



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**REDEFINICIÓN DE REDES PRINCIPALES DE
DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE AL NORTE
DE LA CIUDAD DE VALENCIA, ESTADO
CARABOBO MEDIANTE LA APLICACIÓN DE
HERRAMIENTAS DIGITALES.**

Autores:

Barrios P. Marcos D.

C.I: 18.253.305

Escalona P. Rafael A.

C.I:20.314.760

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego

Teléfono: (0241) 8714240 (master) – Fax: (0241) 8712394



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

**REDEFINICIÓN DE REDES PRINCIPALES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA
POTABLE AL NORTE DE LA CIUDAD DE VALENCIA, ESTADO
CARABOBO MEDIANTE LA APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS
DIGITALES.**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
INGENIERO CIVIL**

**Autores: Barrios P. Marcos D.
C.I: 18.253.305
Escalona P. Rafael A.
C.I:20.314.760
Tutor: Ing. De Pizella, Alicia
C.I: 4.598.880**

San Diego, Febrero 2020



FF-L-014-2019-3CR (IG)

Valencia, 04 de diciembre de 2019

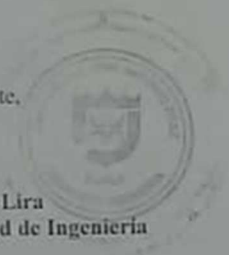
Ciudadanos:
Barrios P, Marcos D.
18.253.305
Esealona P, Rafael A.
20.314.760
Presente-

Cumplo con informarle que la Comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 03-2019 de fecha 06-09-2019 aprobó el proyecto de trabajo de grado titulado REDIFINICIÓN DE REDES PRINCIPALES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE AL NORTE DE LA CIUDAD DE VALENCIA, ESTADO CARABOBO MEDIANTE LA APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DIGITALES presentado por usted (es) como requisito para optar al título de Ingeniero Civil.

Se ratifica la designación de la Ing. Alicia de Pizzella C.I: 4.598.880 como Tutor Académico que los asesorará en el desarrollo de este proyecto.

Atentamente,

Prof. Luis Lira
Decano de la Facultad de Ingeniería



e.e. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado (1).

L/a.a.



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Quien suscribe, Ing. Alicia de Pizella, portadora de la cedula de identidad N° 4.598.880, hace constar que ha leído el Proyecto del Trabajo de Grado, presentado por los ciudadanos: Marcos Barrios, portador de la cédula de identidad N° 18.253.305 y Rafael Escalona, portador de la cédula de identidad N° 20.314.760, titulado **REDEFINICIÓN DE REDES PRINCIPALES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE AL NORTE DE LA CIUDAD DE VALENCIA, ESTADO CARABOBO MEDIANTE LA APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DIGITALES**, presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Civil, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego a los 17 días del mes de Febrero del año dos mil veinte.

Ing. Alicia de Pizella C.I.: 4.598.880


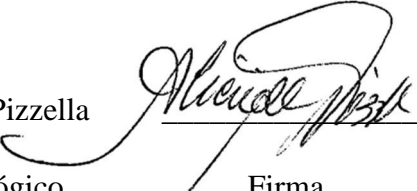


REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

San Diego, 17 de Febrero de 2020

ACTA DE REVISIÓN METODOLÓGICA DEL TRABAJO DE GRADO

Quien suscribe esta Acta deja constancia que el Proyecto de Trabajo de Grado titulado **REDEFINICIÓN DE REDES PRINCIPALES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE AL NORTE DE LA CIUDAD DE VALENCIA, ESTADO CARABOBO MEDIANTE LA APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DIGITALES**. Ha sido revisado y, cumpliendo con los requisitos exigidos para su aprobación, recomiendan su tramitación ante el organismo académico correspondiente.

Ing. Alicia de Pizzella		17 - 02 - 20
Tutor Académico	Firma	Fecha
Ing. Alicia de Pizzella		17 - 02 - 20
Tutor Metodológico	Firma	Fecha

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo de grado a Dios por darme todo en la vida y a todas las personas que de una u otra forma intervinieron en la realización de este trabajo.

A mis padres por enseñarme el mejor camino, por su amor, sus consejos, por inculcarme valores morales y espirituales, por ayudarme en todo lo que está a su alcance, por darme una buena educación, por darme aliento en los momentos cuando creía que tenía el mundo encima.

A mis amigos de infancia José Arteaga, Roberto Orozco y Valentina Franket por su apoyo incondicional.

Atte: Rafael A. Escalona P.

A Dios todo poderoso por llenarme de su amor y sabiduría para culminar esta meta.

A mi madre amada, Irma Pérez por brindarme todo su apoyo incondicional. ¡Te amo madre mía!

A mis hermanos, por su comprensión en especial a Luis Barrios por ser como un padre para mí.

Atte: Marcos D. Barrios P.

AGRADECIMIENTO

Primeramente y, ante todo a Dios, por haberme permitido llegar a donde estoy y estar presente siempre en mi vida guiando mis pasos en el camino correcto.

A mis padres por brindarme las herramientas necesarias y apoyarme incondicionalmente durante este largo tiempo de lucha universitaria.

A mi gran amigo Francisco González, por ayudarme a lo largo de trabajo de grado, y ser una excelente persona que me ha dejado grandes enseñanzas.

A mi tutora Ing. Alicia de Pizzella por siempre estar ahí para aclarar mis dudas y por brindarme todo el apoyo e información necesaria para la culminación de mi trabajo de grado

A mis compañeros de la Universidad en general, pero en especial a Oscar de la Rosa, Daniel Salomón, Daniel Sánchez, Marcos B., por su apoyo a lo largo de la carrera y por estar siempre dispuestos a ayudarme.

A todos los profesores que marcaron la diferencia en mi vida a lo largo de toda la carrera.

A mi alma mater, Universidad José Antonio Páez, por proporcionar un espacio para mi preparación como profesional, por brindar profesores de calidad y por regalarme gratos momentos con mis compañeros de estudio, amistades y profesores.

Atte: Rafael A. Escalona P.

A la ingeniera Alicia De Pizella, a la ingeniera Emerly Castillo por apoyarme y dar palabras de aliento.

A la ingeniera Iradia Barrera, al ingeniero Gerardo Huguet, al ingeniero Oscar Carrasco y al ingeniero Miguel Jiménez por su colaboración en este trabajo de grado.

A mis compañeros de estudios de la Universidad de Carabobo y de la Universidad José Antonio Páez

A mi casa de estudios, la Universidad José Antonio Páez, por formarme como profesional.

Atte: Marcos D. Barrios P.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	Pág.
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xii
RESUMEN	xiii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO	
I EL PROBLEMA	
1.1 Planteamiento del problema.....	3
1.2 Formulación.....	5
1.3 Objetivos de la Investigación.....	5
1.3.1 Objetivo General.....	5
1.3.2 Objetivos Específicos.....	5
1.4 Justificación.....	5
1.5 Alcance.....	6
II MARCO TEÓRICO	
2.1 Antecedentes.....	7
2.2 Bases Teóricas.....	9
2.2.1 Red de Distribución.....	9
2.2.2 Clasificación de las Redes de Distribución.....	10
2.2.3 Estimación Poblacional Para Diseño.....	11
2.2.4 Dotación.....	11
2.2.5 Ecuación de Hazen & Williams.....	11
2.2.6 Clase de Tuberías.....	12

2.2.7	Método para la Distribución de Caudales.....	13
2.2.8	Válvulas.....	13
2.2.9	Tipo de Válvulas Utilizadas en los Procesos de Distribución del Agua.....	14
2.2.10	Sistema de Bombeo.....	17
2.2.11	Bombas Centrífugas.....	17
2.2.12	Curvas Características de una Bomba.....	18
2.2.13	Golpe de Ariete.....	18
2.2.14	Software Epanet.....	18
2.2.15	Software Watercad.....	18
2.3	Bases Legales.....	18
2.4	Definición de Términos.....	19

III MARCO METODOLÓGICO

3.1	Tipo de Investigación.....	21
3.2	Diseño de Investigación.....	21
3.3	Nivel de Investigación.....	21
3.4	Población y Muestra.....	22
3.5	Técnicas e Instrumentación de Recolección de Datos.....	22
3.6	Fases Metodológicas.....	23

IV RESULTADOS

4.1	Diagnosticar la actual distribución de agua potable, desde el Tanque los Colorados I hasta la estación de Rebombeo Bárbula I.....	25
4.1.1	Ubicación del sector en estudio.....	25
4.1.2	Sistema de Distribución Red Alta.....	27
4.1.3	Situación actual del sistema de distribución.....	31
4.1.4	Diagnóstico del sistema de distribución de la red alta.....	31
4.1.5	Visita en sitio del alimentador del norte.....	32
4.1.6	Levantamiento y verificación de cotas.....	34

4.1.7	Entrevista.....	34
4.1.8	Análisis de la información técnica.....	36
4.1.9	Cálculo de la red de distribución actual.....	36
4.1.9.1	Cálculo del área en los nodos.....	36
4.1.9.2	Estimación de la densidad de la población.....	39
4.1.9.3	Estimación poblacional.....	40
4.1.9.4	Cálculo de la demanda de caudal en los nodos.....	41
4.1.9.5	Simulación hidráulica de las redes en estudio en estado actual, utilizando el software EPANET 2.....	43
4.1.9.6	Resultados de la simulación hidráulica de las redes en estudio en estado actual, utilizando el software EPANET 2.0.....	50
4.1.9.7	Simulación hidráulica de las redes en estudio en estado actual, utilizando el software WaterCAD V8i...	53
4.2	Evaluar alternativas de sectorización para mejorar la distribución de agua potable desde el tanque los Colorados I hasta la estación de Rebombeo Bárbula I.....	58
4.2.1	Propuestas de Operación del sistema.....	59
4.2.1.1	Propuesta 1.....	59
4.2.1.2	Propuesta 2.....	60
4.3	Seleccionar la alternativa más factible para la sectorización del suministro de agua desde el tanque los Colorados I hasta la estación de Rebombeo de Bárbula I.....	62
4.3.1	Resultados obtenidos de la Propuesta 1 Parte A, utilizando el software EPANET. Suministro de agua para el Municipio Naguanagua.....	62
4.3.2	Resultados obtenidos de la Propuesta 1 Parte B, utilizando el software EPANET. Suministro de agua para la Parroquia San José.....	64

4.3.3	Resultados obtenidos de la Propuesta 1 Parte A, utilizando el software WaterCAD. Suministro de agua para el Municipio Naguanagua.....	65
4.3.4	Resultados obtenidos de la Propuesta 1 Parte B, utilizando el software WaterCAD. Suministro de agua para la Parroquia San José.....	67
4.3.5	Resultados obtenidos de la Propuesta 2 Parte A, utilizando el software EPANET.....	68
4.3.6	Resultados obtenidos de la Propuesta 2 Parte B, utilizando el software EPANET.....	69
4.3.7	Resultados obtenidos de la Propuesta 2 Parte C, utilizando el software EPANET.....	70
4.3.8	Resultados obtenidos de la Propuesta 2 Parte D, utilizando el software EPANET.....	72
4.3.9	Resultados obtenidos de la Propuesta 2 Parte A, utilizando el software WaterCAD.....	73
4.3.10	Resultados obtenidos de la Propuesta 2 Parte B, utilizando el software WaterCAD.....	74
4.3.11	Resultados obtenidos de la Propuesta 2 Parte C, utilizando el software WaterCAD.....	76
4.3.12	Resultados obtenidos de la Propuesta 2 Parte D, utilizando el software WaterCAD.....	77
4.3.13	Comparación de resultados entre los software EPANET y WaterCAD.....	79
4.4	Diseñar la redefinición de las redes principales del norte de la ciudad de Valencia desde el tanque los Colorados I hasta la estación de Rebombío Bábula mediante herramientas digitales.....	80
4.4.1	Cálculo del golpe de ariete.....	80
4.5	Presupuesto de la obra.....	86

CONCLUSIONES	89
RECOMENDACIONES	91
APÉNDICE	93
A Área en los nodos de las redes principales.....	94
B Demanda de caudal en los nodos.....	96
C Resultados de las presiones en las redes principales de distribución de agua potable del Norte de Valencia, en el estado actual con software EPANET.....	98
D Resultados de las presiones en las redes principales de distribución de agua potable del Norte de Valencia, en el estado actual usando software WaterCAD.....	100
E Resultados de las presiones de la propuesta 1 Parte A, en el software EPANET.....	102
F Resultados de las presiones de la propuesta 1 Parte B, en el software EPANET.....	104
G Resultados de las presiones de la propuesta 1 Parte A, en el software WaterCAD.....	105
H Resultados de las presiones de la propuesta 1 Parte B, en el software WaterCAD.....	106
I Resultados de las presiones de la propuesta 2 Parte B, en el software EPANET.....	107
J Resultados de las presiones de la propuesta 2 Parte C, en el software EPANET.....	108
K Resultados de las presiones de la propuesta 2 Parte D, en el software EPANET.....	109
L Resultados de las presiones de la propuesta 2 Parte C, en el software WaterCAD.....	111

M	Resultados de las presiones de la propuesta 2 Parte D, en el software WaterCAD.....	112
N	Resultados del Golpe de Ariete, para el día 2. Tramo J-27 hasta R-474.....	114
Ñ	Resultados del Golpe de Ariete, para el día 5. Tramo J-28-1 hasta J-28.....	116
O	Resultados del Golpe de Ariete, para el día 6. Tramo J-27 hasta R-474.....	119
P	Resultados del Golpe de Ariete, para el día 7. Tramo J-27 hasta J-31.....	120
	ANEXOS.....	124
A	Ubicación de la válvula en R-474.....	125
B	Ubicación de las válvulas en las cercanías J-31.....	125
C	Ubicación de la válvula en J-541.....	126
D	Ubicación de la válvula en J-142.....	126
E	Ubicación de la válvula en J-125.....	127
F	Ubicación de la válvula en J-162.....	127
G	Ubicación de la válvula en J-28-1.....	128
H	Ubicación de la válvula en J-223.....	128
I	Registro fotográfico de medición del caudal en la estación de Rebombeo Bárbula I.....	129
J	Mediciones en el alimentador del norte.....	130
K	Mediciones en la estación de Rebombeo Bárbula I.....	131
L	Registro fotográfico en la estación de Rebombeo Bárbula I.....	132
M	Planos digitales de la red alta de la ciudad de Valencia Edo. Carabobo...	133
N	Carta de solicitud de planos digitales de Hidrocentro de la red alta de Valencia, Estado Carabobo.....	134
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	135

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	Pág.
1 Consumo mínimo permisible.....	11
2 Características de las tuberías según el material.....	12
3 Válvula de Compuerta.....	15
4 Válvula de Globo.....	16
5 Válvula de Mariposa.....	16
6 Bomba Centrífuga.....	17
7 Delimitación de la Parroquia San José.....	25
8 Delimitación del Municipio Naguanagua.....	26
9 Primer punto de medición del alimentador del norte, Valencia, Edo Carabobo.....	32
10 Medición en el alimentador del norte, Valencia, Edo Carabobo.....	33
11 Medidor de Caudal Ultrasónico Modelo PT878.....	33
12 Nodo J-523, ubicado en la Av. Universidad, Naguanagua.....	37
13 Detallado de las longitudes a los extremos del nodo J-523.....	38
14 Archivo guardado en extensión DXF.....	44
15 Pantalla de inicio de EpaCAD.....	44
16 Procedimiento para abrir archivo DXF.....	45
17 Pantalla principal de EPANET 2.0.....	45
18 Selección del archivo IPN.....	46
19 Opciones Hidráulicas.....	47
20 Introducción de datos para los nodos.....	48
21 Introducción de datos para las tuberías.....	48
22 Ventana Visor.....	49
23 Representación gráfica del equipo de bombeo 1.....	49
24 Representación gráfica del equipo de bombeo 2.....	50
25 Representación actual de las redes principales de distribución de agua potable del norte de Valencia.....	51

26	Representación actual de las redes principales de distribución de agua potable del norte de Valencia, en el software WaterCAD V8i.....	53
27	Modificación de parámetros de tuberías en el software WaterCAD V8i..	54
28	Modificación de parámetros en los nodos en el software WaterCAD V8i..	54
29	Incorporación de equipos de bombeos.....	55
30	Curva característica del equipo de bombeo PMP-1.....	55
31	Curva característica del equipo de bombeo PMP-2.....	56
32	Características del Tanque los Colorados I.....	56
33	Representación de la propuesta 1, Parte A en el software EPANET.....	62
34	Representación de la propuesta 1, Parte B en el software EPANET.....	64
35	Representación de la propuesta 1, Parte A en el software WaterCAD....	65
36	Representación de la propuesta 1, Parte B en el software WaterCAD....	67
37	Representación de la propuesta 2, Parte A en el software EPANET.....	68
38	Representación de la propuesta 2, Parte B en el software EPANET.....	69
39	Representación de la propuesta 2, Parte C en el software EPANET.....	70
40	Representación de la propuesta 2, Parte D en el software EPANET.....	72
41	Representación de la Propuesta 2, Parte A en el software WaterCAD....	73
42	Representación de la Propuesta 2, Parte B en el software WaterCAD....	74
43	Representación de la Propuesta 2, Parte C en el software WaterCAD....	76
44	Representación de la Propuesta 2, Parte D en el software WaterCAD....	77

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA	Pág.
1 Área en los nodos de las redes principales.....	39
2 Datos del Municipio Naguanagua.....	40
3 Datos de la Parroquia San José.....	40
4 Demanda de caudal en los nodos.....	43
5 Resultados de las presiones en las redes principales de distribución de agua potable del norte de Valencia, en estado actual con software EPANET.....	52

6	Resultados de las presiones en las redes principales de distribución de agua potable del norte de Valencia, en estado actual usando el software WaterCAD.....	57
7	Resumen de incorporación de elementos de regulación.....	59
8	Resultados de las presiones de la Propuesta 1 Parte A, en el software EPANET.....	63
9	Resultados de las presiones de la Propuesta 1 Parte B, en el software EPANET.....	64
10	Resultados de las presiones de la Propuesta 1 Parte A, en el software WaterCAD.....	66
11	Resultados de las presiones de la Propuesta 1 Parte B, en el software WaterCAD.....	67
12	Resultados de las presiones de la Propuesta 2 Parte A, en el software EPANET.....	68
13	Resultados de las presiones de la Propuesta 2 Parte B, en el software EPANET.....	69
14	Resultados de las presiones de la Propuesta 2 Parte C, en el software EPANET.....	71
15	Resultados de las presiones de la Propuesta 2 Parte D, en el software EPANET.....	72
16	Resultados de las presiones de la Propuesta 2 Parte A, en el software WaterCAD.....	74
17	Resultados de las presiones de la Propuesta 2 Parte B, en el software WaterCAD.....	75
18	Resultados de las presiones de la Propuesta 2 Parte C, en el software WaterCAD.....	76
19	Resultados de las presiones de la Propuesta 2 Parte D, en el software WaterCAD.....	78
20	Resultados de las presiones en los softwares EPANET y WaterCAD.....	79

21	Plan de abastecimiento de agua potable, para las redes principales del norte de Valencia.....	80
22	Coeficiente K según Mendiluce.....	82
23	Coeficiente C según Mendiluce.....	82
24	Resultados del Golpe de Ariete para el día 1. Tramo J-28-1 hasta J-28-2...	84
25	Resultados del Golpe de Ariete para el día 1. Tramo J-28-1 hasta J-28.....	85

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICOS		Pág.
1	Medidor del alimentador del norte Bárbula I.....	36



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

**REDEFINICIÓN DE REDES PRINCIPALES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA
POTABLE AL NORTE DE LA CIUDAD DE VALENCIA, ESTADO CARABOBO
MEDIANTE LA APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DIGITALES.**

Autores: Barrios Marcos, Escalona Rafael.

Tutor Académico: Ing. Yáñez de Pizzella, Alicia

Fecha: Febrero 2020

RESUMEN

La situación actual del abastecimiento de agua potable en el norte de Valencia, impulsa a realizar la presente investigación cuyo objetivo principal fue sectorizar las redes principales del norte de la ciudad de Valencia para optimizar la distribución del agua potable, tratar de mejorar el problema de escasez de agua y lograr la calidad de vida de sus habitantes. Esta investigación se realizó bajo la modalidad de proyecto factible, sustentada en un diseño de campo, siendo de nivel descriptivo. Se emplearon técnicas como la observación directa e indirecta y la entrevista. La investigación se desarrolló en cuatro fases, la primera el diagnóstico donde se comprobó las bajas presiones en los puntos más alejados de la red principal de acueducto de Valencia norte. La segunda fase corresponde al estudio técnico que se llevó a cabo para proponer alternativas de sectorización, a continuación la tercera fase en la cual se seleccionó la alternativa más factible, y por último se efectuaron simulaciones de alternativas de la red en estudio, mediante el uso de herramientas digitales, tales como EPANET y WATERCAD, con los resultados obtenidos se efectuaron las verificaciones necesarias de los parámetros hidráulicos críticos, estableciendo que cumpliesen con la normativa técnica y legal aplicable de acuerdo a la naturaleza del presente estudio.

Descriptor: dotación, acueductos, reingeniería, factibilidad, red alta, diagnóstico, demanda, densidad de la población, caudal unitario

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la distribución de agua potable en Carabobo es proveniente de la planta de tratamiento Alejo Zuloaga y el agua cruda deriva de la fuente de abastecimiento, el cual es el embalse Pao Cachinche, esta agua posteriormente es enviada por medio de una aducción por bombeo a la Planta Potabilizadora Alejo Zuloaga, en dicha planta es tratada hasta convertirla en agua potable y distribuida hacia la Parroquia Urbana El Socorro (red media) y Los Colorados hasta Bárbula (red alta). Es importante resaltar, que algunos sectores de la red, se abastecen de agua mediante pozos profundos.

La presente investigación tiene como objetivo proponer la sectorización de las redes principales del norte de la ciudad de Valencia con el objetivo de optimizar la distribución del agua potable. Estas redes principales, se originan desde el tanque Los Colorados I, ubicado en la estación de bombeo Los Colorados. Adicionalmente, en la estación de bombeo Los Colorados, se emplean tres bombas en paralelo operativas de forma simultánea, dos impulsan un caudal de $Q= 1790$ l/s; $H_b=85$ m.c.a y la tercera un caudal de $Q= 1050$ l/s; $H_b= 64$ m.c.a.

Las redes principales de Valencia norte, con el sistema de bombeo mencionado anteriormente abastecen gran cantidad de zonas residenciales y zonas comerciales, aumentando así la demanda de agua, cabe resaltar, que no solo aumenta la demanda de agua por la cantidad de parcelas que se deben dotar, sino también por las dotaciones asignadas a dichas zonas, trayendo como consecuencia que los puntos más alejados o de mayor cota de la red son los que se ven afectados por las bajas presiones.

Este trabajo de grado, pretende proponer alternativas de sectorizaciones, permitiendo de esta manera simular las condiciones hidráulicas de la red en estudio, ofreciéndole una mayor regularidad en el servicio a la población que se abastece dicha red.

La investigación se caracteriza por ser de tipo no experimental, ya que no se manipula ninguna variable, si no que se observaron los hechos como ocurren en la realidad. El proyecto se desarrollará bajo la modalidad de proyecto factible, debido a que la propuesta es viable y permite resolver una necesidad específica.

Para realizar la presente investigación se desarrollaran cuatro capítulos

En el **Capítulo 1: El Problema**, donde se presentará el planteamiento del problema para diagnosticar la investigación, así como el cumplimiento de sus objetivos, alcance y limitaciones.

En el **Capítulo II: Marco Teórico**, se encuentran los antecedentes que sirven como base para esta investigación, haciendo mención a trabajos de grado que guarden similitud con el tema en estudio, además se establecen las bases teóricas y términos básicos en el cual se sustenta la investigación.

En el **Capítulo III: Marco Metodológico**, aquí se describe el tipo de investigación, nivel y diseño de la misma, la población y muestra en estudio, las técnicas e instrumentos utilizados en la recolección de datos y por último se describen las fases metodológicas empleadas, las mismas están relacionadas con los objetivos específicos y así cumplir con éxito el objetivo general de la investigación.

En el **Capítulo IV: Resultados**, se encuentran los resultados, dando cumplimiento con cada una de las fases metodológicas descritas en el Capítulo III, las mismas están estrechamente relacionadas con los objetivos específicos.

