOR VI	0.01	35	508.37
1106	J-562	473.43	SECTOR VI	0	35	508.31
1066	J-540	473.39	SECTOR VI	0.01	35	508.31
1067	J-541	473.38	SECTOR VI	0.01	35	508.31
1571	J-771	473.37	SECTOR VI	0.01	35	508.31
1171	J-602	473.27	SECTOR VI	0	35	508.36
1170	J-601	473.26	SECTOR VI	0.01	35	508.36
995	J-495	472.83	SECTOR VI	0.01	35	508.3
1012	J-506	472.77	SECTOR VI	0	35	508.3
1032	J-519	472.6	SECTOR VI	0	36	508.29
988	J-490	472.59	SECTOR VI	0.01	36	508.3
1031	J-518	472.52	SECTOR VI	0	36	508.29
1099	J-558	472.45	SECTOR VI	0.01	36	508.29
1064	J-539	472.4	SECTOR VI	0.01	36	508.29
1331	J-660	472.34	SECTOR VI	0.01	36	508.3
1239	J-634	472.26	SECTOR VI	0.02	36	508.36
1063	J-538	472.06	SECTOR VI	0.01	36	508.29
973	J-481	471.92	SECTOR VI	0.01	36	508.29
1092	J-554	471.49	SECTOR VI	0.01	37	508.35
1094	J-555	471.04	SECTOR VI	0.01	37	508.29
1205	J-619	470.96	SECTOR VI	0.01	37	508.29
1161	J-596	470.79	SECTOR VI	0.01	37	508.34
938	J-459	470.75	SECTOR VI	0.02	38	508.35
1415	J-700	469.99	SECTOR VI	0.03	38	508.28
1091	J-553	469.94	SECTOR VI	0.01	38	508.35
1155	J-592	469.79	SECTOR VI	0.79	38	508.33
1413	J-699	469.68	SECTOR VI	0.02	39	508.28
1087	J-551	469.72	SECTOR VI	0.01	39	508.35
1417	J-701	469.6	SECTOR VI	0.04	39	508.28
1828	J-847	469.44	SECTOR VI	0	39	508.27
1278	J-643	469.42	SECTOR VI	0	39	508.29
1133	J-579	469.24	SECTOR VI	0.03	39	508.35
1198	J-616	469.17	SECTOR VI	0	39	508.32
2472	J-862	469.12	<None>	0	39	508.31

1156	J-593	469.04	SECTOR VI	0.06	39	508.33
1411	J-698	468.6	SECTOR VI	0.01	40	508.28
1000	J-498	468.63	SECTOR VI	0	40	508.35
1409	J-697	468.07	SECTOR VI	0.02	40	508.26
1202	J-618	468.14	SECTOR VI	0.02	40	508.35
1001	J-499	467.99	SECTOR VI	0	40	508.35
1167	J-599	467.95	SECTOR VI	0.04	40	508.34
1485	J-732	467.5	SECTOR VI	0.01	41	508.24
1168	J-600	467.6	SECTOR VI	0.02	41	508.34
1694	J-824	466.93	SECTOR VI	0.02	41	508.24
1692	J-823	465.87	SECTOR VI	0.02	42	508.23
1046	J-528	465.8	SECTOR VI	0.02	42	508.19
1363	J-676	465.75	SECTOR VI	0.01	42	508.21
1045	J-527	465.71	SECTOR VI	0.01	42	508.19
1672	J-815	465.61	SECTOR VI	0.09	42	508.19
1690	J-822	465.44	SECTOR VI	0.03	43	508.24
983	J-487	465.17	SECTOR VI	0.01	43	508.2
982	J-486	465.15	SECTOR VI	0	43	508.2
1674	J-816	465.1	SECTOR VI	0.01	43	508.19
1678	J-817	464.74	SECTOR VI	0.47	43	508.19
1688	J-821	464.6	SECTOR VI	0.03	44	508.22
1101	J-559	464.55	SECTOR VI	0.01	44	508.2
1403	J-694	464.41	SECTOR VI	0.05	44	508.23
1362	J-675	464.21	SECTOR VI	0.01	44	508.21
1680	J-818	463.98	SECTOR VI	0.03	44	508.19
1392	J-688	463.95	SECTOR VI	0.01	44	508.22
992	J-493	463.84	SECTOR VI	0.02	44	508.19
1686	J-820	463.83	SECTOR VI	0.01	44	508.22
1401	J-693	463.33	SECTOR VI	0.02	45	508.22
1394	J-689	463.07	SECTOR VI	0.02	45	508.22
1395	J-690	462.7	SECTOR VI	0.02	45	508.22
991	J-492	462.45	SECTOR VI	0.01	46	508.19
1397	J-691	462.4	SECTOR VI	0.02	46	508.22
1324	J-658	461.97	SECTOR VI	0.04	46	508.19
1682	J-819	461.83	SECTOR VI	0.74	46	508.19
1450	J-718	461.77	SECTOR VI	0.03	46	508.22
1369	J-679	461.51	SECTOR VI	0.01	47	508.21
1474	J-728	458.91	SECTOR VI	0.03	49	508.22
1470	J-726	458.66	SECTOR VI	0.03	49	508.22