Por último, se presentan las conclusiones que no son más que un resumen donde se analizan los resultados obtenidos en todo el proyecto, para determinar la solución o las soluciones específicas, para dicho problema, luego se tienen las recomendaciones respectivas para mejorar y completar el estudio, de esta manera llegar a cumplir con las especificaciones técnicas acordes a la naturaleza de la obra.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del Problema

En el Informe de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo 2016: Agua y Empleo, definen al agua como aquella que impregna todos los aspectos de la vida en la tierra. Al igual que el aire que respiramos, el agua sostiene la vida humana, animal y vegetal. Proporciona servicios vitales para la salud humana, los medios de subsistencia y el bienestar y contribuye a la sostenibilidad de los ecosistemas.

A pesar de la gran importancia que representa el agua para el ser humano, existen países que se encuentran sobrellevando la escasez de agua. El Informe de Desarrollo Humano (2006) se afirma:

“Actualmente, unos 1.100 millones de habitantes de países en desarrollo carecen de acceso adecuado al agua y 2.600 millones no disponen de servicios básicos de saneamiento. Adicionalmente la desigualdad de los hogares para acceder al agua es enorme. En áreas de ingresos altos de ciudades Asia, América Latina y África, las empresas de servicio público suministran varios cientos de litros de agua al día a cada hogar a un precio reducido. Al mismo tiempo, los habitantes de los hogares pobres de las áreas rurales de los mismos países tienen acceso a mucho menos de 20 litros diarios de agua. Las mujeres y las niñas sufren la doble desventaja, ya que son las que tienen que sacrificar su tiempo y educación para ir en busca de agua.” (p 12).

En Venezuela existen diferentes zonas, en las que algunas no tienen agua potable y otras carecen de calidad y de cantidad, desde poblaciones pequeñas hasta grandes ciudades, donde la causa radica en la oferta y la demanda, poca planificación urbanística, y falta de mantenimiento en sistemas de agua potable. Esto da origen a un servicio de agua potable discontinuo. Expuesta la problemática en la que se encuentra gran parte del país, se destaca las redes de agua potable, específicamente de la zona Valencia norte, cuya distribución depende del agua que se potabiliza en la planta Alejo Zuluaga, esta recibe el agua cruda del embalse Pao-Cachinche, para ser sometidas a los procesos de potabilización y posteriormente ser distribuida en los diferentes centros de consumo.

El vicepresidente del Colegio de Ingenieros del estado Carabobo Nizar Richani (2018), declaró:

“En el Estado Carabobo, a finales de 2017, ocurrió un evento en las estaciones de bombeo, las cuales se encargan de transportar el agua a las plantas potabilizadoras y hasta estos momentos en el mes de mayo, no se ha corregido enteramente la falla. En el área metropolitana de Valencia se requiere un caudal no menor a seis mil litros por segundo (6.000,00 l/s), desde las estaciones de bombeo donde se encuentran los embalses: Pao Cachinche y Pao La Balsa, hasta las plantas potabilizadoras, concretamente en la planta Alejo Zuloaga, la cual se encarga de surtir agua a los diferentes sectores del Estado. Si no existe la posibilidad de llevar seis mil litros (6.000,00 l/s) de agua desde el embalse a la potabilizadora falla el sistema de distribución.” (Diario Quinto Día Online).

A consecuencia de las fallas mayores en las estaciones de bombeo de agua cruda hacia las plantas de potabilización, el deterioro de las tuberías de aducción debido en algunos casos por la corrosión y en otros por abrasión, que causan aumento de las fugas de agua, e inclusive fallas en el proceso de potabilización debido a la poca oferta para la capacidad de la planta, ha conllevado a la Compañía Hidrológica del Centro (HIDROCENTRO), a emplear la estrategia de programar horarios de abastecimiento por sectores garantizando de esta manera el suministro de agua a la población.

La presente investigación está enfocada en el norte de Valencia, donde se da servicio de agua aproximadamente de 48 horas con dos días de por medio, a través de la estación de bombeo “Red Alta” la cual es comprendida desde Los Colorados hasta la estación de bombeo Bárbula, pudiendo variar según la ocurrencia o no de fallas en el equipo de bombeo, interrupción en el suministro del fluido eléctrico y otros inconvenientes. Sin embargo, ha sido público y notorio que los días que en se suministra el agua, hay numerosos sectores ubicados en sitios alejados y de mayor altitud a los cuales no les llega el agua. Esta falla se ha mantenido durante más de un año en todo el norte de Valencia específicamente el Municipio Naguanagua.

De las entrevistas realizadas al personal gerencial de HIDROCENTRO, se ha detectado el hecho de que existe poca capacidad de sectorizar o maniobrar el curso del agua en el norte de Valencia, lo cual impide que se pueda enfocar el bombeo hacia los sectores con déficit, tanto en cantidad como en presión de agua, ya que las redes principales reciben toda el agua simultáneamente, sin que se pueda delimitar la distribución.

Por lo anterior, se plantea la cuestión de que si la configuración actual de las redes principales del norte de Valencia son las idóneas para que el abastecimiento por bombeo llegue a todos los sectores que posee.

1.2 Formulación del Problema

¿Cómo se puede mejorar el diseño actual de las redes principales de distribución de agua potable al norte de la ciudad de Valencia, Estado Carabobo?

1.3 Objetivos de la Investigación

1.3.1 Objetivo General

Redefinir las redes principales de distribución de agua potable del norte de Valencia, estado Carabobo mediante la aplicación de herramientas digitales.

1.3.2 Objetivos Específicos

- 1) Diagnosticar la actual distribución de agua potable, desde el tanque de los Colorados I hasta la estación de Rebombeo Bárbula I.
- 2) Evaluar alternativas de sectorización para mejorar la distribución de agua potable desde el tanque de los Colorados I hasta la estación de Rebombeo Bárbula I.
- 3) Seleccionar la alternativa más factible para la sectorización del suministro de agua desde el tanque de los Colorados I hasta la estación de Rebombeo Bárbula I.
- 4) Diseñar la redefinición de las redes principales del norte de la ciudad de Valencia, desde el tanque de los Colorados I hasta la estación de Rebombeo Bárbula, mediante herramientas digitales.

1.4 Justificación de la Investigación

En el norte de Valencia, existe racionamiento constante en el suministro de agua. En ocasiones esta limitación del servicio de agua potable es programada y notificada por HIDROCENTRO y en otras oportunidades es restringido sin notificación previa. Por consiguiente la población valenciana se llena de incertidumbre, ya que se ven en la necesidad de costear camiones cisternas, o trasladarse a lugares donde existan pozos profundos para su abastecimiento siendo este un proceso agotador y de tiempo impreciso para el consumidor.

Al realizar la sectorización de las redes principales del norte de Valencia permitirá desde el punto de vista social, llevar a las distintas comunidades un adecuado suministro de agua potable.

La presente investigación servirá de apoyo en el ámbito académico a profesionales y estudiantes como consulta y aplicación en el desarrollo de futuras investigaciones que tengan como propósito el mejoramiento de sistemas de abastecimiento de agua potable.

Desde el punto de vista tecnológico se implementará el uso de softwares para simular las redes principales del norte de Valencia. Siendo estas herramientas digitales que se utilizan para el análisis de sistemas de distribución de agua potable tales como Watercad y Epanet, resaltando este último como un programa de dominio público (software libre) y es desarrollado por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. EPANET puede simular elementos como tubos, nodos, bombas y válvulas.

1.5 Alcance de la Investigación

Esta investigación se limitará al estudio de la sectorización de las redes principales de agua potable del norte de Valencia, específicamente la Parroquia San José, específicamente desde el tanque de los Colorados I hasta el Municipio Naguanagua en la estación de Rebombeo Bárbula I. Para ello se evaluará la alternativa que mejor se adapte a los requerimientos del abastecimiento de agua potable. Esto sin considerar estudios técnicos adicionales tales como estudios geotécnicos y levantamientos topográficos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la Investigación.

La presente investigación, tiene como objetivo principal proponer una redefinición de las redes principales del norte de la ciudad de Valencia para mejorar la distribución de agua potable. Para la elaboración de dicha investigación será necesario recabar información que esté vinculada, incluyendo de esta manera consultas de otros trabajos de grados. Entre los antecedentes consultados se mencionan, tres investigaciones internacionales y dos de ámbito nacional.

Según Bravo (2017), en su trabajo de investigación titulado como **“Modelación Hidráulica de la Red de Distribución de agua potable de la Parroquia el Retiro, Canton, Machala, Provincia de Oro”** realizado en la Universidad Técnica de Machala, ubicada en Ecuador; para optar al título de ingeniero civil. Tuvo como objetivo principal analizar la situación que presenta la red de agua potable en la parroquia El Retiro; y poder plantear soluciones adecuadas, para que de esta manera la comunidad pueda abastecerse de este vital líquido. La metodología empleada corresponde a un estudio cuantitativo y cualitativo, ya que los datos obtenidos, son medidos de manera estadística como también analítica, para una mejor interpretación del proyecto. Adicionalmente se determinó el consumo de agua de la población mediante la toma de lecturas del tanque elevado, y toma de lecturas con tres manómetros en diferentes puntos de la parroquia El Retiro.

Los instrumentos empleados en esta investigación fueron: estudios topográficos, manómetros y las herramientas de los softwares Watercad y EPANET. En esta investigación, se concluyó que en los nodos lejanos en el sistema de distribución en estudio presentan un valor de presión bajo y no abastece de manera continua a los sitios San Vicente y Guarumal 1, por lo que se recomienda que en dicho sitios se construya un tanque de almacenamiento para que toda la comunidad pueda abastecerse del vital líquido.

También Millán, D., Sabogal J. (2016), en su trabajo de grado titulado **“Optimización Hidráulica del Sistema de Acueducto de la Pontificia Universidad Javeriana”**, realizado en la Pontificia Universidad Javeriana, Ubicada en la ciudad de Cali Colombia; para optar al título de ingeniero civil. Esta investigación analiza el sistema de abastecimiento de la Pontificia Universidad Javeriana de Cali, y presenta diferentes propuestas de optimización hidráulica. Con tal propósito, se desarrolló una metodología para la modelación hidráulica de la red de abastecimiento de la Universidad Javeriana de Cali, utilizando el programa EPANET, software de libre uso publicado por la US-EPA, proyectando la red actual y una proyección a futuro con nuevas presiones y dotaciones, considerando las características de la red en estudio, se obtuvo que los daños presentados en la red se deben a altas presiones en horas de bajo consumo, en redes antiguas, y puntos de bajas presiones en horas pico puedan deberse a falta de mantenimiento en los sistemas de bombeo. Esta investigación representa un aporte en el manejo de software para el cálculo de una red.

Así mismo, Mena (2016), en su trabajo de grado titulado **“Diseño de la Red de Distribución de agua potable de la Parroquia el Rosario del Canton San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua”**, realizada en la Universidad Técnica de Ambato, ubicada en Ecuador; para optar al título de ingeniero civil. Tiene como objetivo diseñar la red de distribución de agua potable en dicha provincia para reducir las pérdidas de caudal en la red con la utilización de caudalímetro. Con tal propósito, se desarrolló una metodología para la modelación hidráulica de la red de distribución, utilizando el programa EPANET Se utilizó instrumentos como estaciones totales, GPS, caudalímetro. Se concluyó que la distribución de agua potable diseñada cumplía con lo establecido en el marco técnico y legal ecuatoriano. La investigación es un proyecto factible y representa un aporte en el cálculo de cómputos métricos.

En este mismo orden de ideas, Garay (2017) en su trabajo de investigación titulado **“Mejoramiento del sistema de Distribución de aguas del Sector el Cementerio, Parroquia Independencia, Municipio Libertador, Campo de Carabobo”**. Realizado en la Universidad José Antonio Páez ubicada en el Municipio San Diego, Venezuela; para optar al título de ingeniero civil. La investigación tiene como objetivo proponer un mejoramiento del sistema de distribución ya que el sistema de bombeo que posee la red no es suficiente

para abastecer todo el sector. Metodológicamente esta investigación se realizó bajo lineamientos de un proyecto factible, apoyada con un diseño de campo con nivel descriptivo. En esta investigación se concluyó que los sistemas de acueductos no son los adecuados ya que son de Asbesto-Cemento, se recomienda colocar tuberías de policloruro de vinilo (PVC) y colocar un nuevo equipo de bombeo. Esta investigación aportó una propuesta de diseño de un sistema de acueductos, por medio del método de Hardy Cross.

Por último, Cabrera R., Mejías M. (2016), en su trabajo de grado titulado **“Propuesta de la Ingeniería de Detalle para la Adecuación de la Red de Distribución de agua potable de la Urbanización El Morro II, Municipio San Diego, Estado Carabobo”**. Realizada en la universidad de Carabobo, ubicada en la ciudad de Valencia, en Venezuela; para optar al título de ingeniero civil. Esta investigación tiene como propósito aportar alternativas de solución para disminuir la vulnerabilidad que posee el sistema, y así brindar un servicio de calidad, cantidad, y presión suficiente de agua. La investigación se enmarcó dentro de la modalidad de proyecto factible y se obtuvo un diseño donde no había fallas en las tuberías. Este trabajo representa gran aporte para la metodología del análisis de cálculo de una red.

2.2 Bases teóricas

A continuación se explican elementos teóricos de gran relevancia, los cuales permiten una mejor comprensión y desarrollo de este trabajo especial de grado.

2.2.1 Red de distribución

La red de distribución es el conjunto de tuberías mayores que son utilizadas para la distribución de agua potable, que conforman las mallas principales del servicio y que distribuyen el agua procedente de la planta de tratamiento, estanque, pozos subterráneos hacia las redes menores del sistema. Las redes de distribución secundaria y terciaria, son el conjunto de tuberías destinadas al suministro del agua potable a las parcelas dispuestas en núcleo urbano. Las presiones en la red deben satisfacer ciertas condiciones mínimas y máximas para las diferentes situaciones de análisis que puedan ocurrir. La gaceta N° 4130 (1989) Mantenimiento de las Instalaciones Sanitarias para Desarrollo Urbanístico, artículo 96 establece que para las áreas urbanas una presión mínima en la red de 20m y máxima de 70m. De esta manera, se estará garantizando que la red sea capaz de llevar agua al interior de la vivienda sin ocasionar daños en las conexiones. Existen altas presiones en el sistema de

distribución, debido a razones topográficas, cuando esto ocurre resulta conveniente dividir la zona en varias redes, en base a las cotas terreno donde se encuentra dispuesta la tubería tales como: alta, media y baja. Estas se interconectarán entre válvulas reguladoras o reductoras de presión; o bien separarlas con estanques de almacenamiento independientes que surtan áreas previamente establecidas.

2.2.2 Clasificación de las redes de distribución

- **Según la energía disponible:** los sistemas de distribución se clasifican, atendiendo a la energía disponible para el transporte del agua, los cuales son:
 - A. Por gravedad.
 - B. Por bombeo con almacenamiento.
 - C. Por bombeo sin almacenamiento.
- **Según su estructura:** depende de la topografía y de la ubicación de las fuentes de abastecimiento y del estanque, puede determinarse el tipo de red de distribución:
 - ✓ **Abiertas (Ramificadas):** esta red de distribución se caracteriza por contar con una tubería principal de distribución desde la cual parten ramales que terminan en puntos ciegos, es decir, sin interconexiones con otras tuberías en la misma red de distribución de agua potable, siendo la tubería principal de mayor diámetro que sus ramales.
 - ✓ **Cerrada (Malladas):** es aquella en la cual los conductos o tuberías que la componen se ramifican sucesivamente, conformando anillos cerrados, alimentan desde uno o varios suministros y conduce agua entre ellos. Se aconseja este tipo de red, ya que en casos de mantenimiento o futuros daños afecta sólo a una zona pequeña de la red.
 - ✓ **Mixtas:** Es evidente que también puede adoptarse un sistema mixto, o sea, distribución en malla en el centro de la población y ramificada para los barrios extremos. En las redes mixtas, únicamente se instalan distribuidores ciegos cuando la trama urbana lo requiera, como pueden ser los fondos de saco y los puntos de consumo aislados, su longitud no será mayor de 300 m. ni podrán abastecer a más de 200 viviendas.

2.2.3 Estimación Poblacional para el Diseño

- **Método de las Densidades:**

En este método generalmente se dibuja un plano en pequeña escala de la población y se señalan las diferentes zonas en colores distintos. Las áreas se obtienen por procedimiento geométrico, las superficies se expresan en hectáreas. Las densidades se obtienen mediante la ordenanza de zonificación de cada municipio. La población futura se obtiene por medio de la siguiente ecuación:

$$P = D \times A; \text{ Ec. (1)}$$

Donde:

P= población (hab)

D= densidad de la población (hab/Ha)

A= área (Ha)

2.2.4 Dotación.

La dotación es la cantidad de agua por unidad de tiempo que consume una persona. Las Normas para el diseño de los abastecimientos de Agua señala lo siguiente: “Cuando sea necesario proyectar un sistema de abastecimiento de agua para una ciudad y no se tengan datos confiables sobre consumo, se sugieren como consumos mínimos permisibles para objeto del diseño”, lo indicado en la Figura 1:

Población	Servicio con Medidores (Lts/pers/día)	Servicio sin Medidores (Lts/pers/día)
Hasta 20.000 habitantes	200	400
De 20 a 50.000 habitantes	250	500
Mayores 50.000 habitantes	300	600

Figura 1. Consumo mínimo permisible.

Fuente: Norma INOS, (1965)

2.2.5 Ecuación de Hazen & Williams.

La fórmula de Hazen & Williams, se utiliza particularmente para determinar la pérdida de carga del agua en tuberías circulares llenas, o conductos cerrados es decir, que trabajan a presión.

$$J = \left(\frac{10,67 * L'}{D^{4,87}} \right) * \left(\frac{Q}{C} \right)^{1,85}; \text{ Ec. (2)}$$

Donde:

J= pérdida de carga o de energía (m)

Q= caudal del líquido en el interior de la tubería ($\frac{m^3}{s}$)

D= diámetro interior del conducto (m)

L'= longitud del conducto incrementado en un 5% con la finalidad de incluir los efectos causados por los accesorios de la red (m)

C= coeficiente de rugosidad (adimensional), depende exclusivamente del material de la tubería que transporta agua.

Un considerable número de investigaciones han sido dedicadas a la determinación del coeficiente C, perteneciente a tuberías hechas de diferentes materiales. Es un error común plantear que este coeficiente no tiene relación alguna con la rugosidad relativa y el número de Reynolds. Esto significaría que el valor de este coeficiente de Hazen-Williams no se mantiene constante, lo cual constituye un grave error conceptual y técnico, que atenta contra la precisión en el diseño de redes hidráulicas para el abastecimiento de agua potable.

En el presente trabajo de investigación, se aplicara la ecuación de Hazen-Williams por su afinidad a los softwares empleados en esta investigación. Adicionalmente, la mayoría de la red en estudio se encuentra subterránea lo limita el análisis del número de Reynolds según su variación en el tiempo.

2.2.6 Clases de Tubería

En los proyectos de acueductos intervienen tuberías como elementos principales del sistema. De acuerdo al material empleado en su fabricación, las tuberías frecuentemente utilizadas para la construcción de sistemas de abastecimientos de agua, según su coeficiente de rugosidad son: (Ver Figura 2)

Material	Coficiente de rugosidad (C)
Hierro Fundido (H.F)	100
Hierro Fundido Dúctil (H.F.D)	120
Hierro Galvanizado (H.G)	400-110
Asbesto Cemento a Presión (A.C.P)	130
Policloruro de Vinilo (P.V.C)	140

Figura 2. Características de las tuberías según el material

Fuente: Teoría & Diseño Simón Arocha Ravelo. (1997)

2.2.7 Métodos para la Distribución de Caudales

- **Método de las Áreas:**

Consiste en la determinación del caudal de cada nodo considerando su área de influencia. Este método es recomendable en localidades con densidad poblacional uniforme en toda la extensión del proyecto. El caudal en el nodo será:

$$Q_i = Q_u * A_i; \text{ Ec. (3)}$$

Donde el caudal unitario de la superficie se calcula por:

$$Q_u = Q_t / A_t; \text{ Ec. (4)}$$

Sabiendo que:

Q_u = caudal unitario superficial (L/s/Ha)

Q_i = caudal en el nodo "i" (L/s)

Q_t = caudal máximo horario del proyecto (L/s)

A_i = área de influencia del nodo "i" (Ha)

A_t = superficie total del proyecto (Ha)

- **Método de repartición media**

Otro método, muy generalizado, para la concentración de los gastos en los nodos, es mediante la repartición del gasto por mitad a ambos extremos de cada tramo. Para ello, una vez que se ha definido la malla se han determinado los gastos medios de consumo en cada tramo de todo el sistema, se asignan los gastos de las tuberías secundarias y ramales ciegos a las tuberías principales, de acuerdo a una distribución lógica.

2.2.8 Válvulas

Las válvulas son elementos que se colocan en las líneas de tubería como ayuda importante en los procesos de operación, mantenimiento y seguridad en los sistemas de conducción de agua potable. Existen muchas clasificaciones y tipos de válvulas que pueden ser utilizados en los procesos de conducción, a continuación se define el grupo de estos equipos necesarios en los sistemas de conducción de agua en Venezuela.

Clasificación de las válvulas según su función:

- **Válvulas de servicio**

Válvulas que tienen como función permitir o interrumpir la totalidad del flujo que pasa por la tubería. Su utilidad radica en los procedimientos de mantenimiento, en los que se

requiera desmontaje de equipos o reparaciones en líneas de distribución. Otra función, de este tipo de válvulas es el control de abastecimiento por medio de válvulas ubicadas en los sectores que componen un acueducto, permitiendo un servicio controlado que puede sectorizado en momentos requeridos.

- **Válvulas de regulación**

Estas válvulas tienen como objetivo la regulación y control de las diferentes variables hidráulicas en un sistema de distribución, principalmente la presión y el caudal. Las válvulas de regulación poseen las características especiales que las protegen de las intensas vibraciones provocadas por la turbulencia del flujo aguas abajo como resultado del proceso de disipación de energía.

- **Válvulas de dirección**

El diseño mecánico de estas válvulas es tal que admiten flujo en una sola dirección. Las válvulas de control direccional impiden el vaciado de tanques en las líneas de flujo en ciertos sectores o equipos complementarios de las aducciones.

2.2.9 Tipos de válvulas utilizados en los procesos de distribución de agua

- **Válvulas de compuerta**

El elemento de cierre de este tipo de válvula es una compuerta de forma rectangular o circular llamada disco obturador, cuyos planos extremos pueden ser paralelos o en cuña. En el proceso de apertura y cierre, la compuerta se desliza a través de guías, practicadas en el cuerpo de la válvula. El elemento de cierre es un eje de transmisión rotatorio accionado por el giro de un volante de uso manual o un cuerpo de operación. En posición de cierre, estas válvulas garantizan una buena estanqueidad, y en posición de completa apertura, unas pérdidas de energía localizadas de mínima magnitud. Su empleo en aperturas intermedias en búsqueda de control de variables hidráulicas es ineficiente por lo que se limitan a procedimientos de servicio. (Ver Figura 3).

- **Ventajas:**

- A. Alta capacidad.
- B. Cierre hermético.
- C. Bajo costo.
- D. Diseño y funcionamiento sencillos.

E. Poca resistencia a la circulación.

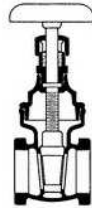
➤ **Desventajas:**

A. Control deficiente de la circulación.

B. Se requiere mucha fuerza para accionarla.

C. Debe estar abierta o cerrada por completo.

D. La posición para la estrangulación producirá erosión del asiento y del disco.



Válvula de compuerta.

Figura 3. Válvula de compuerta

Fuente: <https://ingenieromarino.com/valvulas-a-bordo/>.

● **Válvulas de globo**

Las válvulas de globo están caracterizadas por un elemento obturador circular, solidario a un vástago de desplazamiento, generalmente vertical, el cual cierra contra un asiento de igual geometría, contenido en el cuerpo de la válvula, y perpendicular al eje de la tubería. Las válvulas de globo provocan pérdidas considerables de presión en el agua circulante y permiten desplazamientos del obturador a diferentes alturas sin producir efectos graves de cavitación o vibraciones, lo que las hace muy útiles en procesos de control hidráulico. (Ver Figura 4).

➤ **Ventajas:**

A. Prestan buen servicio para la regulación del flujo

B. Produce buen cierre

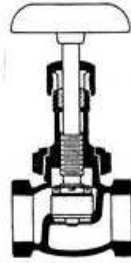
C. Permite cambiar la empaquetadura del vástago

➤ **Desventajas:**

A. Debido a su forma dentro de la válvula donde genera un cambio de dirección se presenta alta pérdida de presión

B. El asiento de la válvula se daña con facilidad cuando se presentan impurezas o sólidos dentro del líquido.

- C. Se deben realizar mantenimientos o limpiezas cada vez que se realizan daños en la tubería.



Válvula de globo.

Figura 4. Válvula de globo.

Fuente: <https://ingenieromarino.com/valvulas-a-bordo/>

- **Válvula Mariposa**

Es un dispositivo para interrumpir o regular el flujo de un fluido en un conducto, aumentando o reduciendo la sección de paso mediante una placa, denominada mariposa, que gira sobre un eje. (Ver Figura 5). En el ámbito de las válvulas para uso en hidráulica, se distinguen por las siguientes características:

- A. Están en todos los casos contenidas en el interior de la tubería.
- B. Tienen una baja pérdida de energía cuando están totalmente abiertas.
- C. Las válvulas de mariposa usualmente sirven para aplicaciones de baja presión.
- D. Se pueden usar para abrir o cerrar el paso a un fluido, no es recomendable usarla para regular el fluido del agua.
- E. Se caracterizan por su operación rápida ya que abren y cierran a $\frac{1}{4}$ de vuelta.



Válvula de mariposa.

Figura 5. Válvula de mariposa

Fuente: <https://ingenieromarino.com/valvulas-a-bordo/>

- **Válvula ventosa**

Las válvulas ventosas son los dispositivos para realizar el control de la presencia de aire en la tubería. En especial durante los procesos de llenado y vaciado ya que estas son las operaciones más críticas en toda la instalación. Durante el proceso de llenado, el aire que ocupa las tuberías debe ser evacuado a medida que el agua va entrando. Esto debe hacerse controlada eficazmente para evitar sobrepresiones y golpes de ariete, de forma que el agua pueda llenar completamente la conducción sin dejar aire atrapado.

2.2.10 Sistema de bombeo

Cuando por razones económicas y topográficas no se puede utilizar la fuerza de gravedad para distribuir el agua potable de una población, o es necesario recurrir a medios artificiales para elevar el agua hasta una altura conveniente, se debe disponer el empleo de equipos de bombeo, y de equipos auxiliares que permiten realizar el trabajo necesario para vencer la fuerza de gravedad.

2.2.11 Bombas centrífugas

Las bombas centrífugas se caracterizan por el hecho de que reciben el agua en la parte central de su cuerpo donde un rotor de forma espiral la lanza por fuerza centrífuga hacia la periferia, con una velocidad tanto mayor sea el número de sus revoluciones, impulsándola por un tubo de elevación hasta la altura que corresponda. Son movidas por máquinas de combustión interna que transmite su potencia mediante acoplamiento directo o por medio de correas. (Ver Figura 6)

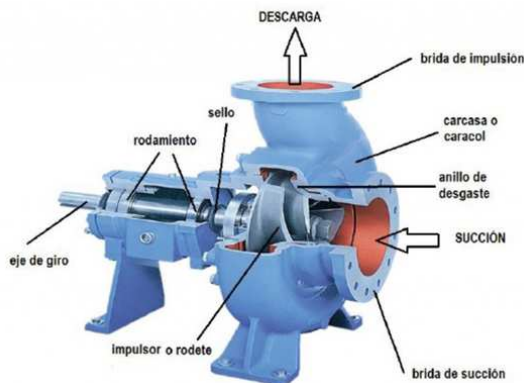


Figura 6. Bomba Centrífuga

Fuente: <https://bombasdeagua.tech/centrifugas/>

2.2.12 Curvas características de una Bomba

Las curvas características establecen una relación entre caudal de bombeo y carga dinámica a vencer para una determinada velocidad de rotación; así mismo, permiten conocer la eficiencia y la potencia absorbida para una condición señalada.

2.2.13 Golpe de Ariete

Se denomina golpe de ariete al choque hidráulico, al incremento momentáneo de presión en un sistema de líquidos debido a un repentino cambio de velocidad del fluido. Al cerrar instantáneamente o parar el equipo de bombeo, la compresión del agua y expansión de la tubería comienzan en el punto de cierre, transmitiéndose hacia arriba a una velocidad determinada, conocida como velocidad de la onda de presión. Dicha onda, no tendrá el mismo comportamiento ante una válvula si el cierre es instantáneo o gradual.

2.2.14 Software EPANET

Es un programa de computación para el análisis de sistemas de distribución de agua potable. Dicho programa es de dominio público, desarrollado por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. EPANET realiza simulaciones en periodo extendido del comportamiento hidráulico y de la calidad de agua en redes de distribución a presión. La metodología utilizada por el software calcula los caudales en las tuberías y alturas piezométricas en los nodos bajo la consideración de conservación de masa y energía. Entre los elementos que puede simular el programa, se encuentran los siguientes; tuberías, nodos, depósitos, embalses, elementos completos como válvulas y bombas.

2.2.15 Software WaterCAD

Es un software comercial de análisis, modelación y gestión de redes a presión (sistemas de distribución o de riesgo), que produce soluciones para el diseño, construcción y operación de infraestructuras en diversos campos. WaterCAD permite la simulación hidráulica de un modelo computacional representado en este caso por elementos tipo: Línea (tramos de tuberías), Punto (Nodos de Consumo, Tanques, Reservorios, Hidrantes) e Híbridos (Bombas, Válvulas de Control, Regulación, etc.)

2.3 Bases legales de la Investigación

La presente investigación sobre el proyecto a realizar, estará soportada en diferentes normativas legales vigentes entre las cuales se señalan:

Las Normas para el Diseño de los Abastecimientos de Agua (1965). Del Instituto Nacional de Obras Sanitarias (I.N.O.S). En estas normas se indica: “Cuando sea necesario proyectar un sistema de abastecimiento de agua para una ciudad y no se tengan datos confiables sobre consumo, se sugiere como consumo mínimo permisible para objeto de diseño los establecidos de la siguiente manera:” (Ver el siguiente cuadro de texto).

Consumos mínimos permisibles

Población	Servicio con Medidores (Lts/pers/día)	Servicio sin Medidores (Lts/pers/día)
Hasta 20.000 habitantes	200	400
De 20.000 a 50.000 habitantes	250	500
Mayores 50.000 habitantes	300	600

Fuente: Norma INOS, (1965)

La Gaceta Oficial N° 4044 (1988). Norma Sanitaria para Proyectos, Construcción, Reparación, Reforma y Mantenimiento de Edificaciones. Establece los parámetros sanitarios necesarios para el cálculo de dotaciones y diseño de la red de distribución de aguas blancas.

En la Gaceta Oficial N° 36.395(1998), “Normas Sanitarias de Calidad de Agua Potable”, tienen como objetivo establecer los valores máximos de aquellos componentes o características del agua que representan un riesgo para la salud de la comunidad, o inconvenientes para la preservación de los sistemas de almacenamiento y distribución del líquido, así como la regulación que asegure su cumplimiento. Están sujetos al cumplimiento de las presentes normas por los entes responsables de los sistemas de abastecimiento de agua potable públicos o privados.

2.4 Definición de Términos

- **Tubería:**

Es un conducto que cumple la función de transportar agua u otros fluidos. Se suele elaborar con materiales muy diversos. Cuando el líquido transportado es petróleo, se utiliza

la denominación específica de oleoducto. Cuando el fluido transportado es gas, se utiliza la denominación específica de gasoducto. También es posible transportar mediante tubería materiales que, si bien no son un fluido, se adecúan a este sistema: hormigón, cemento, cereales, documentos encapsulados, etc.

- **Nodo:**

Punto físico imaginario y de referencia en el espacio donde se interceptan dos o más tuberías o también ocurre un cambio brusco en la dirección de una tubería (por ejemplo de 90°).

- **Caudal Medio Diario (Qm):**

Es el caudal correspondiente al promedio de los caudales diarios utilizados, dentro de una serie de valores medidos. En virtud de la insuficiencia de datos, este se obtiene de la relación de la dotación necesaria y el parámetro de la población total ($Q_m = \text{\#habitantes} * \text{Dotación Per Cápita}$).

- **Válvula:**

Es un aparato mecánico con el cual se puede controlar a cualquier tipo de líquido o gas. Debido a su diseño y materiales, pueden abrir o cerrar la circulación, conectar y desconectar, regular, modular o aislar y condicionar el flujo unidireccional.

- **Bomba:**

Es una turbo máquina generadora para líquidos, que se usa para transformar la energía mecánica o eléctrica en energía cinética, con la finalidad de impulsar líquidos a alturas superiores (venciendo la gravedad) y/o transportarlos en tuberías por grandes distancias (venciendo las pérdidas).

- **Estación de bombeo:**

Son estructuras destinadas a elevar el fluido desde un nivel energético inicial a un nivel energético mayor.

- **Presión:**

Es una magnitud física que mide proyección de la fuerza en dirección perpendicular por unidad de superficie, y sirve para caracterizar cómo se aplica una determinada fuerza resultante sobre una línea.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo de Investigación

En este capítulo se presentará la estructura formal de investigación dentro del cual se enmarcará este trabajo de grado. Adicionalmente describe la metodología empleada para el desarrollo y cumplimiento de los objetivos planteados.

El presente trabajo de grado se considera un proyecto factible, siendo ésta definida por el Manual de la UPEL (2010) como:

“La investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organizaciones o grupos sociales; puede referirse a la formulación de políticas, programas, tecnologías, métodos o procesos. El proyecto debe tener apoyo en una investigación de tipo documental, de campo o un diseño que incluya ambas modalidades” (p.13)

3.2. Diseño de la Investigación

En este apartado la estrategia o método que aplican los investigadores para responder a la problemática de estudio, corresponde a una investigación de campo, según Arias (2006)

“La investigación de campo es aquella que consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios), sin manipular o controlar variable alguna, es decir, el investigador obtiene la información pero no altera las condiciones existentes. De allí su carácter de investigación no experimental”.

3.3 Nivel de la Investigación

El presente proyecto de investigación estará basado en una investigación tipo descriptiva, donde, según Hernández, Fernández y Baptista (2010), “la investigación descriptiva busca especificar las propiedades, las características y rasgos importantes de cualquier fenómeno que se analice. Describe tendencias de un grupo o población” (p.92).

Por ende, en este trabajo de investigación se describirá la redefinición de las redes principales del norte de la ciudad de Valencia para mejorar la distribución de agua potable.

3.4 Población y Muestra

Según Arias, (1999) “la población o universo se refiere al conjunto para el cual serán válidas las conclusiones que se obtengan: a los elementos o unidades (personas, instituciones o cosas) involucradas en la investigación”.

De tal modo que, se delimitará como población para esta investigación, las redes principales del norte de la ciudad de Valencia, específicamente la Parroquia San José y las zonas sur y centro del Municipio Naguanagua.

Adicionalmente Arias, (2006) especifica que la muestra es un "la muestra es un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible”.

Para este trabajo de grado, la muestra es igual a la población, por lo que se denomina muestra censal, por ser una población finita, la cual es representada por las tuberías y accesorios de la red.

3.5 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

La recolección de datos tiene una variedad de métodos que permiten realizar una evaluación del problema planteado. La recolección de datos conlleva a la evaluación del problema que se ha planteado. Para la investigación que se presenta, la técnica de recolección de datos a utilizar será la observación, definida por Hernández, Fernández y Baptista (1997) como “el registro sistemático, válido y confiable de comportamientos”.

En este trabajo de grado, se aplicará la observación directa e indirecta. Directa a propósito de recopilar toda la información actual del área de trabajo, mediante instrumentos apropiados de medición tales como: medidores de caudal por ultrasonido y cinta métrica. Mientras que de forma indirecta, mediante el uso de planos para determinar las cotas mediante triangulaciones, documentos bibliográficos y fotos referenciales.

Adicionalmente se realizará entrevistas al personal gerencial de la Hidrológica del Centro Hidrocentro C.A, para la obtención de los datos de las tuberías existentes, tipo de sistema y modificaciones sufridas en los años puesta de servicio del sector de estudio, como parte de la visita en sitio.

3.6 Fases Metodológicas

A continuación se muestra en tres fases el procedimiento para cumplir con los objetivos específicos de este trabajo de investigación.

Fase I: Diagnóstico de la distribución actual de agua potable.

En cuanto a la fase I, de diagnóstico, se realizarán visitas al ente encargado del abastecimiento de agua en Carabobo (HIDROCENTRO), a efecto de obtener la información existente referente a las características de las redes principales del norte de Valencia.

En HIDROCENTRO se realizará una entrevista a la Ing. Iraida Barrera, Jefa de Distribución y Recolección, quien explicará el comportamiento de las redes del norte de Valencia, partiendo desde el tanque Los Colorados I, ubicado en la estación de Bombeo los Colorados, hasta la estación de Bombeo Bárbula I, mediante el uso de equipos de bombeo.

Adicionalmente se medirá el parámetro caudal, con el apoyo de la Unidad de Reducción de Agua No Contabilizada (U.R.A.N.C) del Alimentador del Norte, medidos en dos puntos distintos: en el sector las Chimeneas y en la estación de bombeo Bárbula I, bajo instrucciones del técnico Ing. Oscar Carrasco.

Fase II: Evaluación de las alternativas de sectorización para mejorar la distribución de agua potable.

Una vez conocido el comportamiento actual de las redes principales de distribución de agua potable del norte de la ciudad de Valencia, se plantea la colocación de un conjunto de válvulas que permitan la sectorización de las redes. Adicionalmente, se evaluará la implementación de nuevos tramos de tuberías, las cuales en conjunto con la sectorización permitirán mejorar la calidad de vida de todos los habitantes del norte de Valencia.

Fase III: Selección de la alternativa más factible para la sectorización del suministro de agua.

Dentro de esta fase, tomando en cuenta la información obtenida se procederá a seleccionar la alternativa idónea tomando en cuenta las normativas y cálculos a realizar.

Fase IV: Diseño de la redefinición de las redes principales del norte de la ciudad de Valencia mediante herramientas digitales.

Al seleccionar la alternativa para la sectorización, ésta se representará en los softwares mencionados como son EPANET y WATERCAD, el cual al analizar los resultados arrojados se deberá verificar con las condiciones mínimas del marco legal respectivo.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1 Diagnosticar la actual distribución de agua potable, desde el Tanque los Colorados I hasta la estación de Rebombeo Bárbula I.

4.1.1 Ubicación del sector en estudio

El estudio se encuentra comprendido por la Parroquia San José y el Municipio Naguanagua. La Parroquia San José, está ubicada al norte-este-oeste de la ciudad de Valencia. Limitando al norte con el Municipio Naguanagua, al sur con las Parroquias Catedral, El Socorro, Miguel Peña y San Blas, al este con el Municipio San Diego y al oeste con el Municipio Libertador. (Ver Figura 7)



Figura 7. Delimitación de la Parroquia San José

Fuente: Google Maps, 2020

El Municipio Naguanagua, se encuentra limitado al norte con el Municipio Puerto Cabello, al sur con el Municipio Valencia, al este con el Municipio San Diego y al oeste con el Municipio Bejuma. (Ver Figura 8)



Figura 8. Delimitación del Municipio Naguanagua

Fuente: Google Maps, 2020

La presente investigación se encuentra delimitada por la Parroquia San José y el Municipio Naguanagua, específicamente desde el Tanque Los Colorados I hasta la estación de Bombeo Bárbula I.

4.1.2 Sistema de Distribución Red Alta

Las redes principales de distribución de agua potable del norte de Valencia, llamada también Red Alta, se distribuye de la siguiente manera:

Red Alta-Parral (Parroquia San José)				
Tanque Los Colorados I				
Capacidad	5.800 m ³			
Cota de fondo	514	m.s.n.m.		
Cota Max	520	m.s.n.m.		
Conectado al equipo de bombeo por medio de una tubería de Acero de diámetro 1350mm				
Dos (2) bombas en operación de Q= 1790 l/s; Hb=85 mca				
Una (1) bomba en operación de Q=1050 l/s; Hb= 64 mca				
Nodo Ref.	Ubicación	Material Tubería	Diámetro (mm)	Longitud (m)
R-474	En la Av. Cuatricentenario (desde la estación de Bombeo Los Colorados)	H.F.	400	211,95
J-370	En la Av. Cuatricentenario cruce con la Av. 111			299,39
J-5	En la Av. Cuatricentenario cruce con la Av. 113			991, 49
J-14	En la Av. Cuatricentenario cruce con la Av. 128			358,7
J-17	En la Av. Cuatricentenario cruce con la calle 77			487,97
J-56	En la Av. Perimetral Oeste cruce con la calle Río Orinoco			1333,96
J-57	En la Av. Perimetral Oeste cruce con la calle 125			422,75
J-68	En la Av. Perimetral Oeste cruce con la Avenida 110 C			216,35
J-61	En la Av. Perimetral Oeste cruce con la Av. 112			200
J-60	En la Av. 112 cruce con la Av. 128		260,25	
J-62	En la Av.112 cruce con la calle 130		78,89	
J-38	En la calle 130 cruce con la Av. D 110		406,48	
J-37	En la Av. D 110 cruce con la calle 137		250	211,83
J-31	En la calle 137 cruce con la Av. 107			1076,6

Red Alta- La Viña (Parroquia San José)				
Nodo Ref.	Ubicación	Material Tubería	Diámetro (mm)	Longitud (m)
J-27-1	En la Av. Cuatricentenario (desde la estación de Bombeo Los Colorados)	Acero	900	209,31
J-27-1	En la Av. Cuatricentenario cruce con la Av. 105			104,65
J-31	En la Av. 105 cruce con la calle 137	H.F.	600	1645,6
J-69	En la Av. 139 cruce con la Av. Andrés Eloy Blanco			314,67
J-111.	En la Av. Andrés Eloy Blanco cruce con la calle 152			1052,37
P-152	En la calle 152 cruce con la Av. 102			419,7
P-152-1	En la Av. 102 cruce con la Av. Estadio 155			209,23
P-153	En Av. Estadio 155 cruce con la Av. 103			151,98

La Viña-Distribuidor Clavenilla (Parroquia San José)				
Nodo Ref.	Ubicación	Material Tubería	Diámetro (mm)	Longitud (m)
J-621	En Avenida 103 cruce con la calle 156	H.F.	600	216,01
J-621-1	En la calle 156 cruce con la Avenida 105			291,56
J-113	En la calle 105 cruce con la Avenida Circunvalación			684,43
J-541	En la Avenida Circunvalación cruce con la Avenida 100 Constitución			529,15
J-244	Distribuidor las Clavellinas	Acero		967,24

Red Alta-Centro Norte-Chimeneas-Bárbula 1 (Naguanagua)				
Nodo Ref.	Ubicación	Material Tubería	Diámetro (mm)	Longitud (m)
J-28	En la Avenida Circunvalación Este, paralelo a la Avenida 114	Acero	600	1089,06
J-142	En la calle 90			1861,85
J-123	En la Avenida 3 cruce con calle Los Mijaos			182,71
J-124	En la calle Los Mijaos cruce con la Avenida Arturo Michelena			306,55
J-125	En la Avenida el Trigal cruce con la Avenida Cabriales			606,07
J-162	En la Avenida Colinas cruce con calle El Estanque			497,02
J-226	En la Avenida Colinas cruce con calle El Estanque			193,69
J-226-1	En la Avenida Cabriales cruce con la Avenida Trigal			493,32
J-226-2	En la calle Autocinema cruce con Avenida Cabriales			685,57
J-226-3	En la calle Autocinema cruce con Avenida El Pacífico			H.F.
J-223	En la calle 186 cruce con la Avenida el Pacífico	1451,99		
J-369	En la Avenida Norte-Sur 2 cruce con la calle 1	1116,9		
J-495	En la Avenida Norte-Sur 2 cruce con la Avenida Este-Oeste 2	Acero	700	246,4
J-495-1	En la Avenida Norte-Sur 2 cruce con la Avenida Este-Oeste 1			320,9
J-23	En la Avenida Este-Oeste 1 cruce con la Autopista Valencia-Puerto Cabello			540,54
P-316	En el Distribuidor Naguanagua, Avenida Valencia	Acero	500	1106,815
P-318	En la Autopista Bárbula-Guacara			1473,66
P-318-1	En la Autopista Valencia-Puerto Cabello			858,3

Alimentador del Norte				
Nodo Ref.	Ubicación	Material Tubería	Diámetro (mm)	Longitud (m)
J-28-1	Desde la Avenida Paseo Cabriales, continúa por el Distribuidor de la Fábrica de Cemento de Carabobo, Valencia Puerto Cabello, Distribuidor el Trigal, Distribuidor Las Clavellinas, Autopista Valencia-Puerto Cabello hasta el Distribuidor Naguanagua cruce con Avenida Valencia. Desde el nodo J-28-1 en la Parroquia San José hasta el nodo P-316	Acero	500	7351,36
P-316				

Redoma de Guaparo-La Campiña (Naguanagua)				
Nodo Ref.	Ubicación	Material Tubería	Diámetro (mm)	Longitud (m)
J-538	En la Avenida Universidad cruce con la calle Guere	H.F.	400	2592,26
J-539	En la Avenida Universidad cruce con la calle 186			229,28
J-523	En la Avenida Universidad cruce con la calle 190		431,36	
J-338.	En la Avenida Universidad cruce con la calle Guzmán Blanco		732,38	
J-339	En la Avenida Universidad cruce con la Avenida Principal		115,08	
J-340	En la Avenida Universidad cruce con la Avenida Principal		99,49	
J-341	En la Avenida Universidad a la altura de La Campiña		231,9	

4.1.3 Situación actual del sistema de distribución

La situación actual de las redes principales de distribución de agua potable del norte de Valencia, se puede considerar crítica. Según expertos de HIDROCENTRO, como el ingeniero Gerardo Huguet y la ingeniera Iraida Barrera existe poca sectorización en la red, fugas dentro de la misma, sistemas y equipos mal dimensionados para la demanda requerida, tomas de aguas ilegales, fallas por falta de mantenimiento preventivo y/o correctivo, entre otros. Trayendo como consecuencia que en los puntos más alejados de la red las presiones sean pequeñas.

Adicionalmente, la red presenta falta de mantenimiento en el sistema de distribución tales como ausencia de válvulas, llaves y deterioro de las tuberías ocasionando continuas fallas en el servicio. Los datos de las redes en estudio se obtuvieron mediante visitas a HIDROCENTRO, y realizando mediciones en el alimentador del norte (Ver Figura de la 9 a la 11).

4.1.4 Diagnóstico del sistema de distribución de la red alta

El sistema de distribución se comprobó con el uso de los software EPANET 2.0 y WaterCAD 8.0, mediante la información obtenida de los planos facilitados por HIDROCENTRO (ver anexo E y F), y del estudio realizado por la Gerencia de Proyectos e Inspección de HIDROCENTRO, titulado: “Proyecto para incrementar el suministro de agua potable a la zona norte de Valencia: sectores de Mañongo, Naguanagua y Bárbula, Municipio Naguanagua, Edo Carabobo”

Al analizar los planos (ver anexo E), se observó que la mayoría de las tuberías de la red principal son de Hierro Fundido (HF) y que los diámetros predominantes son entre 400mm y 600mm. Adicionalmente, existen tramos superiores a los 600m, tal como es el caso del alimentador del norte el cual mide 7.351m aproximadamente.

4.1.5 Visita en sitio del alimentador del norte

La Unidad de Reducción de Agua No Contabilizada (URANC), no tenía disponible mediciones de caudal actualizados del alimentador del norte, con el objetivo de levantar dicha información se realizó una visita en sitio en dos puntos del alimentador, el primero en las cercanías del conjunto residencial Centro Norte, ubicado en la vía de servicio Centro Norte, Valencia.

En el segundo punto, se efectuó la medición del caudal en la estación de bombeo Bárbula I en Naguanagua. Para realizar la medición se contó con el apoyo del Ingeniero Carrasco Oscar y del Ingeniero Jiménez Miguel, funcionarios de HIDROCENTRO específicamente de URANC, quienes emplearon el Medidor de Caudal Ultrasónico modelo PT878. (Ver Figura de la 9 a la 11)



Figura 9. Primer punto de medición del alimentador del norte, Valencia, Edo Carabobo

Fuente: Google Maps, 2020.