### III. ANEXO III: reportes de presiones controladas por VRP 02

ID	Label	Elevation (m)	Zone	Demand (L/s)	Pressure (m H2O)	Hydraulic Grade (m)
1429	J-707	472.07	SECTOR VI	0.03	7	478.79
1427	J-706	471.89	SECTOR VI	0.03	7	478.8
1423	J-704	471.65	SECTOR VI	0.05	7	478.83
1431	J-708	470.59	SECTOR VI	0.02	8	478.78
1421	J-703	470.3	SECTOR VI	0.04	9	478.87
1419	J-702	469.71	SECTOR VI	0.03	9	478.9
1713	J-827	468.15	SECTOR VI	0.51	11	478.77
1715	J-828	467.69	SECTOR VI	0.14	11	478.77
1710	J-826	467.28	SECTOR VI	0.07	11	478.77
1709	J-825	466.64	SECTOR VI	0.46	12	478.76
1436	J-711	465.18	SECTOR VI	0.02	14	478.8
1435	J-710	465.15	SECTOR VI	0.03	14	478.8
1438	J-712	464.68	SECTOR VI	0.04	14	478.81
1440	J-713	463.9	SECTOR VI	0.05	15	478.81
1718	J-829	462.5	SECTOR VI	0.26	16	478.8
1444	J-715	462.36	SECTOR VI	0.04	16	478.82
1446	J-716	462.13	SECTOR VI	0.05	17	478.82
1455	J-719	460.88	SECTOR VI	0.16	18	478.8
1457	J-720	460.7	SECTOR VI	1.25	18	478.8
1459	J-721	460.54	SECTOR VI	0.06	18	478.81
1461	J-722	460.47	SECTOR VI	0.08	18	478.81
1463	J-723	459.64	SECTOR VI	0.08	19	478.81
1465	J-724	459.01	SECTOR VI	0.04	20	478.81
1467	J-725	458.27	SECTOR VI	0.05	21	478.81

**IV. ANEXO IV: reportes de presiones controladas por VRP 03**

ID	Label	Elevation (m)	Zone	Demand (L/s)	Pressure (m H2O)	Hydraulic Grade (m)
1315	J-655	458.17	SECTOR VI	0.03	11	469.5
1109	J-564	457.07	SECTOR VI	0.02	12	469.5
1097	J-557	456.58	SECTOR VI	0.02	13	469.5
1108	J-563	455.56	SECTOR VI	0.01	14	469.5
1096	J-556	455.15	SECTOR VI	0.03	14	469.5
1299	J-648	454.97	SECTOR VI	0.07	15	469.5
1073	J-545	454.51	SECTOR VI	0.01	15	469.5
1072	J-544	454.28	SECTOR VI	0.01	15	469.5
1290	J-646	453.96	SECTOR VI	1.19	16	469.5
1196	J-615	453.81	SECTOR VI	0.05	16	469.5
1153	J-591	453.69	SECTOR VI	0.12	16	469.5
997	J-496	453.28	SECTOR VI	0.06	16	469.5
998	J-497	453.23	SECTOR VI	0.63	16	469.5