Figura 10. Medición en el alimentador del norte, Valencia, Edo Carabobo
Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020



Figura 11. Medidor de Caudal Ultrasónico Modelo PT878
Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

4.1.6 Levantamiento y verificación de cotas

Se realizó el levantamiento topográfico por medio de triangulaciones en rásteres en forma de mapas base, facilitados por el Ingeniero Gerardo Huguet. Estimando de esta manera cotas probables. Además se compararon las cotas de los mapas base con las cotas calculadas con el uso de Google: Google Earth, arrojando casi un 100% de coincidencia

4.1.7 Entrevista

(Ver el siguiente cuadro de texto)

Fecha: 03/07/2019

Lugar: HIDROCENTRO, sede Guacara Edo Carabobo

Ingeniera Iraida Barrera

Jefe de Distribución y Recolección

¿Cuánto caudal maneja la red alta?	La red alta maneja aproximadamente entre 2400 l/s a 2800 l/s, el alimentador del norte hace doce años atrás manejaba un caudal de 1000 l/s.
¿De dónde proviene la red alta?	Proviene de una derivación que está debajo de los Colorados que se va por una línea por la Andrés Eloy Blanco, de allí va hacia el Trigal, La Trigaleña y posteriormente Naguanagua.
¿Cuánto demanda el alimentador del norte? ¿Será igual a lo que sale en Bárbula 1?	No necesariamente, en Bárbula 1 hay cinco equipos y una salida que va al casco de Naguanagua, entonces se tiene que llenar el tanque para poder arrancar. El tanque de Bárbula 1 se debe llenar y así poder arrancar la estación de Bárbula 2, ya que si no arranca Bárbula 1, no arrancará Bárbula 2, porque están en serie. Es decir, si el Pao Cachinche no manda agua para red media esta no enviará agua para la red alta, y esta a su vez no mandará para Bárbula 1 por ende Bárbula 2 tampoco tendrá agua.
¿Dónde se puede tener información del caudal del alimentador del norte?	Los datos de las mediciones se pueden tomar como referencia de la Unidad de Reducción de Agua No Contabilizada (U.R.A.N.G), esta unidad lleva los valores de los caudales de la salida de las estaciones o de algún punto importante, mantiene los datos registrados y archivados.

<p>¿Cuál es el trayecto del alimentador del norte?</p>	<p>El alimentador del norte, es la última obra que realizó HIDROCENTRO, como es un alimentador grande tenía como función llevar agua directo a la estación Bárbula 1, para mejorar el servicio de agua para Naguanagua. De igual forma hay una sola línea principal que da agua para la parte nor-este y Naguanagua. En el punto de toma Centro Norte, esas torres que están allí se encuentra el punto donde el agua sigue su curso original de aducción principal. El alimentador le da agua a Naguanagua, se conecta cercano a Centro Norte y se empata a un tubo viejo en el restaurante el Mesón de la Carne en Naguanagua, dándole agua a este municipio. En el Mesón de la Carne la tubería tiene un tapón que no permite que el agua baje. Si nos vamos al margen del río Cabriales se ve el alimentador del norte siguiendo por la autopista, luego continúa al distribuidor el Trigal, distribuidor Las Clavellinas, el Hogar Hispano, se mantiene al margen de la autopista y llega hasta el restaurante El Mesón de la Carne y hasta el distribuidor Naguanagua. Cuando llega a la estación Bárbula 1, aproximadamente a 12 metros se va hacia la estación Bárbula 1 y continuamente le da agua a Bárbula 2 surtiendo de agua al Hospital Carabobo, Brisas de Carabobo, Vivienda Rural de Bárbula y Colinas de Girardort.</p>
<p>¿Considera usted que hay libertad de realizar maniobras de sectorización en la red alta?</p>	<p>No hay mucha libertad para sectorizar, debido a que se trabaja con una data de sectorización del año de 1998 que realizó la Ingeniera Raquel Astril quien fue la primera que reprogramó el abastecimiento del estado Carabobo. De allí salió que a la zona norte hay que quitarle agua dos días para poder abastecer de agua la zona sur.</p>
<p>¿Cómo llega el agua a la Campiña, Naguanagua?</p>	<p>Se tiene una línea que viene por la Avenida Andrés Eloy Blanco, sube hasta el tanque La Viña, el mismo se encuentra fuera de servicio, luego baja por la calle de los colegios, y luego se va por toda la Avenida Universidad dándole agua a Naguanagua hasta la Campiña.</p>

Se realizó un gráfico sobre los datos recolectados en el año 2009 en la medición de presiones y caudales del alimentador del norte de Bárbula I, la cual fue suministrada por la ingeniera Iraida Barrera. (Ver Gráfico 1).

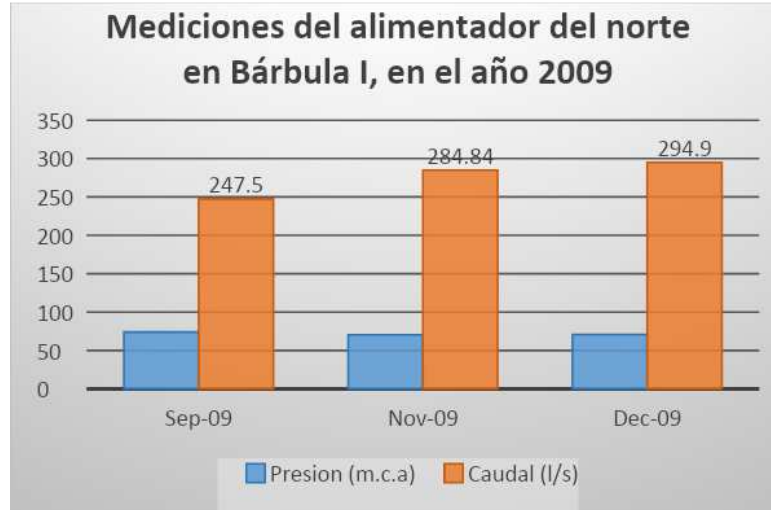


Gráfico 1. Mediciones del alimentador del norte, en el año 2009. Datos suministrados por la Ingeniera Iraida Barrera
Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

4.1.8 Análisis de la información técnica

Dentro de esta fase se obtuvo información actual de la red alta, se realizó revisión de planos para conocer los tipos de tuberías existentes, verificación de cotas, visitas en sitio para medir caudal, y consultas bibliográficas y normas relacionadas con la distribución de agua potable.

Se estudió el diseño actual de la red alta, para conocer la causa del problema y así generar propuestas para mejorar la distribución de agua potable. Para dichas propuestas, se determinó la demanda de agua en los nodos por medio del método de las áreas y se estimó la población utilizando el PDUL del municipio Naguanagua y de la parroquia San José.

4.1.9 Cálculo de la red de distribución actual

4.1.9.1 Cálculo del área en los nodos

Para determinar el área de influencia de cada nodo, se utilizó el método de las secciones. Este método es aproximado y consiste en cortar la red mediante una serie de líneas,

estas líneas deben ser las que están a los extremos de los nodos. Debido a la gran cantidad de nodos, se utilizó la nomenclatura mostrada en los planos por HIDROCENTRO.

A continuación se presenta un ejemplo de cálculo del área en los nodos, tomando como referencia el nodo J-523 localizado, en la Av Universidad del Municipio Naguanagua. (Ver Figura de la 12 a la 13)

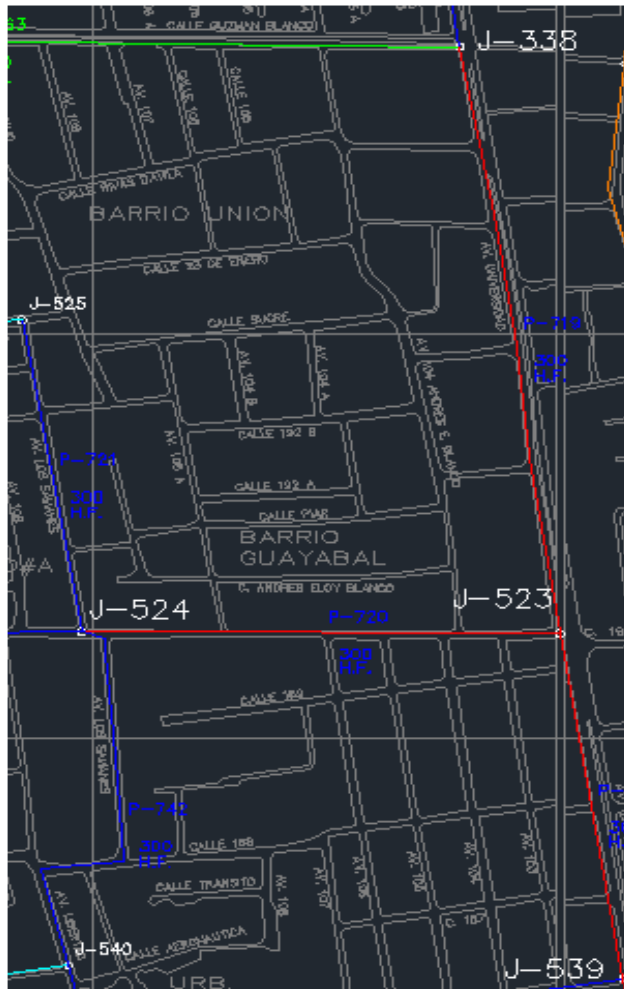


Figura 12. Nodo J-523, ubicado en la Av. Universidad, Naguanagua
Fuente: Jiménez G. y Marín P, 2002

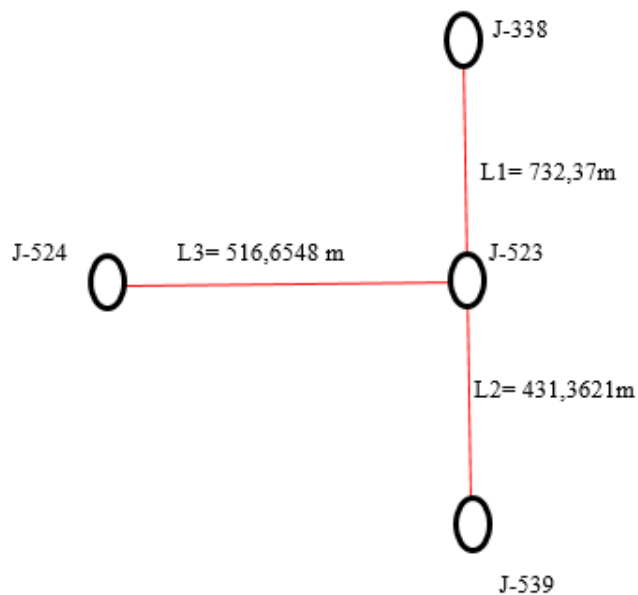


Figura 13. Detallado de las longitudes a los extremos del nodo J-523

Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

$$\text{Área del nodo (m}^2\text{)} = \left(\frac{L1}{2} + \frac{L2}{2}\right) \times L3 \text{ (Ec.)}$$

$$\text{Área del nodo (m}^2\text{)} = \left(\frac{732,37}{2} + \frac{431,3621}{2}\right) \times 516,6548$$

$$\text{Área del nodo (m}^2\text{)} = 300626,393$$

$$\text{Área del nodo (Ha)} = 30,06$$

Los valores de áreas correspondientes a los nodos de la red alta, se observan en la tabla 1 y Apéndice A:

Tabla 1. Área en los nodos de las redes principales

Nodo	Área (ha)
J-339	4,0146
J-338	45,8400
J-523	30,0626
J-539	22,7205
J-538	116,8001
J-541	130,1212
J-28-1	400,1967
J-142	5,3020
J-125	2,4104
J-162	1,7225
J-495	20,0230
P-316	17,4210
J-370	8,4015
J-5	4,4915
J-14	26,0358
J-17	44,8083
J-57	7,1404
J-61	5,8922
J-60	6,0996
J-62	3,3094

Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

Área total de la red= 2.722,78 ha

4.1.9.2 Estimación de la densidad de la población

La red alta se encuentra ubicada en la Parroquia San José y el municipio Naguanagua, para estimar la densidad de la población se utilizó el PDUL de la Parroquia San José y del municipio Naguanagua por recomendación de la Gerencia de Proyectos de Hidrocentro CA, Ing Gerardo Huguet debido a que actualmente es el método empleado para el análisis de una MacroRed ya que no hay un registro actualizado de dotaciones en las zonas comerciales. En las siguientes tablas se indica las zonas seleccionadas para determinar la densidad de población total a utilizar y el área respectiva calculada mediante Google Earth Pro. (Ver Tabla 2 y 3)

Tabla 2. Datos del Municipio Naguanagua

Lugar	Hab/Ha	Área (Ha)
La Campiña	178,73	26,4
Ciudad Jardín Mañongo	258,75	76,6
La Florida	84,84	89

Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

Tabla 3. Datos de la Parroquia San José

Lugar	Hab/Ha	Área (Ha)
Trigaleña/Clavenillas	125	146
Piedra Pintada	650	21,4
Los Colorados	140	26
Las Chimeneas	125	97,5
La Trigaleña/Trigal Norte/Trigal Sur	125	266,3
Santa Cecilia	125	33,9
La Viña	110	133
Parral/Prebo/Chimeneas	100	353,3

Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

Para determinar la densidad media de la población total de la red alta, se empleó la siguiente ecuación:

$$Densidad \left(\frac{hab}{ha} \right) = \frac{Area_1 \times Densidad_1 + Area_2 \times Densidad_2 + Area_{n+1} \times Densidad_{n+1}}{Area \text{ total de la red}}$$

Siendo:

Área total (ha)= sumatoria de las áreas de las regiones en estudio

Densidad (hab/ha)= densidad de población

Área (ha)= área de cada región

Utilizando la ecuación anterior se obtuvo que la siguiente densidad de la población:

$$Densidad \left(\frac{hab}{ha} \right) = 132$$

4.1.9.3 Estimación poblacional

Para realizar la estimación poblacional, se utilizó el plan de desarrollo urbano local (PDUL), del Municipio Naguanagua y de la Parroquia San José. Una vez obtenida la densidad de la población, se aplica el método de las densidades por medio de la siguiente ecuación:

$$P = d \times A \text{ Ecu.}$$

Donde:

P= población (hab)

d= densidad de la población (hab/ha)

A= área total de la red (ha)

$$P = 132 \left(\frac{hab}{ha} \right) \times 2722,78 ha$$

$$P = 359.407,96 hab$$

4.1.9.4 Cálculo de la demanda de caudal en los nodos

En la determinación de caudal de cada nodo, se utilizó el método de las áreas. El caudal en el nodo será:

$$Q_i = Q_u \times A_i \text{ Ec.}$$

Donde el caudal unitario de la superficie se calcula por:

$$Q_u = \frac{Q_t}{A_t} \text{ Ec.}$$

Sabiendo que:

Qu= caudal unitario superficial (l/s/ha)

Qi= caudal en el nodo “i” (l/s)

Qt= caudal máximo horario del proyecto (l/s)

Ai= área de influencia del nodo “i” (ha)

At= superficie total del proyecto (Ha)

Basado en las Normas INOS, el consumo mínimo permisibles para poblaciones mayores a 50.000 habitantes y considerando un servicio con medidores es de 300 lts/hab/día. Entonces, el caudal máximo se calcula de siguiente forma:

$$Q_{max} = \# \text{ Habitantes} \times \text{Consumo mínimo Ec.}$$

$$Q_{max} = 359.407,35 hab \times 300 lts/ hab / dia$$

$$Q_{max} = 107822205,4 \left(\frac{lts}{dia} \right)$$

$$Q_{max} = 1247,94 \left(\frac{lts}{seg} \right)$$

$$Q_{max,horario} = Q_{max} \times 2,5$$

$$Q_{max,horario} = 1247,94 \times 2,5$$

$$Q_{max,horario} = 3119,85 \left(\frac{lt}{seg}\right)$$

Una vez, obtenido el caudal máximo, se divide este entre el área total de la red para determinar el caudal unitario.

$$Q_{unitario} \left(\frac{\frac{L}{S}}{ha}\right) = \frac{3119,8 \left(\frac{L}{S}\right)}{2722,78 ha} = 1,14$$

El caudal demandado por cada nodo, será el resultado de multiplicar el área de cada nodo por el caudal unitario. A continuación se muestra un ejemplo del nodo J-523. (Ver Tabla 4 y Apéndice B)

$$Q_{J523} = Q_{unitario} \times \text{Área}_{J523}$$

$$Q_{J523} = 1,14 \left(\frac{\frac{L}{S}}{ha}\right) \times 30,06 ha$$

$$Q_{J523} = 34,27 \left(\frac{l}{s}\right)$$

Tabla 4. Demanda de caudal en los nodos.

Nodo	Q(l/s)
J-339	4,5910
J-338	52,4214
J-523	34,3789
J-539	25,9826
J-538	133,5696
J-541	148,8033
J-28-1	457,6548
J-142	6,0632
J-125	2,7565
J-162	1,9698
J-495	22,8977
P-316	19,9222
J-370	9,6077
J-5	5,1363
J-14	29,7738
J-17	51,2416
J-57	8,1656
J-61	6,7382
J-60	6,9753
J-62	3,7846

Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

4.1.9.5 Simulación hidráulica de las redes en estudio en estado actual, utilizando el software EPANET 2.0

Para llevar a cabo la simulación hidráulica, se diseñó previamente un esquema en AutoCAD donde se indica el comportamiento de las redes principales de agua potable del norte de Valencia, de forma entendible.

La simulación hidráulica se realizó mediante el uso del software EPANET 2.0. A continuación se evidencian los pasos que se siguieron para llevar a cabo la simulación hidráulica.

1) Importar la red de AutoCAD a EPANET

Para importar el plano de AutoCAD a EPANET, se utiliza la herramienta de uso libre EPACAD. Una vez obtenido el esquema de la red alta, se le asignó una sola capa cuyo nombre fue EPANET.

- El archivo se debe guardar con una extensión de DXF. (Ver Figura 14)

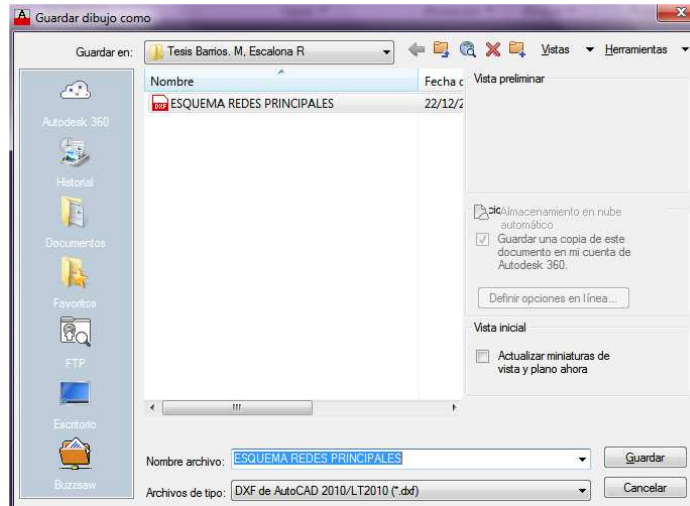


Figura 14. Archivo guardado en extensión DXF
Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

- Se abre la herramienta de uso libre EPACAD. (Ver Figura 15)

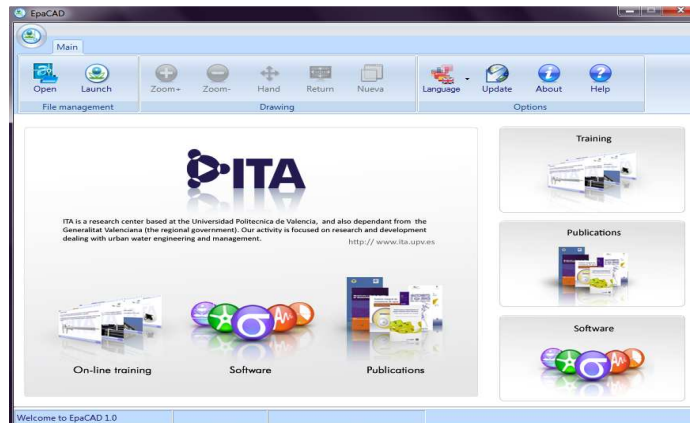


Figura 15. Pantalla de inicio de EpaCAD
Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

- Se selecciona el archivo a importar. Aparece una pantalla donde se escoge la capa del esquema de la red, en este caso se llama EPANET. Adicionalmente, se elige un modo de conversión de forma de nodos. (Ver Figura 16)

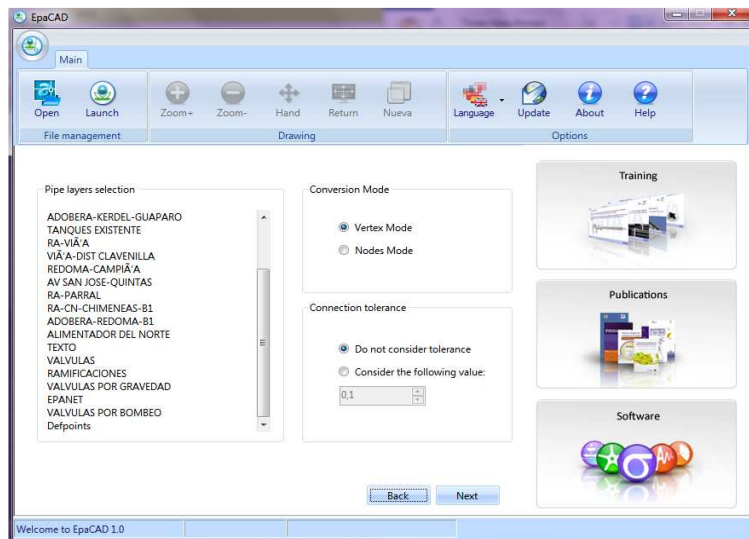


Figura 16. Procedimiento para abrir archivo DXF

Fuente: Barrios M. y Escalona R. 2020

- Se guarda el archivo, en extensión IPN. Posteriormente, se abre el software EPANET 2.0 y se importa el archivo. (Ver Figura de la 17 a la 18)

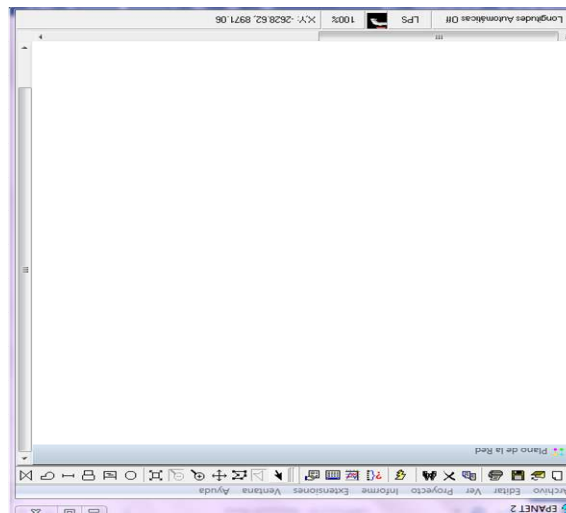


Figura 17. Pantalla principal de EPANET 2.0

Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

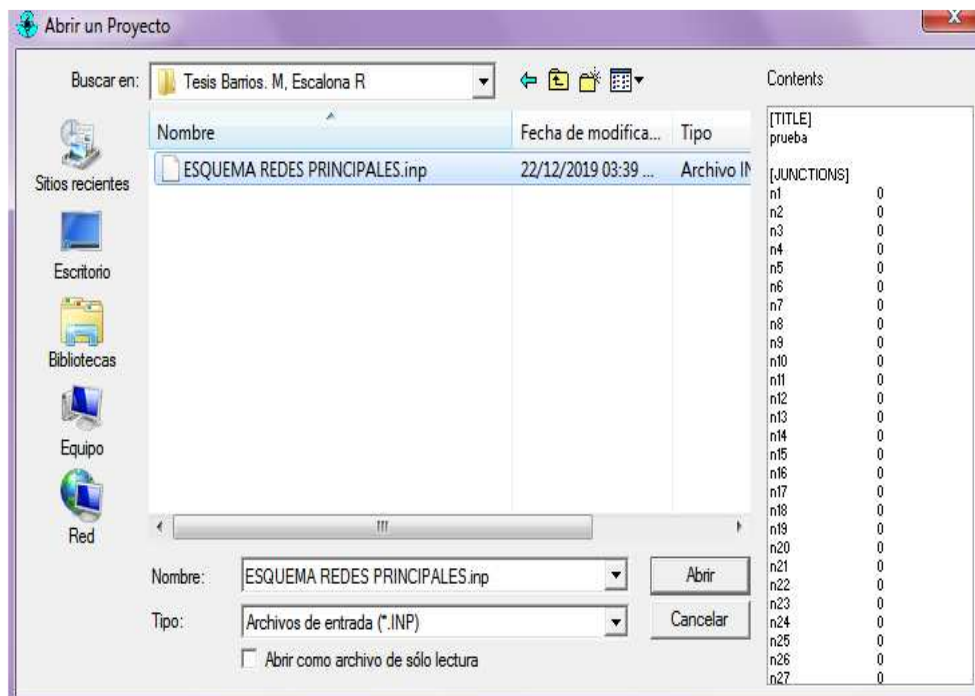


Figura 18. Selección del archivo IPN

Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

2) Configuración y asignación de valores por defectos

Se debe seleccionar las unidades de caudal y la ecuación de pérdidas a utilizar. Para ello se debe hacer click en proyecto > valores por defecto > opciones hidráulicas. Las unidades de caudal a manejar son LPS. Las pérdidas se determinarán por medio de la ecuación de Hazen & Williams (H-W). Además, se introduce el factor de demanda, que simulará el sistema con el valor del consumo máximo. Es importante mencionar que en este trabajo de investigación el Factor de Demanda a introducir en el software será el valor de uno (1), ya que previamente se calculó el caudal máximo horario, y en función a él se determinaron los caudales en los nodos que se le asignarán en el software EPANET. (Ver Figura 19)

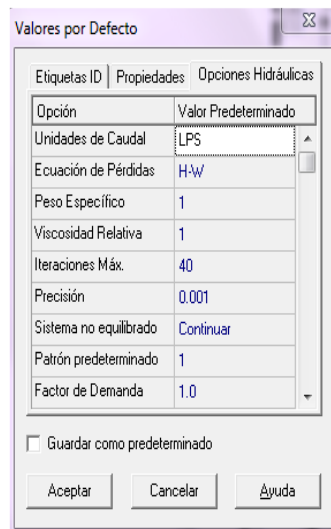


Figura 19. Opciones Hidráulicas
Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

3) Introducción de datos

La introducción de datos en el software EPANET, consiste en hacer doble click en el elemento de estudio (nodo, tubería) y asignarle lo siguiente:

Nodos

- ID Conexión: nombre del nodo
- Cota
- Demanda base: valores obtenidos de la tabla de caudales del apartado 4.1.9.4

Tuberías

- ID tubería: nombre de la tubería
- Nodo inicial: nodo desde el cual inicia la tubería
- Nodo final: nodo donde finaliza el tramo de tubería
- Longitud: resultado de multiplicar la longitud de la tubería por 1,05 el cual representa la pérdida por accesorios
- Diámetro: diámetro de la tubería en milímetros
- Rugosidad: coeficiente de rugosidad de la tubería
- Estado inicial: abierta/cerrada

(Ver Figura de la 20 a la 21)

Propiedad	Valor
*ID Conexión	J-541
Coordenada-X	3387.87
Coordenada-Y	5842.80
Descripción	
Etiqueta	
*Cota	490
Demanda Base	148.80
Patrón de Demanda	
Categoría de Demanda	1
Coef. Emisor	
Calidad Inicial	
Fuente de Calidad	
Demanda Actual	No Dispon
Albros Total	No Dispon

Figura 20. Introducción de datos para los nodos
Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

Propiedad	Valor
*ID Tubería	p9
*Nudo Inicial	J-113
*Nudo Final	J-541
Descripción	
Etiqueta	
*Longitud	566.16
*Diámetro	600
*Rugosidad	100
Coef. de Pérdidas	0
Estado Inicial	Abierto
Coef. Flujo	
Coef. Pared	
Caudal	No Dispon
Velocidad	No Dispon

Figura 21. Introducción de datos para las tuberías
Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

Una vez identificados los nodos y las tuberías se adicionaron elementos como el tanque Los Colorados I y las bombas de la red alta.

4) Curvas características de las bombas

- Para crear la curva característica de una bomba se debe dar click al visor, seleccionar la pestaña datos, dentro de dicha pestaña se selecciona la palabra curvas. Para ir a una nueva curva se da click a la parte inferior izquierda de la ventana visor y eso abrirá un nuevo menor para poder editar las características de la bomba. (Ver Figura 22)



Figura 22. Ventana Visor

Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

- En este nuevo menú, se coloca el identificativo de la curva y en la parte inferior izquierda se encuentra la zona donde se va a introducir los puntos de caudal y altura para caracterizar el comportamiento teórico de la bomba.

Se realizaron dos curvas características, tomando como referencia los caudales indicados en el apartado 4.1.2 de la presente investigación. (Ver Figura de la 23 a la 24)

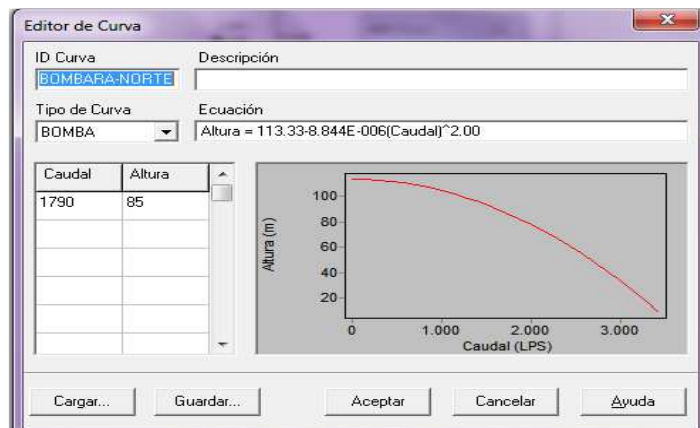


Figura 23. Representación gráfica del equipo de bombeo 1

Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

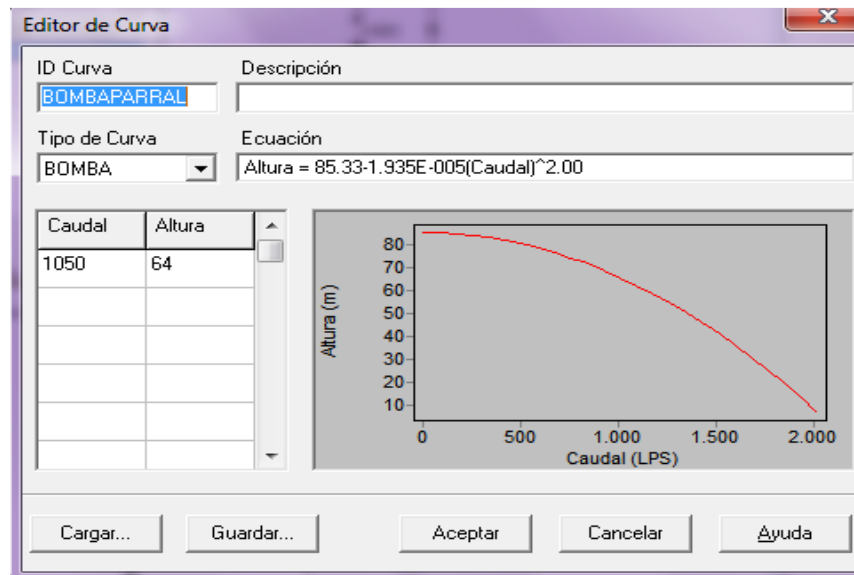


Figura 24. Representación gráfica del equipo de bombeo 2
Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

Después de introducir todos los datos correspondientes a la red, se procede a realizar la corrida de la red alta. Por consiguiente se podrá observar el detallado de la simulación, es decir los valores de presiones, y velocidades en los nodos y tuberías del sistema de distribución.

4.1.9.6 Resultados de la simulación hidráulica de las redes en estudio en estado actual, utilizando el software EPANET 2.0

A continuación se muestran, los resultados obtenidos por medio del software EPANET 2.0 de la red en estado actual, específicamente las presiones en los nodos. Los nodos en color rojo, representan presiones inferiores a los 20 mca, lo cual es la presión mínima establecida en la norma INOS. (Ver Figura 25, Tabla 5 y Apéndice C)

Tabla 5. Resultados de las presiones en las redes principales de distribución de agua potable del norte de Valencia, en estado actual con el software EPANET.

ID Nodo	Cota (m)	Demanda (lps)	Presión(mca)
Conexión J-27	492,34	82,77	90,03
Conexión J-31	486,6	109,86	64,66
Conexión J-619	488,80	53,43	57,53
Conexión J-111	499,04	61,95	32,91
Conexión P-152	481,40	11,31	45,72
Conexión P-152-1	479,16	3,73	45,64
Conexión P-153	498,93	3,82	24,19
Conexión J-621	494,96	7,34	25,82
Conexión J-621-1	504	27,33	16,06
Conexión J-113	495,95	42,11	17,42
Conexión J-541	490	148,80	18,79
Conexión J-538	492,6	133,57	-24,98
Conexión J-539	494	25,98	-27,34
Conexión J-523	497	34,38	-35,13
Conexión J-338	503	52,42	-44,88
Conexión J-339	503,86	4,60	-45,77
Conexión J-340	504,6	3,14	-46,53
Conexión J-341	507,35	6,15	-49,29
Conexión RA-PARRAL	519,3	2,33	85,21
Conexión R-474	494,84	7,48	107,51

Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

4.1.9.7 Simulación hidráulica de las redes en estudio en estado actual, utilizando el software WaterCAD V8i.

Para llevar a cabo la simulación hidráulica con el software WaterCAD, se utilizó el plano suministrado por HIDROCENTRO en AutoCAD.

A continuación se evidencian los pasos que se siguieron para llevar a cabo la simulación hidráulica.

- 1) Importar la red de AutoCAD a WaterCAD. (Ver Figura 26)

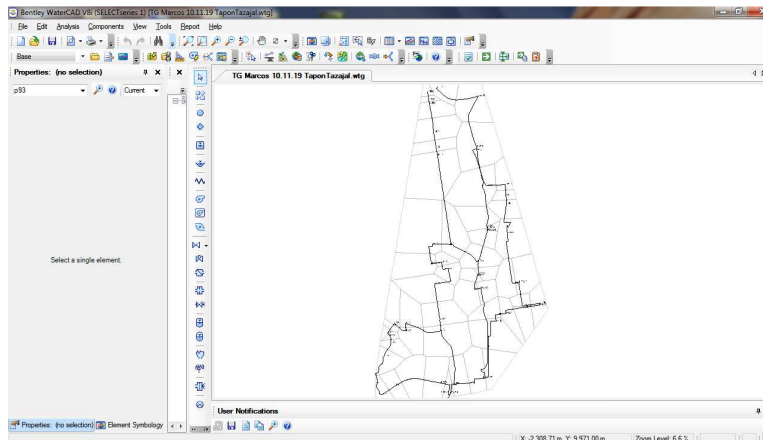


Figura 26. Representación actual de las redes principales de distribución de agua potable del norte de Valencia, en el software WaterCAD V8i.

Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

- 2) Configuración y asignación de valores.

- Al importar el documento de AutoCAD a WaterCAD, se configura como valores por defecto las unidades de caudal en litros por segundo (LPS), la ecuación de pérdidas Hazen Williams, la longitud en metros (m), la presión metros columna de agua (m.c.a), y los diámetros en milímetros (mm).

- Se selecciona el tramo de tubería y se modifican parámetros físicos tales como: diámetro, material, y geometría (longitud). (Ver Figura 27)

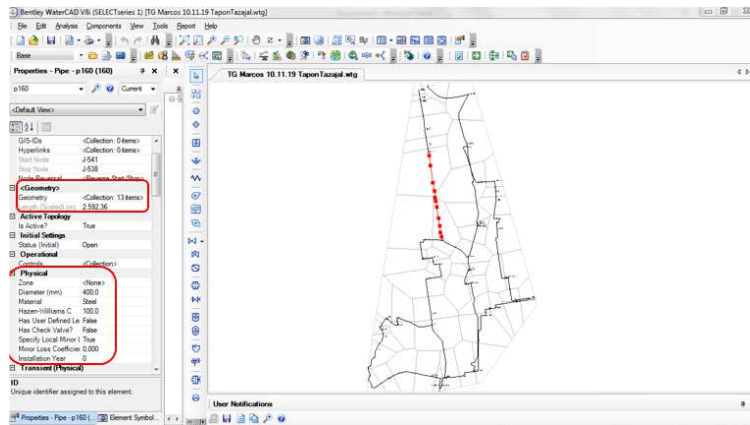


Figura 27. Modificación de parámetros de tuberías en el software WaterCAD V8i.

Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

- Se seleccionan los nodos y se modifican los parámetros físicos tales como, demanda base, nivel y nomenclatura asignada al nodo. (Ver Figura 28)

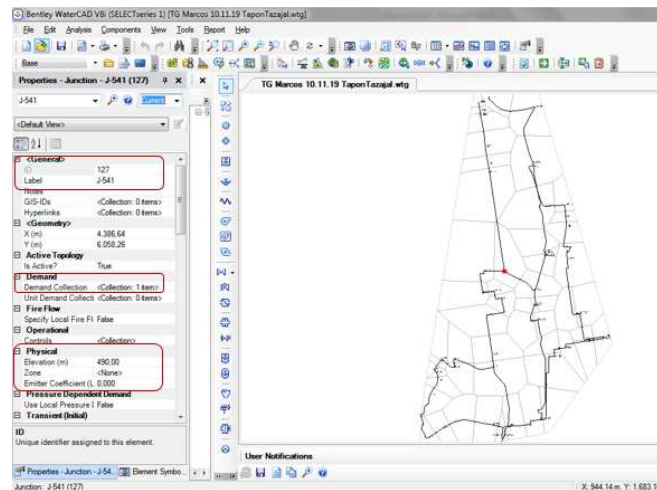


Figura 28. Modificación de parámetros en los nodos en el software WaterCAD V8i.

Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

3) Se incorporan equipos de bombeo y se asignan parámetros físicos de bombeo, siendo:
(Ver Figura 29)

- PMP-1: Equipo de bombeo de $Q= 1790$ l/s; $H_b= 85$ mca
- PMP-2: Equipo de bombeo de $Q= 1050$ l/s; $H_b= 64$ mca

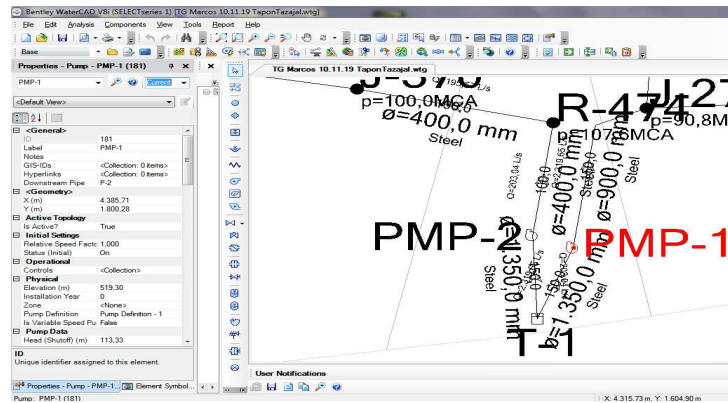


Figura 29. Incorporación de equipos de bombeos.

Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

- Se introduce la curva característica del equipo de bombeo PMP- 1, ingresando valores de caudal y presión suministrados por HIDROCENTRO. (Ver Figura 30)

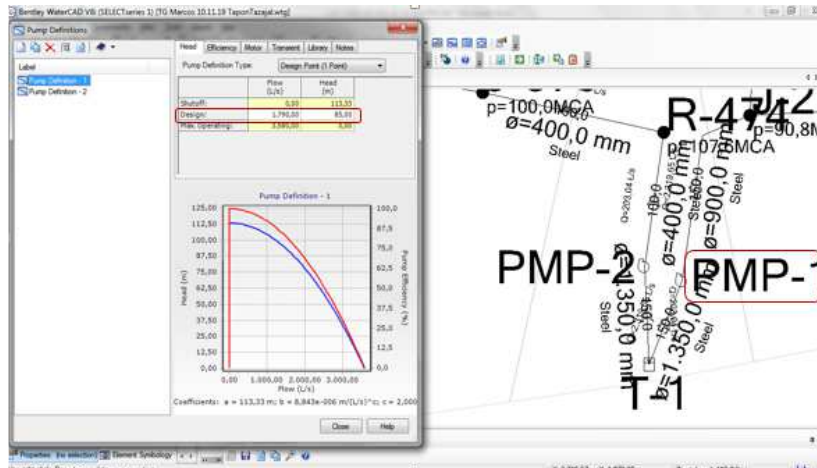


Figura 30. Curva característica del equipo de bombeo PMP-1.

Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

- Se introduce la curva característica del equipo de bombeo PMP-2, ingresando valores de caudal y presión suministrados por HIDROCENTRO. (Ver Figura 31)

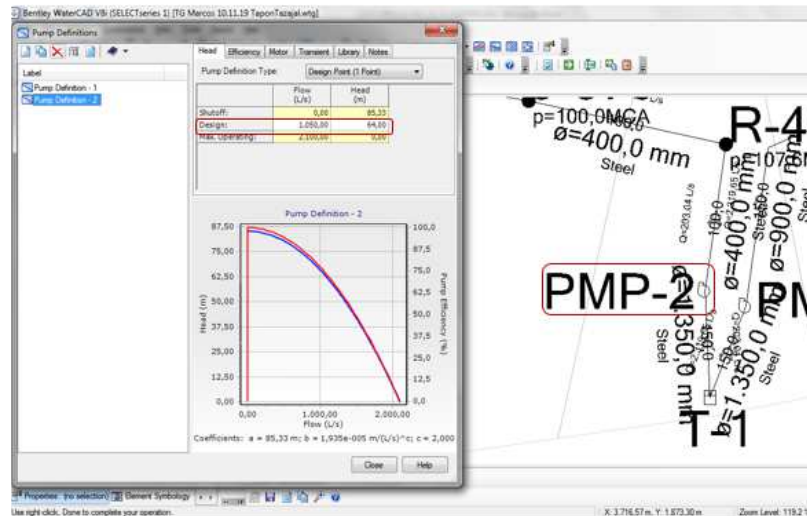


Figura 31. Curva característica del equipo de bombeo PMP-2.
Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

- 4) Se colocan los datos del Tanque los Colorados I tales como: cota, capacidad, y rangos de operación. (Ver Figura 32 , Tabla 6 y Apéndice D)

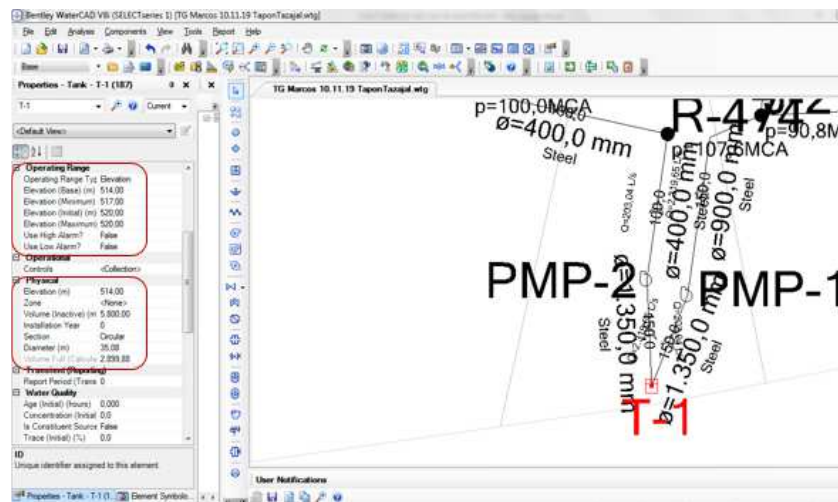


Figura 32. Características del Tanque los Colorados I.
Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

Tabla 6. Resultados de las presiones en las redes principales de distribución de agua potable del norte de Valencia, en estado actual usando el software WaterCAD.

ID Nodo	Cota (m)	Demanda (l/s)	Presión (m.c.a)
J-5	516,78	5,14	75,3
J-14	522,35	29,77	6,7
J-17	525	51,24	61,7
J-27	492,34	82,77	90,8
J-28	465,2	15,06	93,3
J-28-1	466	457,65	93,1
J-28-2	475	0	70,1
J-28-3	475	0	69,3
J-28-4	477,15	0	65,1
J-28-5	477,24	0	64,7
J-28-5-1	483,9	0	51,6
J-28-6	484,02	0	51,1
J-28-7	466	0	68,8
J-31	483,33	109,86	74,4
J-37	501,02	12,51	59,4
J-38	501,4	9,56	60,1
J-56	515,96	20,63	67,1
J-57	506,58	8,17	75,8
J-60	509,4	6,98	60,7
J-61	520,34	6,74	57,6

Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

4.2 Evaluar alternativas de sectorización para mejorar la distribución de agua potable desde el tanque los Colorados I hasta la estación de Rebombéo Bárbula I.

Las propuestas de sectorización se realizarán con la finalidad de garantizar que en los puntos más alejados de la red haya suficiente presión de agua, así los días que le corresponda el suministro de agua se pueda garantizar un mejor servicio. Para lograr lo anteriormente señalado, se realizaron dos propuestas y se analizaron de forma independiente usando los softwares EPANET y WaterCAD, formulando de esta manera resultados y conclusiones. En este trabajo de grado, se tomaron puntos estratégicos para la incorporación de un conjunto de válvulas que regulen el paso del flujo de agua. Una vez planteadas, se indicarán distintas maniobras que permitan sectorizar la red. Las válvulas se colocarán cercanas a los siguientes nodos. (Ver Anexos de la 33 a la 40).

A continuación, se mostrará un resumen de los elementos que se van a incorporar para la regulación de caudales y presiones

Tabla 7. Resumen de Incorporación de elementos de regulación								
Nodo	Ubicación	Unidad/ Tipo de válvula	Descripción	Diámetro		Coordenadas		Parroquia/ Municipio
				Pulg.	(mm)	lat	log	
R-474	Ver Anexo A	Una mariposa	-	12	300	10.192009°	- 68.012036°	San José
J-31	Ver Anexo B	Dos compuertas	Una válvula en sentido de la Av. Andrés Eloy Blanco y otra válvula en dirección a la calle 137	10	250	10.208068°	- 68.013863°	San José
J-541	Ver Anexo C	Una mariposa	-	12	300	10.230373°	- 68.011340°	San José
J-142	Ver Anexo D	Una mariposa	-	12	300	10.210399°	- 67.999446°	San José
J-125	Ver Anexo E	Una compuerta	-	4	100	10.214087°	- 67,992516°	San José
J-162	Ver Anexo F	Una compuerta	-	4	100	10.214845°	- 67.988150°	San José
J-28-1	Ver Anexo G	Dos mariposas	-	16	400	10.196087°	- 68.002817°	San José
J-223	Ver Anexo H	Una mariposa	-	24	600	10.23332°	- 67.996584°	Naguanagua

4.2.1 Propuestas de operación del sistema

4.2.1.1 Propuesta 1

- Parte A: Maniobras para que el Municipio Naguanagua tenga suministro de agua.
- Equipo de bombeo de 1790 l/s y 85 m.c.a, encendido.
- Equipo de bombeo de 1050 l/s y 64 m.c.a, apagado.
- Cerrar válvula mariposa en R-474.
- Cerrar la válvula compuerta en J-31.
- Cerrar válvula compuerta del ramal de J-142.