**V. ANEXO V: reporte de presiones en área de influencia de VRP n°1 CON VRP propuesta**

ID	Label	Elevation (m)	Zone	Demand (L/s)	Pressure (m H2O)	Hydraulic Grade (m)
1640	J-801	482.19	SECTOR VI	0.02	8	490.41
1655	J-808	481.75	SECTOR VI	0.03	9	490.41
1657	J-809	481.7	SECTOR VI	0	9	490.41
1650	J-805	481.33	SECTOR VI	0.01	9	490.41
1632	J-798	481.21	SECTOR VI	0.01	9	490.41
1641	J-802	481.21	SECTOR VI	0.03	9	490.42
1659	J-810	480.79	SECTOR VI	0.01	10	490.4
1643	J-803	480.8	SECTOR VI	0	10	490.42
1645	J-804	480.65	SECTOR VI	0	10	490.42
1159	J-595	480.59	SECTOR VI	0.03	10	490.51
1630	J-797	480.46	SECTOR VI	0.01	10	490.42
1653	J-807	480.21	SECTOR VI	0.71	10	490.4
1534	J-755	480.34	SECTOR VI	0.04	10	490.58
1220	J-625	479.98	SECTOR VI	0.02	10	490.33
1639	J-800	480.04	SECTOR VI	0.01	10	490.41
1120	J-571	479.8	SECTOR VI	0.01	11	490.33
1536	J-756	479.95	SECTOR VI	0.02	11	490.49
1627	J-796	479.87	SECTOR VI	0.01	11	490.42
1119	J-570	479.77	SECTOR VI	0.01	11	490.33
1229	J-629	479.75	SECTOR VI	0.01	11	490.32
1158	J-594	479.85	SECTOR VI	0.01	11	490.48
1123	J-573	479.84	SECTOR VI	0.01	11	490.48
1665	J-813	479.7	SECTOR VI	0.01	11	490.4
1625	J-795	479.63	SECTOR VI	0.01	11	490.42
1661	J-811	479.56	SECTOR VI	0.02	11	490.4
1652	J-806	479.53	SECTOR VI	0.27	11	490.4
1313	J-654	479.59	SECTOR VI	0.03	11	490.48
1383	J-685	479.23	SECTOR VI	0.08	11	490.25
1663	J-812	479.38	SECTOR VI	0.01	11	490.41
1538	J-757	479.3	SECTOR VI	0.02	11	490.44
1637	J-799	479.13	SECTOR VI	0.01	11	490.41
1227	J-628	479.05	SECTOR VI	0.01	11	490.34
1006	J-502	478.94	SECTOR VI	0.02	11	490.32
1385	J-686	478.85	SECTOR VI	1.32	11	490.24

1122	J-572	479.03	SECTOR VI	0.02	11	490.43
1387	J-687	478.77	SECTOR VI	0.05	11	490.26
1617	J-791	478.88	SECTOR VI	0.01	11	490.4
1377	J-683	497.42	SECTOR VI	0.02	12	508.95
1007	J-503	478.71	SECTOR VI	0.03	12	490.28
1375	J-682	497.35	SECTOR VI	0.02	12	508.95
1668	J-814	478.8	SECTOR VI	0.02	12	490.4
1150	J-589	478.64	SECTOR VI	0.01	12	490.33
2460	J-858	478.64	<None>	0	12	490.34
1367	J-678	478.63	SECTOR VI	0.01	12	490.34
1623	J-794	478.7	SECTOR VI	0.01	12	490.41
1785	J-840	497.14	SECTOR VI	0.33	12	508.97
1151	J-590	478.4	SECTOR VI	0.01	12	490.33
1613	J-789	478.38	SECTOR VI	0.01	12	490.4
1540	J-758	478.33	SECTOR VI	0.02	12	490.42
1163	J-597	478.2	SECTOR VI	0.02	12	490.41
1619	J-792	478.18	SECTOR VI	0.01	12	490.4
1321	J-657	478.04	SECTOR VI	0.01	12	490.34
1354	J-672	478.01	SECTOR VI	0.02	12	490.41
1615	J-790	477.9	SECTOR VI	0.41	12	490.4
1621	J-793	477.89	SECTOR VI	0.02	12	490.41
1608	J-787	477.43	SECTOR VI	0.01	13	490.4
1611	J-788	477.42	SECTOR VI	0.02	13	490.4
1237	J-633	477.17	SECTOR VI	0.03	13	490.33
1216	J-623	477.15	SECTOR VI	0.01	13	490.33
2463	J-859	477.15	<None>	0	13	490.34
1596	J-781	477.16	SECTOR VI	0.01	13	490.4
1218	J-624	477.04	SECTOR VI	0.02	13	490.38
1605	J-785	477.01	SECTOR VI	0.01	13	490.39
1594	J-780	476.93	SECTOR VI	0	13	490.4
1592	J-779	476.92	SECTOR VI	0	13	490.4
1590	J-778	476.82	SECTOR VI	0.01	14	490.39
1004	J-501	476.76	SECTOR VI	0.01	14	490.33
1003	J-500	476.7	SECTOR VI	0	14	490.33
1542	J-759	476.71	SECTOR VI	0.02	14	490.4
1543	J-760	476.61	SECTOR VI	0.01	14	490.39
1341	J-664	476.42	SECTOR VI	0.02	14	490.38
1553	J-763	476.37	SECTOR VI	0.01	14	490.38
1585	J-776	476.13	SECTOR VI	0.01	14	490.38
1555	J-764	476.11	SECTOR VI	0	14	490.38
1192	J-613	476.04	SECTOR VI	0.02	14	490.33
1557	J-765	476.07	SECTOR VI	0	14	490.38
1175	J-604	493.78	SECTOR VI	2.31	14	508.18