- Cerrar válvula compuerta del ramal de J-125.
- Cerrar válvula compuerta del ramal de J-226.
- Abrir la válvula mariposa en J-28-1 (Parroquia San José, red hacia el alimentador del norte).
- Abrir la válvula mariposa en J-28-1 (Parroquia San José, red hacia el Trigal).
- Abrir la válvula mariposa en J-223.
- Abrir la válvula mariposa en J-541.
- Parte B: Maniobras para que la Parroquia San José tenga de agua.
 - Equipo de bombeo de 1790 l/s y 85 m.c.a encendido
 - Equipo de bombeo de 1050 l/s y 64 m.c.a encendido
 - Abrir válvula mariposa en RA
 - Abrir válvula compuerta en J-31
 - Cerrar la válvula mariposa en J-28-1 (Parroquia San José, red del alimentador del Norte)

- Cerrar la válvula mariposa en J-541
- Cerrar la válvula mariposa en J-223

4.2.1.2 Propuesta 2

- Parte A: Maniobras para que el Parral-Prebo tenga suministro de agua.
 - Equipo de bombeo de 1050 l/s y 64 m.c.a encendido
 - Equipo de bombeo de 1790 l/s y 85 m.c.a apagado
 - Añadir tramo de tubería de longitud 129,12 m desde el nodo R-474 al nodo J-27. Tubería cuyo diámetro será de 200 mm y de material H.F, clase 250-300. Adicionalmente se colocará en dicho tramo una válvula compuerta de 8", la cual deberá estar abierta.
 - Cerrar válvula en J-31
 - Cerrar la válvula mariposa en J-28-1 (Parroquia San José, red hacia el alimentador del norte).
 - Cerrar la válvula mariposa en J-28-1 (Parroquia San José, red hacia el Trigal).
- Parte B: Maniobras para que el Trigal y Naguanagua (Mañongo y estación de Rebombeo Bárbula I) tenga suministro de agua.

- Equipo de bombeo de 1050 l/s y 64 m.c.a, apagado.
- Equipo de bombeo de 1790 l/s y 85 m.c.a encendido.
- Se cierra la válvula compuerta de 8" que se encuentra comprendida en el tramo de R-474 y J-27.
- Cerrar válvula compuerta de 10" en J-31
- Abrir la válvula mariposa en J-28-1 (Parroquia San José, red hacia el alimentador del norte).
- Abrir la válvula mariposa en J-28-1 (Parroquia San José, red hacia el Trigal).
- Parte C: Maniobras para que Naguanagua (Mañongo, Redoma de Guaparo, Campiña y Bárbula) tenga suministro de agua.
 - Equipo de bombeo de 1050 l/s y 64 m.c.a, apagado.
 - Equipo de bombeo de 1790 l/s y 85 m.c.a encendido.
 - Se cierra la válvula compuerta de 8" que se encuentra comprendida en el tramo de R-474 y J-27.
 - Cerrar válvula compuerta de 10" en J-31 (válvula ubicada en dirección a la calle 137)
 - Cerrar válvula compuerta del ramal de J-142.
 - Cerrar válvula compuerta del ramal de J-125.
 - Cerrar válvula compuerta del ramal de J-226.
 - Abrir válvula compuerta de 10" en J-31 (válvula ubicada en dirección a la Av. Andrés Eloy Blanco)
 - Abrir la válvula mariposa en J-28-1 (Parroquia San José, red hacia el alimentador del norte).
 - Abrir la válvula mariposa en J-28-1 (Parroquia San José, red hacia el Trigal).
- Parte D: Maniobras para que toda la red alta tenga suministro de agua
 - Se cierra la válvula compuerta de 8" que se encuentra comprendida en el tramo de R-474 y J-27.
 - Abrir válvula en R-474.
 - Abrir válvulas en J-31.
 - Abrir válvula en J-541.

- Abrir válvula en J-142.
- Abrir válvula en J-125.
- Abrir válvula en J-162.
- Abrir válvula en J-28-1.
- Abrir válvula en J-223.

4.3 Seleccionar la alternativa más factible para la sectorización del suministro de agua desde el tanque los Colorados I hasta la estación de Rebombío de Bárbula I.

4.3.1 Resultados obtenidos de la Propuesta 1 Parte A, utilizando el software EPANET. Suministro de agua para el Municipio Naguanagua. (Ver Figura 33, Tabla 8 y Apéndice E)

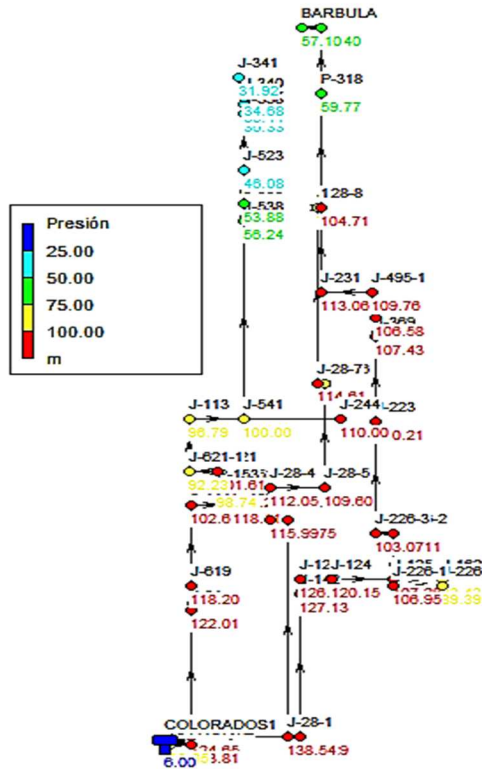


Figura 33. Representación de la Propuesta 1 Parte A, en el software EPANET.
Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

Tabla 8. Resultados de las presiones de la Propuesta 1 Parte A, en el software EPANET.

ID Nodo	Cota (m)	Demanda (l/s)	Presión (m.c.a)
Conexión J-27	492,34	0	124,65
Conexión J-31	486,6	0	122,01
Conexión J-619	488,80	0	118,20
Conexión J-111	499,04	0	102,61
Conexión P-152	481,40	0	118,11
Conexión P-152-1	479,16	0	119,29
Conexión P-153	498,93	0	98,74
Conexión J-621	494,96	0	101,61
Conexión J-621-1	504	0	92,23
Conexión J-113	495,95	0	96,79
Conexión J-541	490	148,80	100,00
Conexión J-538	492,6	133,57	56,24
Conexión J-539	494	25,98	53,88
Conexión J-523	497	34,38	46,08
Conexión J-338	503	52,42	36,33
Conexión J-339	503,86	4,60	35,44
Conexión J-340	504,6	3,14	34,68
Conexión J-341	507,35	6,15	31,92
Conexión J-28	465,2	0	139,29
Conexión J-142	476,79	0	127,13

Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

ID Nodo	Cota (m)	Demanda (l/s)	Presión (m.c.a)
Conexión J-14	522,35	29,77	75,01
Conexión J-17	525	51,24	71,34
Conexión J-56	515,96	20,63	79,84
Conexión J-57	506,58	8,17	89,18
Conexión J-68	507,80	3,09	87,96

Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

4.3.3 Resultados obtenidos de la Propuesta 1 Parte A, utilizando el software WaterCAD. Suministro de agua para el Municipio Naguanagua. (Ver Figura 35, Tabla 10 y Apéndice G)

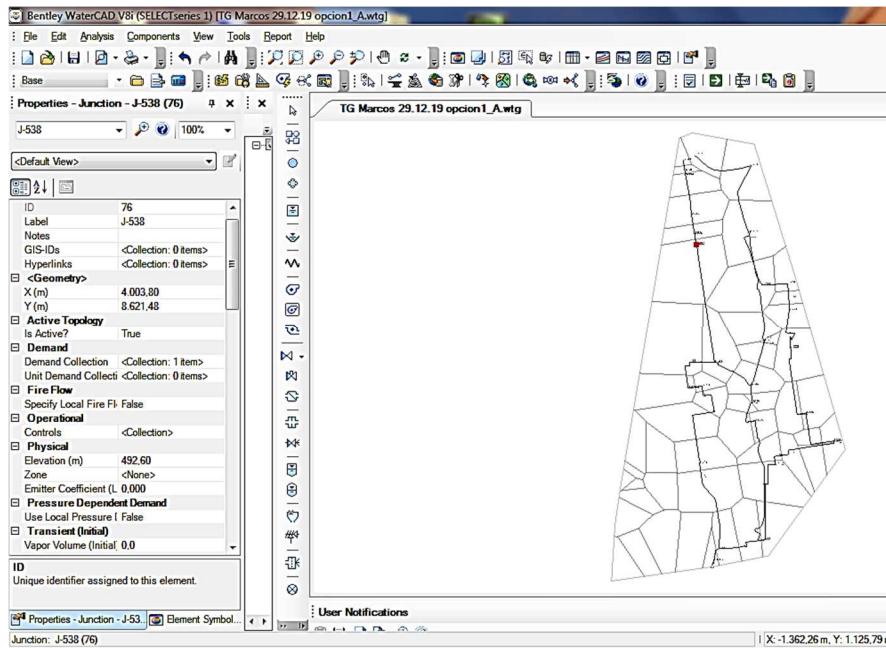


Figura 35. Representación de la Propuesta 1 Parte A, en el software WaterCAD.
Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

Tabla 10. Resultados de las presiones de la Propuesta 1 Parte A, en el software WaterCAD.

ID Nodo	Cota (m)	Demanda (l/s)	Presión (m.c.a)
J-341	507,35	6,15	69,7
J-242	505,00	260,00	71,0
J-340	504,60	3,14	72,4
J-339	503,86	4,59	73,2
P-318	504,37	105,31	74,8
J-523	497,00	34,38	80,3
J-539	494,00	25,98	84,4
J-538	492,60	133,57	86,2
P-316	497,48	19,92	88,9
J-162	520,00	0	102,0
J-621-1	504,00	0	105,1
J-226	514,02	0	107,9
J-113	495,95	0	110,6
J-541	490,00	148,80	114,5
J-28-6	484,02	0	114,7
J-28-5-1	483,90	0	115,2
J-621	494,96	0	115,3
J-111	499,04	0	115,8
J-226-3	500,00	0	121,7
J-226-2	500,00	0	121,7

Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

4.3.4 Resultados obtenidos de la Propuesta 1 Parte B, utilizando el software WaterCAD. Suministro de agua para la Parroquia San José. (Ver Figura 36, Tablas 11 y Apéndice H).

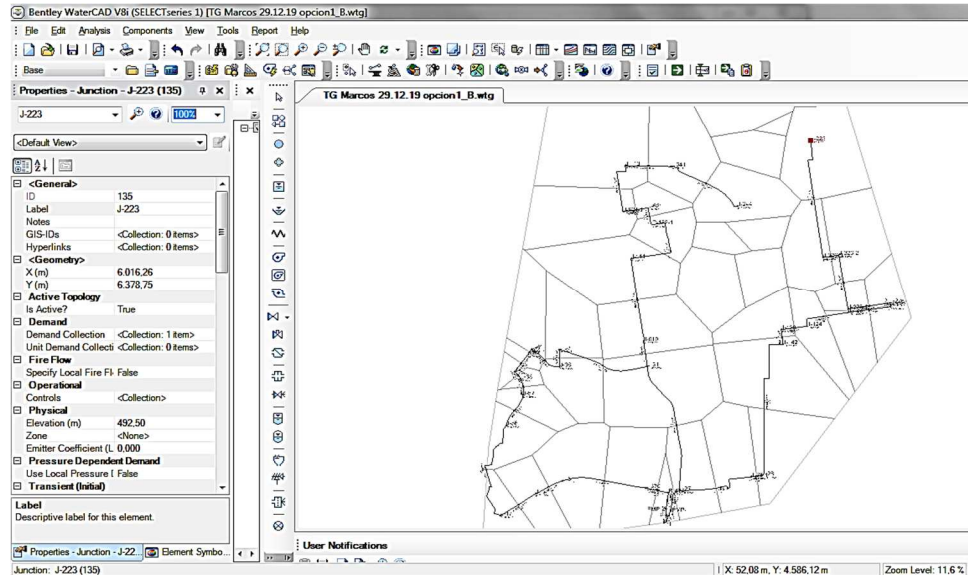


Figura 36. Representación de la Propuesta 1 Parte B, en el software WaterCAD.

Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

Tabla 11. Resultados de las presiones de la Propuesta 1 Parte B, en el software WaterCAD.

ID Nodo	Cota (m)	Demanda (l/s)	Presión (m.c.a)
J-162	520	1,97	65,9
J-17	525	51,24	69,0
J-61	520,34	6,74	71,5
J-226	51402	13,32	71,8
J-14	522,35	29,77	73,1
J-621-1	504	27,23	74,5
J-56	515,96	20,63	76,7
J-5	516,78	5,14	80,3
J-113	495,95	42,11	80,4
J-60	509,4	6,98	81,6
J-62	508,58	3,78	82,5
J-226-3	500	188,5	83,4
J-226-2	500	21,81	83,8
J-621	494,96	7,37	84,6
J-68	507,8	3,09	84,7
J-541	490	148,8	85,1

ID Nodo	Cota (m)	Demanda (l/s)	Presión (m.c.a)
J-111	499,04	61,95	85,2
J-57	506,58	8,17	85,9
J-226-1	496,33	39,79	88,9
J-38	501,4	9,56	89,4

Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

4.3.5 Resultados obtenidos de la Propuesta 2 Parte A, utilizando el software EPANET.
(Ver Figura 37 y la Tabla 12).

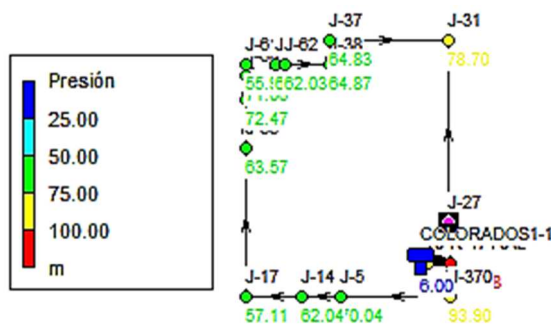


Figura 37. Representación de la Propuesta 2 Parte A, en el software EPANET.

Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

Tabla 12. Resultados de las presiones de la Propuesta 2 Parte A, en el software EPANET.

ID Nodo	Cota (m)	Demanda (l/s)	Presión (m.c.a)
Conexión J-27	492,34	82,77	73,55
Conexión J-31	486,6	109,86	78,70
Conexión RA-PARRAL	519,3	2,33	83,39
Conexión R-474	494,84	7,48	101,48
Conexión J-370	500,04	9,61	93,90
Conexión J-5	516,78	5,14	70,04
Conexión J-14	522,35	29,77	62,04
Conexión J-17	525,00	51,24	57,11
Conexión J-56	515,96	20,63	63,57
Conexión J-57	506,58	8,17	72,47
Conexión J-68	507,80	3,09	71,06
Conexión J-61	520,34	6,74	55,93
Conexión J-60	509,40	6,98	62,24
Conexión J-62	508,58	3,78	62,03
Conexión J-38	501,40	9,56	64,87
Conexión J-37	501,02	12,51	64,83

Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

**4.3.6 Resultados obtenidos de la Propuesta 2 Parte B, utilizando el software EPANET.
(Ver Figura 38, Tabla 13 y Apéndice I).**

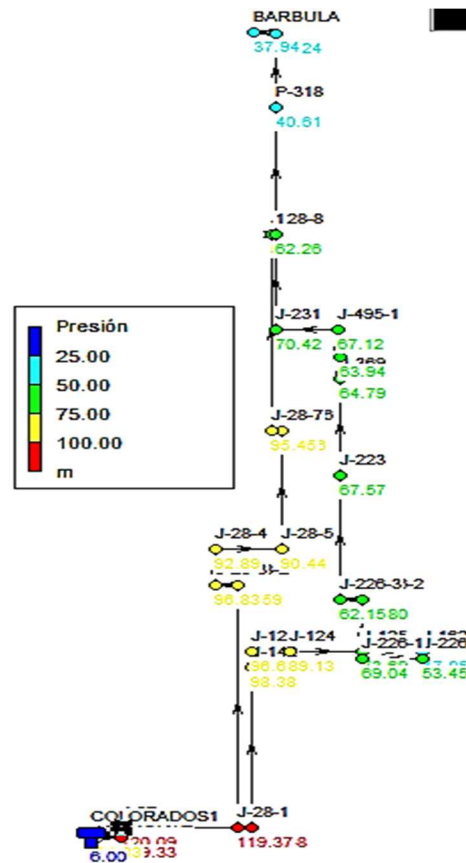


Figura 38. Representación de la Propuesta 2 Parte B, en el software EPANET.
Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

Tabla 13. Resultados de las presiones de la Propuesta 2 Parte B, en el software EPANET.

ID Nodo	Cota (m)	Demanda (l/s)	Presión (m.c.a)
Conexión J-27	492,34	82,77	120,09
Conexión J-28	465,2	15,06	119,48
Conexión J-142	476,79	6,06	98,38
Conexión J-123	477,66	6,84	96,60
Conexión J-124	483,62	23,81	89,13
Conexión J-125	496,3	2,76	73,69
Conexión J-162	520	1,97	47,85

ID Nodo	Cota (m)	Demanda (l/s)	Presión (m.c.a)
Conexión J-226	514,02	13,32	53,45
Conexión J-226-1	496,33	39,79	69,04
Conexión J-226-2	500	21,81	62,80
Conexión J-226-3	500	188,50	62,15
Conexión J-369	495	48,27	64,79
Conexión J-495	495,84	22,90	63,94
Conexión J-495-1	492,65	21,22	67,12
Conexión J-231	489,35	8,67	70,42
Conexión P-316	497,48	19,92	53,52
Conexión P-318	504,37	105,31	40,61
Conexión J-28-1	466	457,66	119,37
Conexión J-28-2	475	0	97,59
Conexión J-28-3	475	0	96,83

Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

**4.3.7 Resultados obtenidos de la Propuesta 2 Parte C, utilizando el software EPANET.
(Ver Figura 39 y Tabla 14 y Apéndice J).**

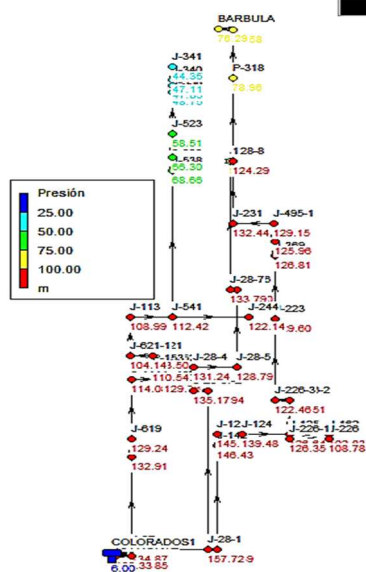


Figura 39. Representación de la Propuesta 2 Parte C, en el software EPANET.

Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

Tabla 14. Resultados de las presiones de la Propuesta 2 Parte C, en el software EPANET.

ID Nodo	Cota (m)	Demanda (l/s)	Presión (m.c.a)
Conexión J-27	492,34	0	134,87
Conexión J-31	486,6	0	132,91
Conexión J-619	488,80	0	129,24
Conexión J-111	499,04	0	114,08
Conexión P-152	481,40	0	129,76
Conexión P-152-1	479,16	0	131,02
Conexión P-153	498,93	0	110,54
Conexión J-621	494,96	0	113,50
Conexión J-621-1	504	0	104,14
Conexión J-113	495,95	0	108,99
Conexión J-541	490	0	112,42
Conexión J-538	492,6	133,57	68,66
Conexión J-539	494	25,98	66,30
Conexión J-523	497	34,38	58,51
Conexión J-338	503	52,42	48,75
Conexión J-339	503,86	4,60	47,86
Conexión J-340	504,6	3,14	47,11
Conexión J-341	507,35	6,15	44,35
Conexión J-28	465,2	0	158,49
Conexión J-142	476,79	0	146,43

Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

**4.3.8 Resultados obtenidos de la Propuesta 2 Parte D, utilizando el software EPANET.
(Ver Figura 40 y las Tabla 15 y Apéndice K)**

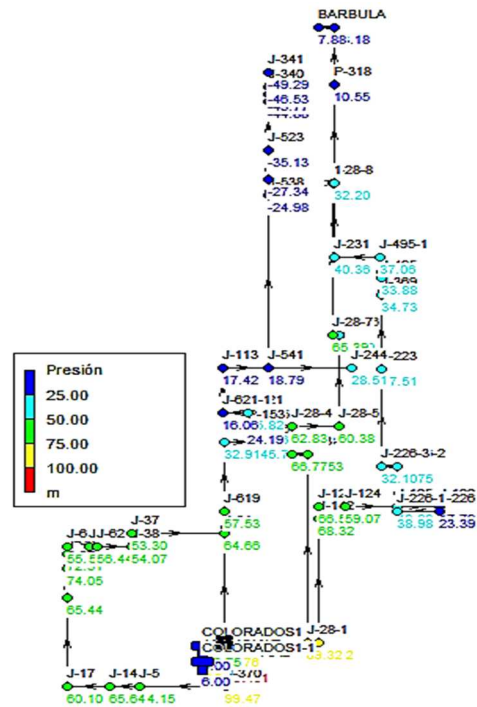


Figura 40. Representación de la Propuesta 2 Parte D, en el software EPANET.

Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

Tabla 15. Resultados de las presiones de la Propuesta 2 Parte D, en el software EPANET.

ID Nodo	Cota (m)	Demanda (lps)	Presión(mca)
Conexión J-27	492,34	82,77	90,03
Conexión J-31	486,6	109,86	64,66
Conexión J-619	488,80	53,43	57,53
Conexión J-111	499,04	61,95	32,91
Conexión P-152	481,40	11,31	45,72
Conexión P-152-1	479,16	3,73	45,64
Conexión P-153	498,93	3,82	24,19
Conexión J-621	494,96	7,34	25,82
Conexión J-621-1	504	27,33	16,06
Conexión J-113	495,95	42,11	17,42

ID Nodo	Cota (m)	Demanda (lps)	Presión(mca)
Conexión J-541	490	148,80	18,79
Conexión J-538	492,6	133,57	-24,98
Conexión J-539	494	25,98	-27,34
Conexión J-523	497	34,38	-35,13
Conexión J-338	503	52,42	-44,88
Conexión J-339	503,86	4,60	-45,77
Conexión J-340	504,6	3,14	-46,53
Conexión J-341	507,35	6,15	-49,29
Conexión RA-PARRAL	519,3	2,33	85,21
Conexión R-474	494,84	7,48	107,51

Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

4.3.9 Resultados obtenidos de la Propuesta 2 Parte A, utilizando el software WaterCAD.

(Ver Figura 41 y la Tabla 16)

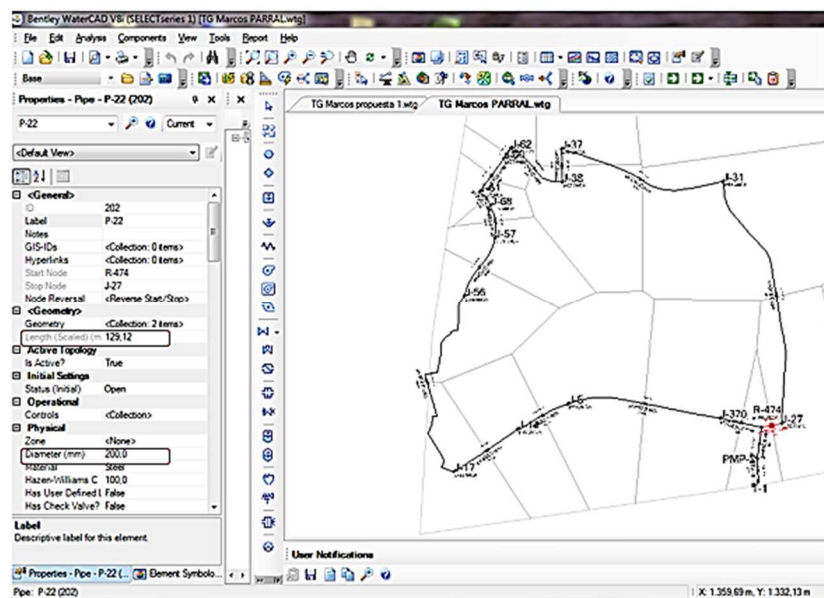


Figura 41. Representación de la Propuesta 2 Parte A, en el software WaterCAD.

Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

Tabla 16. Resultados de las presiones de la Propuesta 2 Parte A, en el software WaterCAD.