1174	J-603	493.63	SECTOR VI	0.06	15	508.19
1598	J-782	475.83	SECTOR VI	0.01	15	490.4
1563	J-767	475.67	SECTOR VI	0	15	490.37
1565	J-768	475.64	SECTOR VI	0.01	15	490.37
1058	J-535	475.64	SECTOR VI	0.01	15	490.38
1208	J-620	475.54	SECTOR VI	0.01	15	490.33
1602	J-784	475.58	SECTOR VI	0.01	15	490.4
1496	J-737	493.36	SECTOR VI	0.04	15	508.29
1360	J-674	475.35	SECTOR VI	0	15	490.33
2466	J-860	475.34	SECTOR VI	0	15	490.33
1582	J-775	475.36	SECTOR VI	0.01	15	490.38
1551	J-762	475.29	SECTOR VI	0.02	15	490.38
1263	J-642	475.23	SECTOR VI	0	15	490.35
1600	J-783	475.21	SECTOR VI	0	15	490.4
1023	J-513	475.13	SECTOR VI	0.01	15	490.37
1578	J-773	475.08	SECTOR VI	0	15	490.38
1059	J-536	475.06	SECTOR VI	0	15	490.38
1043	J-526	475.01	SECTOR VI	0.01	15	490.35
1507	J-741	492.85	SECTOR VI	0.05	15	508.26
1223	J-626	474.81	SECTOR VI	0	15	490.33
1034	J-520	492.67	SECTOR VI	0.07	16	508.21
1580	J-774	474.8	SECTOR VI	0.01	16	490.39
1209	J-621	474.7	SECTOR VI	0.01	16	490.33
1056	J-534	474.68	SECTOR VI	0	16	490.37
1042	J-525	474.57	SECTOR VI	0.01	16	490.35
1026	J-515	492.25	SECTOR VI	0	16	508.21
1561	J-766	474.4	SECTOR VI	0.02	16	490.36
1567	J-769	474.38	SECTOR VI	0.02	16	490.37
1492	J-735	492.44	SECTOR VI	0.02	16	508.47
1233	J-631	492.75	SECTOR VI	0.3	16	508.78
1254	J-641	492.68	SECTOR VI	0.04	16	508.73
1297	J-647	474.1	SECTOR VI	0.01	16	490.35
1027	J-516	491.92	SECTOR VI	0.01	16	508.21
1104	J-561	491.85	SECTOR VI	0.01	16	508.19
1048	J-529	492.39	SECTOR VI	0.02	16	508.8
1039	J-523	491.76	SECTOR VI	0.01	16	508.19
1049	J-530	492.36	SECTOR VI	0.02	16	508.8
1040	J-524	491.74	SECTOR VI	0.02	16	508.19
1726	J-832	473.85	SECTOR VI	0.02	16	490.37
1242	J-636	473.74	SECTOR VI	0.08	17	490.32
1343	J-665	491.52	SECTOR VI	0.03	17	508.22
1494	J-736	491.96	SECTOR VI	0	17	508.67
1240	J-635	473.6	SECTOR VI	0.01	17	490.32

1569	J-770	473.56	SECTOR VI	0.01	17	490.35
1106	J-562	473.43	SECTOR VI	0	17	490.35
1352	J-671	491.72	SECTOR VI	0.02	17	508.67
1066	J-540	473.39	SECTOR VI	0.01	17	490.35
1067	J-541	473.38	SECTOR VI	0.01	17	490.35
1571	J-771	473.37	SECTOR VI	0.01	17	490.35
1171	J-602	473.27	SECTOR VI	0	17	490.32
1170	J-601	473.26	SECTOR VI	0.01	17	490.32
1015	J-508	491.02	SECTOR VI	0	17	508.15
1351	J-670	491.59	SECTOR VI	0.13	17	508.73
1029	J-517	490.99	SECTOR VI	0.21	17	508.15
1103	J-560	491.03	SECTOR VI	0.01	17	508.19
1089	J-552	490.93	SECTOR VI	0	17	508.19
1014	J-507	490.86	SECTOR VI	0	17	508.15
1245	J-638	490.65	SECTOR VI	0.26	17	508.14
1344	J-666	490.71	SECTOR VI	0.01	17	508.2
1021	J-512	490.64	SECTOR VI	0.36	17	508.14
995	J-495	472.83	SECTOR VI	0.01	17	490.33
1012	J-506	472.77	SECTOR VI	0	18	490.33
1371	J-680	472.73	SECTOR VI	0.08	18	490.32
1020	J-511	490.47	SECTOR VI	0.01	18	508.14
1032	J-519	472.6	SECTOR VI	0	18	490.32
988	J-490	472.59	SECTOR VI	0.01	18	490.34
1251	J-640	490.42	SECTOR VI	0	18	508.2
1031	J-518	472.52	SECTOR VI	0	18	490.32
1356	J-673	490.38	SECTOR VI	0.01	18	508.2
1099	J-558	472.45	SECTOR VI	0.01	18	490.31
1064	J-539	472.4	SECTOR VI	0.01	18	490.32
1331	J-660	472.34	SECTOR VI	0.01	18	490.33
1138	J-582	490.15	SECTOR VI	0.01	18	508.19
1063	J-538	472.06	SECTOR VI	0.01	18	490.32
1054	J-533	471.98	SECTOR VI	0.01	18	490.32
973	J-481	471.92	SECTOR VI	0.01	18	490.31
1337	J-662	489.78	SECTOR VI	0.02	18	508.2
1346	J-667	489.7	SECTOR VI	0.03	18	508.21
1244	J-637	489.61	SECTOR VI	0.32	18	508.14
1165	J-598	489.48	SECTOR VI	0.02	19	508.14
1282	J-645	489.89	SECTOR VI	0.42	19	508.68
1139	J-583	489.38	SECTOR VI	0.01	19	508.19
1092	J-554	471.49	SECTOR VI	0.01	19	490.31
1180	J-607	471.48	SECTOR VI	0.02	19	490.32
1070	J-543	489.3	SECTOR VI	0.01	19	508.19
986	J-489	471.35	SECTOR VI	0.01	19	490.31