ID Nodo	Cota (m)	Demanda (l/s)	Presión (m.c.a)
J-5	516,78	5,14	71,2
J-14	522,35	29,77	63,3
J-17	525,00	51,24	58,5
J-27	492,34	82,77	75,8
J-31	483,33	109,86	84,2
J-37	501,02	12,51	67,2
J-38	501,40	9,56	67,2
J-56	515,96	20,63	64,9
J-57	506,58	8,17	73,8
J-60	509,40	6,98	63,6
J-61	520,34	6,74	57,3
J-62	508,58	3,78	64,4
J-68	507,80	3,09	72,4
J-370	500,04	9,61	94,7
R-474	494,84	7,48	102,0

Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

4.3.10 Resultados obtenidos de la Propuesta 2 Parte B, utilizando el software WaterCAD. (Ver Figura 42 y la Tabla 17)

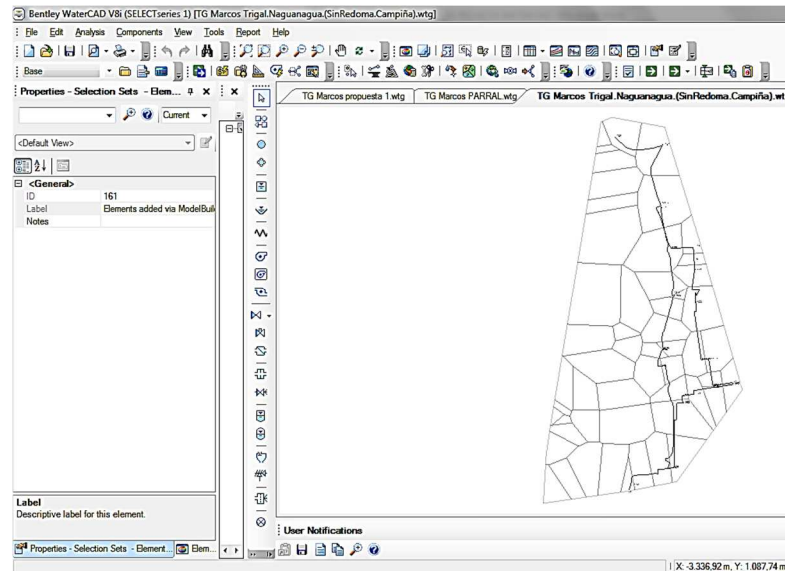


Figura42. Representación de la Propuesta 2 Parte B, en el software WaterCAD.

Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

Tabla 17. Resultados de las presiones de la Propuesta 2 Parte B, en el software WaterCAD.

ID Nodo	Cota (m)	Demanda (l/s)	Presión (m.c.a)
J-27	492,34	82,77	118,2
J-28	465,20	15,06	120,7
J-28-1	466,00	457,65	120,5
J-28-2	475,00	0	97,5
J-28-3	475,00	0	96,7
J-28-4	477,15	0	92,5
J-28-5	477,24	0	92,1
J-28-5-1	483,90	0	79,0
J-28-6	484,02	0	78,6
J-28-7	466,00	0	96,2
J-77	497,48	19,92	66,2
J-123	477,66	6,84	98,5
J-124	483,62	23,81	91,1
J-125	496,30	2,76	75,9
J-142	476,79	6,06	100,2
J-162	520,00	1,97	50,1
J-223	492,50	188,67	71,5
J-226	514,02	13,32	55,9
J-226-1	496,33	39,79	72,7
J-226-2	500,00	21,81	66,6
J-226-3	500,00	188,50	66,0
J-231	489,35	8,70	74,3
J-242	505,00	260,00	34,8
J-369	495,00	48,27	68,7
J-495	495,85	22,90	67,8
J-495-1	492,65	21,22	71,0
P-316	497,48	19,92	52,7
P-318	504,37	105,31	38,6

Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

4.3.11 Resultados obtenidos de la Propuesta 2 Parte C, utilizando el software WaterCAD. (Ver Figura 43, Tablas 18 y Apéndice L)

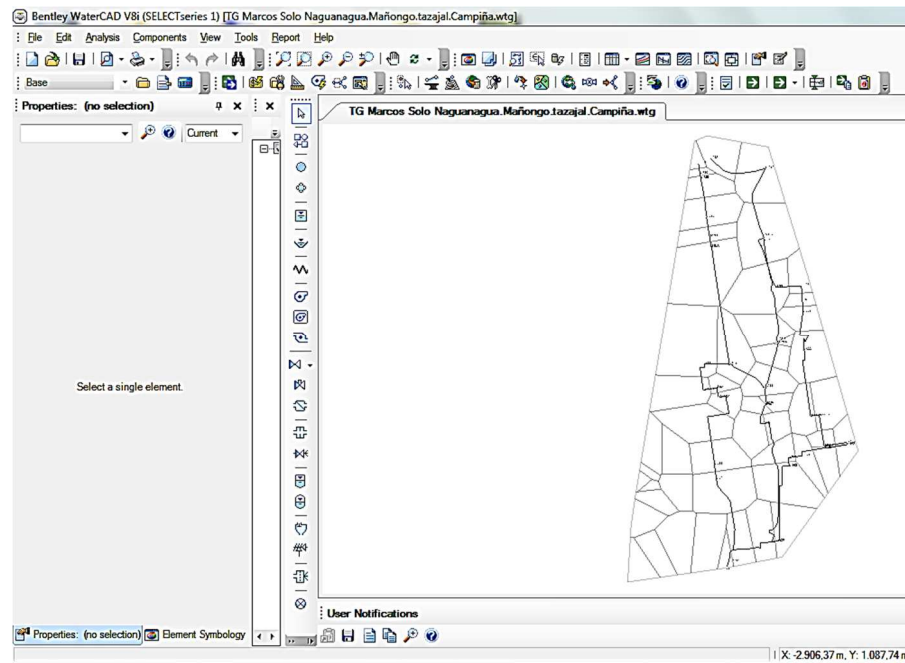


Figura 43. Representación de la Propuesta 2 Parte C, en el software WaterCAD.
Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

Tabla 18. Resultados de las presiones de la Propuesta 2 Parte C, en el software WaterCAD.

ID Nodo	Cota (m)	Demanda (l/s)	Presión (m.c.a)
J-27	492,34	0	135,8
J-28	465,20	0	159,5
J-28-1	466,00	0	158,7
J-28-2	475,00	0	135,7
J-28-3	475,00	0	134,9
J-28-4	477,15	0	130,7
J-28-5	477,24	0	130,3
J-28-5-1	483,90	0	117,2
J-28-6	484,02	0	116,8
J-28-7	466,00	0	134,4
J-31	483,33	0	142,6

ID Nodo	Cota (m)	Demanda (l/s)	Presión (m.c.a)
J-77	497,48	19,92	125,5
J-111	499,04	0	125,0
J-113	495,95	0	125,1
J-123	477,66	6,84	146,5
J-124	483,62	0	140,5
J-125	496,30	0	127,7
J-142	476,79	0	147,4
J-162	520,00	0	103,9
J-223	492,50	0	130,8

Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

4.3.12 Resultados obtenidos de la Propuesta 2 Parte D, utilizando el software WaterCAD. (Ver Figura 44, Tabla 19 y Apéndice M)

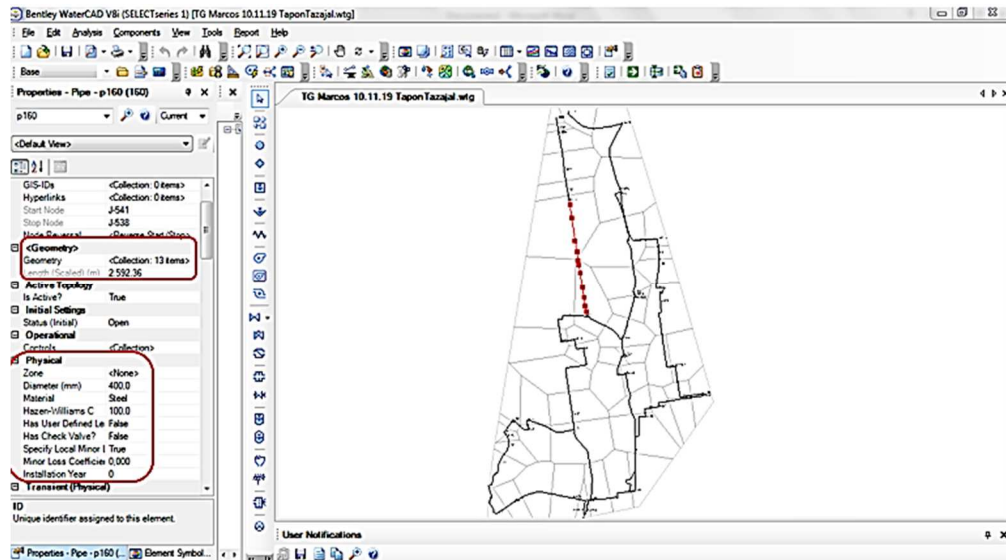


Figura 44. Representación de la Propuesta 2 Parte D, en el software WaterCAD. Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

Tabla 19. Resultados de las presiones de la Propuesta 2 Parte D, en el software WaterCAD.

ID Nodo	Cota (m)	Demanda (l/s)	Presión (m.c.a)
J-5	516,78	5,14	75,3
J-14	522,35	29,77	6,7
J-17	525	51,24	61,7
J-27	492,34	82,77	90,8
J-28	465,2	15,06	93,3
J-28-1	466	457,65	93,1
J-28-2	475	0	70,1
J-28-3	475	0	69,3
J-28-4	477,15	0	65,1
J-28-5	477,24	0	64,7
J-28-5-1	483,9	0	51,6
J-28-6	484,02	0	51,1
J-28-7	466	0	68,8
J-31	483,33	109,86	74,4
J-37	501,02	12,51	59,4
J-38	501,4	9,56	60,1
J-56	515,96	20,63	67,1
J-57	506,58	8,17	75,8
J-60	509,4	6,98	60,7
J-61	520,34	6,74	57,6

Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

4.3.13 Comparación de resultados entre los software EPANET y WaterCAD. (Ver Tabla 20)

Tabla 20. Resultados de las presiones, en los software EPANET y WaterCAD.

Propuesta	ID Nodo	Software Epanet	Software WaterCAD
		Presión (mca)	Presión (mca)
Condición Actual	J-341 (La Campiña)	-49,29	-14,5
	J-242 (Bárbula)	7,88	7,4
	J-61 (Parral)	55,45	57,6
Propuesta 1, Parte A	J-341(La Campiña)	31,92	69,7
	J-242 (Bárbula)	57,1	71,1
Propuesta 1, Parte B	J-61 (Parral)	75,39	71,5
Propuesta 2, Parte A	J-61 (Parral)	55,93	57,3
Propuesta 2, Parte B	J-341 (La Campiña)	37,94	34,8
Propuesta 2, Parte C	J-341 (La Campiña)	44,35	85,4
	J-242 (Bárbula)	76,29	73
Propuesta 2, Parte D	J-341 (La Campiña)	-49,29	-14,5
	J-242 (Bárbula)	7,88	7,4
	J-61 (Parral)	55,45	57,6

Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

Analizando los resultados previamente mostrados se selecciona como alternativa más factible para la sectorización del suministro de agua desde el tanque los Colorados I hasta la estación de Rebombeo Bárbula I, la propuesta 2 ya que permite mayor suministro de agua en Bárbula I, la cual se encuentra en serie con Bárbula II y esta última surte de agua al Hospital Carabobo, Brisas de Carabobo, Vivienda Rural de Bárbula y Colinas de Girardot.

4.4 Diseñar la redefinición de las redes principales del norte de la ciudad de Valencia desde el tanque los Colorados I hasta la estación de Rebombeo Bárbula mediante herramientas digitales.

Una vez seleccionada la alternativa más factible, en este caso la propuesta 2 se procede a realizar un plan de abastecimiento el cual indica semanalmente los días correspondientes al abastecimiento de agua y el equipo de bombeo a utilizar. Es importante recordar el caudal del equipo de bombeo, siendo el siguiente:

- Bomba 1: Q=1790 l/s; Hb= 85 m.c.a
- Bomba 2: Q= 1050 l/s; Hb= 64 m.c.a (Ver Tabla 21)

Tabla 21. Plan de abastecimiento de agua potable para las redes principales del norte de la ciudad de Valencia.

Sectorización/ Día	Propues ta 2A	Propues ta 2B	Propues ta 2C	Propues ta 2D	Propues ta 2A	Propues ta 2D	Propues ta 2B	
	1	2	3	4	5	6	7	
Parral	Bomba 2	-	-	Bombas 1 y 2	Bomba 2	Bombas 1 y 2	-	
El Trigal	-	Bomba 1	-		-		Bombas 1 y 2	Bomba 1
Mañongo	-		Bomba		-			
Bárbula I	-		Bomba		-			
Redoma-La Campiña	-	-	1	-	-	-	-	

Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

4.4.1 Cálculo del golpe de ariete

A continuación se procede a realizar un ejemplo de cálculo del golpe de ariete. Es importante mencionar que datos de presiones, velocidades y caudales utilizados para el cálculo del golpe de ariete, se tomaron del promedio de los resultados obtenidos del software EPANET y WaterCAD.

- **Día de la semana: día n° 1**

- Datos de la conducción

Tramo de tubería: desde J-28-1 hasta J-28-2

Tipo de Válvula: Mariposa de 16"

Diámetro externo (mm)= 500

Espesor (mm)= 0,006 x 500= 3

Material= acero

ε (kg/m²)= 21.000.000.000,00

Longitud (m)= 2963,1

Elasticidad de la conducción (K)= 0,476

$$K = \frac{10^{10}}{\varepsilon} \quad ; \quad K = \frac{10^{10}}{21000000000} = 0,476$$

- Datos de la instalación

Presión (m.c.a) (Hm) = 49,33

Q (l/s)= 370,95

V(m/s)= 3,78

I(%)=1,66

$$I(\%) = \frac{Presion}{Longitud} \times 100 \quad ; \quad I(\%) = \frac{49,33}{2963,1} \times 100 = 1,66$$

- Frecuencia de propagación de la onda

Velocidad de la onda (m/s)= 877,8

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + K \frac{D}{e}}}$$

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + 0,476 \frac{500mm - 3mm}{3mm}}} = 877,8$$

Tiempo crítico (s)= 6,8

$$T_c = \frac{2L}{a}$$

$$T_c = \frac{2 \times 2963,1 \text{ m}}{877,8 \text{ m/s}}$$

$$T_c = 6,8 \text{ s}$$

- Tiempo de Parada del agua (Ver Tabla 22)

Coefficiente K según Mendiluce=1

Tabla 22. Coeficiente K según Mendiluce

L (m)	K
< 500	2
≈ 500	1,75
500 < L < 1500	1,5
≈ 1500	1,25
> 1500	1

Fuente: Mendiluce, 1965

Coefficiente C según Mendiluce= 1 (Ver Tabla 23)

Tabla 23. Coeficiente C según Mendiluce

I	C
< 20%	1
≈ 25%	0,8
≈ 30%	0,6
≈ 40%	0,4
> 50%	0

Fuente: Mendiluce, 1965

Tiempo de parada (s)= 24,1 s

$$T_c = C + \frac{K.L.v}{g.Hm}$$

$$T_c = 1 + \frac{2.963,1m \times 3,78m/s}{9,81 \frac{m}{s^2} \times 49,33 m} = 24,14s$$

$$T_c < T; \text{ Cierre Lento}$$

$$T_c > T; \text{ Cierre Rápido}$$

$$24,1 < 6,8 \text{ Cierre Lento}$$

- Longitud Crítica (m)= 10597,6

$$L_c = \frac{a.T}{2}$$

$$L_c = \frac{877,8s \times 24,1m/s}{2} = 10597,6 m$$

$$L_c < L_{tubería}; \text{ Instalación Corta}$$

$$L_c > L_{tubería}; \text{ Instalación Larga}$$

$$10497,6m < 2963,1m; \text{ Instalación corta}$$

- Sobrepresión del golpe de ariete (ΔP)
- Si $L_{tubería} < L_{crítica}$ (Impulsión corta) se utiliza Michaud:

$$\Delta h = \frac{2.L.V}{g.T}$$

- Si $L_{tubería} > L_{crítica}$ (Impulsión larga) se utiliza Allievi

$$\Delta h = \frac{a.v}{g}$$

En este caso $L_{tubería} < L_{crítica}$ se utiliza Michaud

$$\Delta h = \frac{2 \times 2963,1m \times 3,78m/s}{9,81 \frac{m}{s^2} \times 24,1 s} = 94,6 mca$$

A continuación se muestran los resultados, del estudio del golpe de ariete (VER APENDICES N, Ñ, O y P)

- Día N° 1

Tramo de tubería desde J-28-1 hasta J-28-2. (Ver Tabla 24)

Tabla 24. Resultados del golpe de ariete, para el día 1. Tramo J-28-1 hasta J-28-2

DATOS DE CONDUCCIÓN	
<i>Tipo de Válvula</i>	Mariposa de 16"
<i>D_{ext} (mm)</i>	500
<i>Espesor (mm)</i>	3
<i>Material</i>	ACERO
<i>E (kgf/m²)</i>	21.000.000.000,00
<i>Longitud (m)</i>	2963,1
<i>K</i>	0,476190476
DATOS DE LA INSTALACIÓN	
<i>Presión (mca)</i>	49,33
<i>Q (l/s)</i>	370,95
<i>v (m/s)</i>	3,78
<i>i (%)</i>	1,664810503
FRECUENCIA DE PROPAGACIÓN DE LA ONDA	
<i>a (m/s)</i>	877,8
<i>T (s)</i>	6,8
TIEMPO DE PARADA DEL AGUA	
<i>K</i>	1
<i>C</i>	1
<i>T (s)</i>	24,1
<i>Tipo de cierre</i>	LENTO
LONGITUD CRÍTICA	
<i>L_c (m)</i>	10597,6
<i>Instalación</i>	CORTA
SOBREPRESIÓN DEL GOLPE DE ARIETE	
<i>Formula</i>	MICHAUD
<i>Δp(mca)</i>	94,6

Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

Tramo de tubería desde J-28-1 hasta J-28 (Ver Tabla 25)

Tabla 25. Resultados del golpe de ariete, para el día 1. Tramo J-28-1 hasta J-28


DATOS DE CONDUCCIÓN	
<i>Tipo de Válvula</i>	Mariposa de 16"
<i>D_{ext} (mm)</i>	600
<i>Espesor (mm)</i>	3,6
<i>Material</i>	ACERO
<i>E (kgf/m²)</i>	21.000.000.000,00
<i>Longitud (m)</i>	136,5
<i>K</i>	0,476190476
DATOS DE LA INSTALACIÓN	
<i>Presión (mca)</i>	70,6
<i>Q (l/s)</i>	629,59
<i>v (m/s)</i>	2,23
<i>i (%)</i>	51,72161172
FRECUENCIA DE PROPAGACIÓN DE LA ONDA	
<i>a (m/s)</i>	877,8
<i>T (s)</i>	0,3
TIEMPO DE PARADA DEL AGUA	
<i>K</i>	2
<i>C</i>	0
<i>T (s)</i>	0,9
<i>Tipo de cierre</i>	LENTO
LONGITUD CRÍTICA	
<i>L_c (m)</i>	385,8
<i>Instalación</i>	CORTA
SOBREPRESIÓN DEL GOLPE DE ARIETE	
<i>Formula</i>	MICHAUD
<i>Δp(mca)</i>	70,6


Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

4.5 Presupuesto de la obra

El análisis de presupuesto fue elaborado por los integrantes de este trabajo de grado con apoyo del “Listado de Precios. Gerencia de Contrataciones” suministrado por HIDROCENTRO C.A.

INGENIERÍA CIVIL MARZO 2020					PAG: 1/3	
PRESUPUESTO					PARTIDAS	
EN CONJUNTO CON C.A. HIDROLOGICA DEL CENTRO					TG BARRIOS MARCOS & ESCALONA RAFAEL	
OBRA :		REDEFINICIÓN DE LA RED ALTA PRINCIPAL DE VALENCIA DE AGUA POTABLE, DESDE EL TANQUE "COLORADOS I" HASTA LA ESTACION DE REBOMBEO "BARBULA I"			FECHA : Marzo 2020	
UBICACIÓN:		MUNICIPIO VALENCIA & MUNICIPIO NAGUANAGUA, EDO. CARABOBO				
Nº	COD. / HIDROC	DESCRIPCIÓN	UND.	CANT.	PRECIO UNITARIO \$	PRECIO TOTAL \$
1	INOS-170 140-1	Sondeo y exploraciones.	Und.	12,00	1,58	18,94
2	C030500112 131-3	Demolición de concreto en calzadas y en aceras, e = 0,20 m.	m2	1,00	0,69	0,69
3	C030500224 132-3	Demolición de asfalto en calzadas, e = 0,20 m.	m2	73,56	0,39	29,04
5	H211300030 180-9	Excavación de zanja en tierra a máquina, entre 0 - 3,5 m.	m3	145,12	1,69	244,93
6	H212000010 181-5	Excavación de zanja a máquina de 0 - 3,5 m en terreno rocoso para obras hidráulicas	m3	2,00	4,78	9,56
7	H211326010 181-1	Excavación de zanja a máquina 0 - 2,5 m en terreno saturado.	m3	2,00	0,42	0,84
8	INOS-232-00 201-1	Carga y bote sin arreglo, entre 0 - 5 km (incl esponjamiento).	m3	169,42	0,58	98,37
9	INOS-221-1 191-1	Relleno compactado a máquina con material proveniente de la excavación.	m3	117,70	0,71	84,15
10	191-2	Sum y colocación de relleno compactado a máquina con material tierra, incluye esponjamiento.	m3	29,42	0,54	15,98
11	191-3	Sum y coloc. de relleno compactado a máq. con material granzón, incl esponjamiento.	m3	171,49	0,55	93,57
12	s.c. 212-10	Carga y descarga de tubería de Acero	m	129,12	0,20	25,53
13	INOS-311-0 311-1	Colocación De Tub.Y Accesorios De Acero Ø = 8", E = 8mm. No Incluye La Soldadura	m	129,12	0,85	109,63
14	320-0	Corte y biselado de tubería de acero.	m	2,51	4,43	11,14
15	INOS-325-2 320-2	Confección De Junta Soldada E = 8mm. (4 Pases) En Tubería De Acero.	m	19,00	4,78	90,78
16	321-3	Confección De Tee De Acero 8" 3 Cortes - 3 Soldaduras	Pza.	2,00	7,99	15,99
17	INOS-331-0 331-2	Colocación De Válvula Entre 4" Y 8" Incluye Soldadura De Las Dos Bidas H.F.	Pza.	3,00	5,62	16,86

					PAG: 2/3 PARTIDAS	
OBRA : REINGENIERIA DE LA RED ALTA PRINCIPAL DE VALENCIA. DESDE EL TANQUE "COLORADOS I" HASTA LA ESTACION DE REBOMBEO "BARBULA I"			FECHA : Marzo 2020			
UBICACIÓN: MUNICIPIO VALENCIA & MUNICIPIO NAGUANAGUA, EDO. CARABOBO						
Nº	COD. / HIDROC	DESCRIPCIÓN	UND.	CANT.	PRECIO UNITARIO \$	PRECIO TOTAL \$
18	INOS-331-1 331-3	Colocación De Válvula 10" y 12" Incluye La Soldadura De Las Dos Bidas H.F.	Pza.	5,00	6,40	31,99
19	INOS-331-1 331-4	Colocación De Válvula 16" Incluye La Soldadura De Las Dos Bidas H.F.	Pza.	2,00	28,69	57,38
20	INOS-331-2 331-5	Colocación De Válvula 20" en adelante Incluye La Soldadura De Las Dos Bidas H.F.	Pza.	1,00	41,96	41,96
21	INOS-421 411-2	Concreto para apoyos y anclajes Rec = 100 Kg/cm2	m3	2,00	3,33	6,65
22	E328000115 420-3	Pavimentos de concreto, Rec = 150 kg/cm2 e = 15 cm.	m2	1,00	0,20	0,20
23	451-7	Sum. y colocación de malla electrosoldada de 6x6 plg.	m2	1,10	0,03	0,03
24	421-4	Impinación asfáltica, empl. material asfáltico tipo RC-250, incl. transporte.	m2	88,27	0,01	1,32
25	C123501108 210-7	Transporte urbano de mezcla asfáltica en caliente para pavimentos, distancias 10 Km o más	Ton*Km	2.334,79	0,04	84,35
26	C-12-25-007 421-6	Bacheo con equipo liviano, no incl. suministro.	Ton.	233,48	2,07	483,42
27		Suministros				
28	s.c.	Suministro de concreto asfáltico para bacheo. En Mercadolibre.com	Ton.	233,47	1500,00	350.211,23
29	s.c.	Sum. y transporte a obra de tubería de Acero D = 200 mm, PN 10	m	129,12	0,86	111,38
30	s.c.	Junta flexible tipo Dresser para acero D = 8" - Acero D = 200 mm Mercadolibre.com	Pza.	2,00	50,00	100,00
31	s.c.	Ventosa automática D = 2" en Mercadolibre.com	Pza.	1,00	60,00	60,00

				PAG: 3/3 PARTIDAS		
OBRA :		REINGENIERIA DE LA RED ALTA PRINCIPAL DE VALENCIA, DESDE EL TANQUE "COLORADOS I" HASTA LA ESTACION DE REBOMBEO "BARBULA I"			FECHA : Marzo 2020	
UBICACIÓN:		MUNICIPIO VALENCIA & MUNICIPIO NA GUANAGUA, EDO. CARABOBO				
Nº	COD./ HIDROC	DESCRIPCIÓN	UND.	CANT.	PRECIO UNITARIO \$	PRECIO TOTAL \$
32	s.c.	Brida De Acero Al Carbono De 4 Pulgadas 8 Huecos 150 Psi en Mercadolibre.com	Pza.	2,00	38,00	76,00
33	s.c.	Válvula Conpuerta de 4" en Mercadolibre.com, Llave Valvula Conpuerta De 4 Pulgadas Fundición Pacifico. Fp	Pza.	2,00	340,00	680,00
34	s.c.	Válvula Conpuerta de 8" en Mercadolibre.com	Pza.	1,00	150,00	150,00
35	s.c.	Válvula Conpuerta de 10" en Mercadolibre.com	Pza.	2,00	290,00	580,00
36	s.c.	Válvula Conpuerta de 12" en Mercadolibre.com	Pza.	3,00	350,00	1.050,00
37	s.c.	Válvula Conpuerta de 16" en Mercadolibre.com	Pza.	2,00	700,00	1.400,00
38	s.c.	Válvula Conpuerta de 24" en Alibaba.com	Pza.	1,00	1.000,00	1.000,00
					TOTAL =	356.991,90

CONCLUSIONES

En base a los lineamientos planteados en el trabajo de investigación y el análisis de los resultados obtenidos se presentan las siguientes conclusiones:

En la actualidad las redes principales de distribución de agua potable del norte de Valencia en el estado Carabobo, no poseen una sectorización apropiada que permita en los puntos más alejados tener presiones que cumplan con las normativas dadas por la INOS, la cual estipula un valor mínimo de 20 m.c.a. En especial la estación de bombeo Bárbula I, donde se tiene una presión aproximada de 7,64 m.c.a, y en este punto es donde se debe garantizar mayor presión, debido a que la estación de bombeo Bárbula I se encuentra en serie con la estación de bombeo Bárbula II y esta última surte de agua al Hospital Carabobo, Brisas de Carabobo, Vivienda Rural de Bárbula y Colinas de Girardot.