1734	J-835	489.16	SECTOR VI	0.02	19	508.19
1503	J-740	489.04	SECTOR VI	0.01	19	508.21
1142	J-585	488.88	SECTOR VI	0	19	508.19
1125	J-574	488.81	SECTOR VI	0.01	19	508.14
1281	J-644	489.32	SECTOR VI	0.04	19	508.65
1205	J-619	470.96	SECTOR VI	0.01	19	490.31
1501	J-739	488.87	SECTOR VI	0.01	19	508.22
1069	J-542	488.75	SECTOR VI	0.01	19	508.19
1161	J-596	470.79	SECTOR VI	0.01	19	490.31
1348	J-668	488.67	SECTOR VI	0.01	19	508.2
938	J-459	470.75	SECTOR VI	0.02	20	490.31
1148	J-588	488.57	SECTOR VI	0	20	508.14
1349	J-669	488.35	SECTOR VI	0.01	20	508.19
1126	J-575	488.25	SECTOR VI	0.64	20	508.14
1498	J-738	488.37	SECTOR VI	0.02	20	508.29
1141	J-584	488.14	SECTOR VI	0	20	508.19
1304	J-649	488.13	SECTOR VI	0.02	20	508.18
1128	J-576	488.03	SECTOR VI	0.01	20	508.14
1194	J-614	487.96	SECTOR VI	0.01	20	508.14
1200	J-617	487.92	SECTOR VI	0.01	20	508.14
1249	J-639	487.95	SECTOR VI	0	20	508.18
1415	J-700	469.99	SECTOR VI	0.03	20	490.28
1146	J-587	487.83	SECTOR VI	0.01	20	508.14
1131	J-578	487.83	SECTOR VI	0.01	20	508.19
1091	J-553	469.94	SECTOR VI	0.01	20	490.31
1185	J-609	487.7	SECTOR VI	0.02	20	508.18
1129	J-577	487.59	SECTOR VI	0.12	21	508.14
1087	J-551	469.72	SECTOR VI	0.01	21	490.31
1413	J-699	469.68	SECTOR VI	0.02	21	490.29
1417	J-701	469.6	SECTOR VI	0.04	21	490.28
1307	J-651	487.46	SECTOR VI	0.02	21	508.18
1186	J-610	487.45	SECTOR VI	0	21	508.18
1136	J-581	487.35	SECTOR VI	0.01	21	508.16
1828	J-847	469.44	SECTOR VI	0	21	490.3
1278	J-643	469.42	SECTOR VI	0	21	490.31
1490	J-734	487.38	SECTOR VI	0.02	21	508.36
1079	J-547	487.08	SECTOR VI	0	21	508.14
1133	J-579	469.24	SECTOR VI	0.03	21	490.31
1198	J-616	469.17	SECTOR VI	0	21	490.29
1328	J-659	487	SECTOR VI	0.01	21	508.17
2472	J-862	469.12	SECTOR VI	0	21	490.29
1309	J-652	486.99	SECTOR VI	0.01	21	508.18
1114	J-567	486.93	SECTOR VI	0.01	21	508.14

1306	J-650	486.8	SECTOR VI	0.01	21	508.18
1135	J-580	486.63	SECTOR VI	0.01	21	508.16
1052	J-532	486.55	SECTOR VI	0	22	508.14
1411	J-698	468.6	SECTOR VI	0.01	22	490.28
1231	J-630	486.92	SECTOR VI	0.02	22	508.6
1000	J-498	468.63	SECTOR VI	0	22	490.31
1177	J-605	486.35	SECTOR VI	0.01	22	508.17
1051	J-531	486.3	SECTOR VI	0.01	22	508.14
1061	J-537	486.27	SECTOR VI	0.01	22	508.14
1178	J-606	486.08	SECTOR VI	0.01	22	508.16
1803	J-844	486.48	SECTOR VI	0.03	22	508.57
1116	J-568	486	SECTOR VI	0.01	22	508.14
1202	J-618	468.14	SECTOR VI	0.02	22	490.31
1409	J-697	468.07	SECTOR VI	0.02	22	490.26
1523	J-749	485.98	SECTOR VI	0.01	22	508.18
1339	J-663	485.91	SECTOR VI	0.01	22	508.15
1017	J-509	486.32	SECTOR VI	0.01	22	508.6
1167	J-599	467.95	SECTOR VI	0.04	22	490.25
1001	J-499	467.99	SECTOR VI	0	22	490.31
1018	J-510	486.24	SECTOR VI	0.04	22	508.6
1113	J-566	485.64	SECTOR VI	0.02	22	508.14
1117	J-569	485.6	SECTOR VI	0.07	22	508.14
1168	J-600	467.6	SECTOR VI	0.02	23	490.26
1076	J-546	485.44	SECTOR VI	0.01	23	508.14
1485	J-732	467.5	SECTOR VI	0.01	23	490.24
1812	J-846	485.45	SECTOR VI	0.01	23	508.26
1509	J-742	485.45	SECTOR VI	0.01	23	508.3
1511	J-743	485.46	SECTOR VI	0.01	23	508.32
1407	J-696	467.23	SECTOR VI	0.03	23	490.24
1749	J-836	485.1	SECTOR VI	0.02	23	508.13
1521	J-748	485.1	SECTOR VI	0.01	23	508.26
1694	J-824	466.93	SECTOR VI	0.02	23	490.23
1489	J-733	485.01	SECTOR VI	0.02	23	508.39
1189	J-612	485.09	SECTOR VI	0.02	23	508.58
1512	J-744	484.71	SECTOR VI	0.01	24	508.29
1373	J-681	484.36	SECTOR VI	0.06	24	508.14
1518	J-747	484.45	SECTOR VI	0	24	508.27
1188	J-611	484.74	SECTOR VI	0.02	24	508.58
1111	J-565	484.25	SECTOR VI	0.02	24	508.14
1806	J-845	484.54	SECTOR VI	0.06	24	508.44
1529	J-752	483.86	SECTOR VI	0.01	24	507.92
1526	J-750	483.84	SECTOR VI	0.02	24	508.06
1334	J-661	483.9	SECTOR VI	0.04	24	508.14



1692	J-823	465.87	SECTOR VI	0.02	24	490.23
1046	J-528	465.8	SECTOR VI	0.02	24	490.19
1363	J-676	465.75	SECTOR VI	0.01	24	490.2
1045	J-527	465.71	SECTOR VI	0.01	24	490.19
1672	J-815	465.61	SECTOR VI	0.09	25	490.19
1380	J-684	483.94	SECTOR VI	0.02	25	508.58
1514	J-745	483.6	SECTOR VI	0.03	25	508.29
1528	J-751	483.21	SECTOR VI	0.02	25	507.92
1690	J-822	465.44	SECTOR VI	0.03	25	490.23
1144	J-586	483.29	SECTOR VI	0.02	25	508.14
1516	J-746	483.43	SECTOR VI	0.01	25	508.28
1789	J-841	483.74	SECTOR VI	0.42	25	508.59
983	J-487	465.17	SECTOR VI	0.01	25	490.19
982	J-486	465.15	SECTOR VI	0	25	490.19
1674	J-816	465.1	SECTOR VI	0.01	25	490.19
1678	J-817	464.74	SECTOR VI	0.47	25	490.18
1532	J-754	482.34	SECTOR VI	0.02	25	507.8
1688	J-821	464.6	SECTOR VI	0.03	26	490.22
1101	J-559	464.55	SECTOR VI	0.01	26	490.19
1182	J-608	482.41	SECTOR VI	0.03	26	508.14
1531	J-753	482.06	SECTOR VI	0.03	26	507.8
1403	J-694	464.41	SECTOR VI	0.05	26	490.22
1362	J-675	464.21	SECTOR VI	0.01	26	490.2
1680	J-818	463.98	SECTOR VI	0.03	26	490.19
1392	J-688	463.95	SECTOR VI	0.01	26	490.21
992	J-493	463.84	SECTOR VI	0.02	26	490.19
1686	J-820	463.83	SECTOR VI	0.01	26	490.21
1401	J-693	463.33	SECTOR VI	0.02	27	490.22
1394	J-689	463.07	SECTOR VI	0.02	27	490.21
1395	J-690	462.7	SECTOR VI	0.02	27	490.21
991	J-492	462.45	SECTOR VI	0.01	28	490.19
1397	J-691	462.4	SECTOR VI	0.02	28	490.21
1235	J-632	480.53	SECTOR VI	0.03	28	508.47
1324	J-658	461.97	SECTOR VI	0.04	28	490.19
1084	J-550	480.34	SECTOR VI	0.02	28	508.56
1399	J-692	461.97	SECTOR VI	0.02	28	490.22
1083	J-549	480.25	SECTOR VI	0.02	28	508.54
1682	J-819	461.83	SECTOR VI	0.74	28	490.18
1450	J-718	461.77	SECTOR VI	0.03	28	490.22
1369	J-679	461.51	SECTOR VI	0.01	29	490.2
1472	J-727	458.98	SECTOR VI	0.03	31	490.22
1474	J-728	458.91	SECTOR VI	0.03	31	490.22
1470	J-726	458.66	SECTOR VI	0.03	31	490.22

**VI. ANEXO VI: MODELO HIDRAULICO CD**