Es por ello, que como resultado de la investigación realizada, se presentó una propuesta de incorporación de un conjunto de válvulas al sistema existente, permitiendo realizar controles de apertura y cierre de suministro de agua. Para llevar a cabo la operación del sistema con la redefinición incorporada, se realizaron dos propuestas, las cuales se analizaron de forma independiente mediante el uso de herramientas digitales como: software EPANET 2.0 y software WaterCAD V8i.

Al analizar las alternativas de operación, se concluyó que la propuesta número dos es la más apropiada, ya que, aporta mayor presión en la estación de bombeo Bárbula I. Adicionalmente, se garantiza los cinco días de abastecimiento de agua que existen en la actualidad.

Esta propuesta también aporta tres días de descanso al equipo de Bombeo 2 y dos días de descanso al equipo de Bombeo 1, optimizando el trabajo de dichos equipos.

En cuanto al fenómeno de golpe de ariete analizado, para esta propuesta, es notorio que hay sobrepresión en los tramos J-28-1 hasta J-28; en J-27 hasta R-474 y desde J-27 hasta J-31, es por ello que se sugiere colocar válvulas de alivio cercanas a estos puntos, ya que, si el operador cierra más rápido de lo debido o en caso de que exista una interrupción del servicio eléctrico, estas presiones puedan tener un alivio.

Referente a la Av. Universidad de Naguanagua y los sectores aledaños, las simulaciones realizadas de las redes principales en estado actual con apoyo de las herramientas digitales, se observa que estas zonas son las más afectadas, pues tienen presiones negativas. Con este plan de abastecimiento, se asegura el suministro de agua un día a la semana específicamente el día número tres, ya que, este día supera la presión mínima normativa. Este día sería suministrado por HIDROCENTRO C.A ya que actualmente estas zonas son dotadas por pozos profundos.

La entrevista fue de gran ayuda, porque se resolvieron interrogantes, para una mejor comprensión con respecto a los planos digitales de la red alta de la ciudad de Valencia para realizar los estudios necesarios en búsqueda de la mejor solución, los cuales fueron suministrados en ese momento.

El presupuesto presentado corresponde a la propuesta número dos y se considera la propuesta más óptima en base a unos parámetros que ofrecen una solución parcial mas no definitiva del problema planteado, dado que la misma sectoriza lugares de la parroquia San José y del Municipio Naguanagua, permitiendo así mayor número de días de bombeo hacia Bárbula I.

RECOMENDACIONES

Como resultado del trabajo de investigación realizado se plantean las siguientes recomendaciones:

- Elaborar un estudio topográfico para obtener las cotas de las redes principales de agua potable del norte de Valencia, estado Carabobo.

- Simular las redes principales y las propuestas de agua potable del norte de Valencia, con otro software tales como: IP3-Acueductos e HIDRA software, a fin de comparar los resultados obtenidos.

- Llevar una data constante y monitorear el sistema para retroalimentar las manioras en función del comportamiento de la red.

- Retomar el uso del tanque del Trigal y de la Viña, para compensar las presiones de la red y regular el suministro.

- Colocar válvulas de purga en tramos de tuberías donde la velocidad sea menor a 0,6 m/s, de esta manera se asegura el mantenimiento y limpieza de obstrucciones producidas por los sedimentos. Tal como es caso de los siguientes nodos: J-231, J-341, J-77, J-495-1, J-340, J-495-1, J-340, J-495, J-523, J-369, J-62, J-244 y J-539.

- Colocar válvulas de alivio en tramos de tuberías donde las presiones sean muy elevadas.

- Realizar un estudio de impacto ambiental, debido a que la propuesta de redefinición de las redes principales de distribución de agua potable del norte de Valencia, generará una serie de impactos que deben ser evaluados, entre ellos: impacto componente aire, impacto componente suelos, impacto componente alteración de la comunidad, impacto de la calidad de vida.

- HIDROCENTRO C.A debe realizar material audiovisual, del uso práctico del Medidor de Caudal Ultrasónico Modelo PT878, ya que el personal capacitado actualmente está en proceso de jubilación.

- HIDROCENTRO C.A para llevar el control dotaciones en las zonas comerciales de la Parroquia San José y el Municipio Naguanagua debe llevar un registro actualizado de las mismas.

- Concluir el proyecto elaborado por HIDROCENTRO C.A el cual consiste en incorporar un tanque en el Tazajal, Municipio Naguanagua para el suministro continuo del servicio de agua potable a las zonas afectadas tales como: Av Universidad y La Campiña.

APÉNDICES

Apéndice A. Área en los nodos de las redes principales.

Nodo	Área (ha)
J-38	8,3613
J-244	114,0774
BARBULA	3,6055
J-340	2,7456
J-28	13,1698
J-123	5,9846
J-124	20,8225
J-226	11,6452
J-226-1	34,7952
J-226-2	19,0742
J-226-3	164,8379
J-369	42,2062
J-495-1	18,5522
J-231	7,6070
P-318	92,0847
P-318-1	27,4798
J-223	164,9849
J-31	96,0677
J-619	46,7200
J-111	54,1749

Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

Apéndice A. Área en los nodos de las redes principales.

Nodo	Área (ha)
P-152	9,8890
P-152-1	3,2619
P-153	3,3856
J-68	2,7013
J-621	6,4408
J-621-1	23,8140
J-113	36,8193
J-27	72,3748
J-56	18,0407
J-37	10,9406
J-27-1	1,0952
R-474	6,5366
RA-NORTE	2,0036
RA-PARRAL	2,0411
J-28-2	224,8373
J-28-3	8,7028
J-28-4	23,0835
J-28-5	91,7231
J-28-6	51,8824
J-28-7	138,4763
J-28-8	132,9226
J-341	5,3778

Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

Apéndice B. Demanda de caudal en los nodos

Nodo	Q(l/s)
J-38	9,5618
J-244	130,4560
BARBULA	4,1231
J-340	3,1399
J-28	15,0606
J-123	6,8438
J-124	23,8120
J-226	13,3171
J-226-1	39,7909
J-226-2	21,8128
J-226-3	188,5045
J-369	48,2660
J-495-1	21,2159
J-231	8,6991
P-318	105,3057
P-318-1	31,4252
J-223	188,6725
J-31	109,8606
J-619	53,4278
J-111	61,9531

Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

Apéndice B. Demanda de caudal en los nodos.

Nodo	Q(l/s)
P-152	11,3089
P-152-1	3,7302
P-153	3,8717
J-68	3,0892
J-621	7,3656
J-621-1	27,2331
J-113	42,1057
J-27	82,7660
J-56	20,6309
J-37	12,5114
J-27-1	1,2525
R-474	7,4752
RA- NORTE	2,2913
RA- PARRAL	2,3342
J-28-2	257,1183
J-28-3	9,9524
J-28-4	26,3978
J-28-5	104,8923
J-28-6	59,3314
J-28-7	158,3580
J-28-8	152,0069
J-341	6,1500

Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

Apéndice C. Resultados de las presiones en las redes principales de distribución de agua potable del norte de Valencia, en estado actual con software EPANET.

ID Nodo	Cota (m)	Demanda (lps)	Presión(mca)
Conexión J-370	500,04	9,61	99,47
Conexión J-5	516,78	5,14	74,15
Conexión J-14	522,35	29,77	65,64
Conexión J-17	525	51,24	60,10
Conexión J-56	515,96	20,63	65,44
Conexión J-57	506,58	8,17	74,05
Conexión J-68	507,80	3,09	72,51
Conexión J-61	520,34	6,74	55,45
Conexión J-60	509,40	6,98	57,73
Conexión J-62	508,58	3,78	56,44
Conexión J-38	501,40	9,56	54,07
Conexión J-37	501,02	12,51	53,30
Conexión J-28	465,2	15,06	89,42
Conexión J-142	476,79	6,06	68,32
Conexión J-123	477,66	6,84	66,54
Conexión J-124	483,62	23,81	59,07
Conexión J-125	496,3	2,76	43,63
Conexión J-162	520	1,97	17,79
Conexión J-226	514,02	13,32	23,39
Conexión J-226-1	496,33	39,79	38,98

Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

Apéndice C. Resultados de las presiones en las redes principales de distribución de agua potable del norte de Valencia, en estado actual con el software EPANET.

ID Nodo	Cota (m)	Demanda (lps)	Presión(mca)
Conexión J-226-2	500	21,81	32,75
Conexión J-226-3	500	188,50	32,10
Conexión J-369	495	48,27	34,73
Conexión J-495	495,84	22,90	33,88
Conexión J-495-1	492,65	21,22	37,06
Conexión J-231	489,34	8,67	40,36
Conexión P-316	497,48	19,92	23,46
Conexión P-318	504,37	105,31	10,55
Conexión J-28-1	466	457,66	89,32
Conexión J-28-2	475	0,00	67,53
Conexión J-28-3	475	0,00	66,77
Conexión J-28-4	477,15	0,00	62,83
Conexión J-28-5	477,24	0,00	60,38
Conexión J-28-6	484,02	0,00	47,70
Conexión J-28-7	466	0,00	65,39
Conexión J-28-8	493,65	0,00	27,40
Conexión P-318-1	500	31,43	13,18
Conexión BÁRBULA	505	200,00	7,88
Conexión J-27-1	493,5	1,25	89,76
Conexión RA-NORTE	519,30	2,29	65,75
Conexión J-223	492,5	188,67	37,51
Conexión J-244	480	130,45	28,51
Conexión 1	497,48	19,92	32,20

Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

Apéndice D. Resultados de las presiones en las redes principales de distribución de agua potable del norte de Valencia, en estado actual usando el software WaterCAD.

ID Nodo	Cota (m)	Demanda (l/s)	Presión (m.c.a)
J-62	508,58	3,78	61,5
J-68	507,8	3,09	74,3
J-77	497,48	19,92	38,7
J-111	499,04	61,95	43,5
J-113	495,95	42,11	2,8
J-123	477,66	6,84	7,1
J-124	483,62	23,81	63,7
J-125	496,3	2,76	48,5
J-142	476,79	6,06	72,8
J-162	520	1,97	22,7
J-223	492,5	188,67	4,4
J-226	514,02	13,32	28,5
J-226-1	496,33	39,79	45,3
J-226-2	500	21,81	39,2
J-226-3	500	188,5	38,6
J-231	489,35	8,7	46,9
J-242	505	260	7,4
J-244	480	130,46	40,1
J-339	503,86	4,59	-11
J-340	504,6	3,14	-11,8

Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

Apéndice D. Resultados de las presiones en las redes principales de distribución de agua potable del norte de Valencia, en estado actual usando el software WaterCAD.

ID Nodo	Cota (m)	Demanda (l/s)	Presión (m.c.a)
J-341	507,35	6,15	-14,5
J-369	495	48,27	41,3
J-370	500,04	9,61	100
J-495	495,85	22,9	40,4
J-495-1	492,65	21,22	43,6
J-523	497	34,38	-3,9
J-538	492,6	133,57	2
J-539	494	25,98	2
J-541	490	148,8	30,4
J-619	488,8	53,43	6,5
J-621	494,96	7,37	36,8
J-621-1	504	27,23	25,3
P-152-1	479,16	3,73	54,4
P-316	497,48	19,92	25,3
P-318	504,37	105,31	11,2
R-474	494,84	7,48	107,6

Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

Apéndice E. Resultados de las presiones de la Propuesta 1 Parte A, en el software EPANET.

ID Nodo	Cota (m)	Demanda (l/s)	Presión (m.c.a)
Conexión J-123	477,66	0	126,20
Conexión J-124	483,62	0	120,15
Conexión J-125	496,3	0	107,28
Conexión J-162	520	1,97	83,43
Conexión J-226	514,02	13,32	89,39
Conexión J-226-1	496,33	0	106,95
Conexión J-226-2	500	0	103,11
Conexión J-226-3	500	0	103,07
Conexión J-369	495	48,27	107,43
Conexión J-495	495,84	22,90	106,58
Conexión J-495-1	492,65	21,22	109,76
Conexión J-231	489,34	8,67	113,06
Conexión P-316	497,48	19,92	72,68
Conexión P-318	504,37	105,31	59,77
Conexión J-28-1	466	457,66	138,54
Conexión J-28-2	475	0	116,75
Conexión J-28-3	475	0	115,99
Conexión J-28-4	477,15	0	112,05
Conexión J-28-5	477,24	0	109,60
Conexión J-28-6	484,02	0	96,92

Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

Apéndice E. Resultados de las presiones de la Propuesta 1 Parte A, en el software EPANET.

ID Nodo	Cota (m)	Demanda (l/s)	Presión (m.c.a)
Conexión J-28-7	466	0	114,61
Conexión J-28-8	493,65	0	76,62
Conexión P-318-1	500	31,43	62,40
Conexión BARBULA	505	200	57,10
Conexión J-27-1	493,5	0	123,81
Conexión RA-NORTE	519,30	2,29	98,65
Conexión J-223	492,5	0	110,21
Conexión J-244	480	0	110,00
Conexión 1	497,48	19	104,71

Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

Apéndice F. Resultados de las presiones de la Propuesta 1 Parte B, en el software EPANET.

ID Nodo	Cota (m)	Demanda (l/s)	Presión (m.c.a)
Conexión J-61	520,34	6,74	75,39
Conexión J-60	509,40	6,98	86,36
Conexión J-62	508,58	3,78	87,26
Conexión J-38	501,40	9,56	95,21
Conexión J-37	501,02	12,51	95,96
Conexión J-28	465,2	15,06	150,56
Conexión J-142	476,79	6,06	132,63
Conexión J-123	477,66	6,84	131,16
Conexión J-124	483,62	23,81	124,20
Conexión J-125	496,3	2,76	109,74
Conexión J-162	520	1,97	84,66
Conexión J-226	514,02	13,32	90,39
Conexión J-226-1	496,33	39,79	106,74
Conexión J-226-2	500	21,81	101,50
Conexión J-226-3	500	188,50	101,11
Conexión J-28-1	466	0	150,23
Conexión J-27-1	493,5	1,25	126,91
Conexión RA- NORTE	519,30	2,29	101,64
Conexión J-223	492,5	188,67	107,78
Conexión J-244	480	130,45	104,64

Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

Apéndice G. Resultados de las presiones de la Propuesta 1 Parte A, en el software WaterCAD.

ID Nodo	Cota (m)	Demanda (l/s)	Presión (m.c.a)
J-77	497,48	19,92	123,5
J-244	480,00	0	124,5
J-495	495,85	22,90	125,2
J-226-1	496,33	0	125,5
J-125	496,30	0	125,8
J-369	495,00	48,27	126,0
J-28-5	477,24	0	128,3
J-495-1	492,65	21,22	128,3
J-28-4	477,15	0	128,7
J-223	492,50	0	128,8
J-619	488,80	0	129,9
J-231	489,35	8,70	131,6
P-152-1	479,16	0	131,8
J-28-7	466,00	0	132,4
J-28-3	475,00	0	132,9
J-28-2	475,00	0	133,7
J-27	492,34	0	133,7
J-31	483,33	0	136,6
J-124	483,62	0	138,5
J-123	477,66	0	144,6
J-142	476,79	0	145,5
J-28-1	466,00	0	156,7
J-28	465,20	0	157,5

Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

Apéndice H. Resultados de las presiones de la Propuesta 1 Parte B, en el software WaterCAD.

ID Nodo	Cota (m)	Demanda (l/s)	Presión (m.c.a)
J-37	501,02	12,51	89,8
J-223	492,5	188,67	90,1
J-125	496,3	2,76	91,0
J-244	480	130,46	94,8
J-619	488,8	53,43	100,8
P-152-1	479,16	3,73	101,2
J-370	500,04	9,61	101,8
J-124	483,62	23,81	105,2
J-31	483,33	109,86	108,2
R-474	494,84	7,48	108,6
J-123	477,66	6,84	112,1
J-142	476,79	6,06	113,6
J-27	492,34	82,77	115,4
J-28-1	466	457,65	130,7
J-28	465,2	15,06	131,1

Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

Apéndice I. Resultados de las presiones de la Propuesta 2 Parte B, en el software EPANET.

ID Nodo	Cota (m)	Demanda (l/s)	Presión (m.c.a)
Conexión J-28-4	477,15	0	92,89
Conexión J-28-5	477,24	0	90,44
Conexión J-28-6	484,02	0	77,76
Conexión J-28-7	466	0	95,45
Conexión J-28-8	493,65	0	57,46
Conexión P-318-1	500	31,43	43,24
Conexión BARBULA	505	200	37,94
Conexión J-27-1	493,5	1,25	119,33
Conexión RA- NORTE	519,30	2,29	94,33
Conexión J-223	492,5	188,67	67,57
Conexión 1	497,48	19,92	62,26

Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

Apéndice J. Resultados de las presiones de la Propuesta 2 Parte C, en el software EPANET.

ID Nodo	Cota (m)	Demanda (l/s)	Presión (m.c.a)
Conexión J-123	477,66	0	145,51
Conexión J-124	483,62	0	139,48
Conexión J-125	496,3	0	126,64
Conexión J-162	520	0	102,83
Conexión J-226	514,02	0	108,78
Conexión J-226-1	496,33	0	126,35
Conexión J-226-2	500	0	122,51
Conexión J-226-3	500	0	122,46
Conexión J-369	495	48,27	126,81
Conexión J-495	495,84	22,90	125,96
Conexión J-495-1	492,65	21,22	129,15
Conexión J-231	489,35	8,67	132,44
Conexión P-316	497,48	19,92	91,87
Conexión P-318	504,37	105,31	78,96
Conexión J-28-1	466	0	157,72
Conexión J-28-2	475	0	135,94
Conexión J-28-3	475	0	135,17
Conexión J-28-4	477,15	0	131,24
Conexión J-28-5	477,24	0	128,79
Conexión J-28-6	484,02	0	116,10
Conexión J-28-7	466	0	133,79
Conexión J-28-8	493,65	0	95,81
Conexión P-318-1	500	31,43	81,58
Conexión BARBULA	505	200	76,29
Conexión J-27-1	493,5	0	133,85
Conexión RA-NORTE	519,30	2,29	108,33
Conexión J-223	492,5	0	129,60
Conexión J-244	480	130,45	122,14
Conexión 1	497,48	19,92	124,29

Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

Apéndice K. Resultados de las presiones de la Propuesta 2 Parte D, en el software EPANET.

ID Nodo	Cota (m)	Demanda (lps)	Presión(mca)
Conexión J-370	500,04	9,61	99,47
Conexión J-5	516,78	5,14	74,15
Conexión J-14	522,35	29,77	65,64
Conexión J-17	525	51,24	60,10
Conexión J-56	515,96	20,63	65,44
Conexión J-57	506,58	8,17	74,05
Conexión J-68	507,80	3,09	72,51
Conexión J-61	520,34	6,74	55,45
Conexión J-60	509,40	6,98	57,73
Conexión J-62	508,58	3,78	56,44
Conexión J-38	501,40	9,56	54,07
Conexión J-37	501,02	12,51	53,30
Conexión J-28	465,2	15,06	89,42
Conexión J-142	476,79	6,06	68,32
Conexión J-123	477,66	6,84	66,54
Conexión J-124	483,62	23,81	59,07
Conexión J-125	496,3	2,76	43,63
Conexión J-162	520	1,97	17,79
Conexión J-226	514,02	13,32	23,39
Conexión J-226-1	496,33	39,79	38,98

Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

Apéndice K. Resultados de las presiones de la Propuesta 2 Parte D, en el software EPANET.

ID Nodo	Cota (m)	Demanda (lps)	Presión(mca)
Conexión J-226-2	500	21,81	32,75
Conexión J-226-3	500	188,50	32,10
Conexión J-369	495	48,27	34,73
Conexión J-495	495,84	22,90	33,88
Conexión J-495-1	492,65	21,22	37,06
Conexión J-231	489,34	8,67	40,36
Conexión P-316	497,48	19,92	23,46
Conexión P-318	504,37	105,31	10,55
Conexión J-28-1	466	457,66	89,32
Conexión J-28-2	475	0,00	67,53
Conexión J-28-3	475	0,00	66,77
Conexión J-28-4	477,15	0,00	62,83
Conexión J-28-5	477,24	0,00	60,38
Conexión J-28-6	484,02	0,00	47,70
Conexión J-28-7	466	0,00	65,39
Conexión J-28-8	493,65	0,00	27,40
Conexión P-318-1	500	31,43	13,18
Conexión BÁRBULA	505	200,00	7,88
Conexión J-27-1	493,5	1,25	89,76
Conexión RA-NORTE	519,30	2,29	65,75
Conexión J-223	492,5	188,67	37,51
Conexión J-244	480	130,45	28,51
Conexión 1	497,48	19,92	32,20

Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

Apéndice L. Resultados de las presiones de la Propuesta 2 Parte C, en el software WaterCAD.

ID Nodo	Cota (m)	Demanda (l/s)	Presión (m.c.a)
J-226	514,02	0	109,9
J-226-1	496,33	0	127,5
J-226-2	500,00	0	123,7
J-226-3	500,00	0	123,6
J-231	489,35	8,70	133,6
J-242	505,00	260,00	73,0
J-244	480,00	0	140,2
J-339	503,86	4,59	88,9
J-340	504,60	3,14	88,1
J-341	507,35	6,15	85,4
J-369	495,00	48,27	128,0
J-495	495,85	22,90	127,1
J-495-1	492,65	21,22	130,3
J-523	497,00	34,38	96,0
J-538	492,60	133,57	101,9
J-539	494,00	25,98	100,1
J-541	490,00	0	130,3
J-619	488,80	0	136,7
J-621	494,96	0	127,4
J-621-1	504,00	0	118,0
P-152-1	479,16	0	143,5
P-316	497,48	19,92	90,9
P-318	504,37	105,31	76,8

Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

Apéndice M. Resultados de las presiones de la Propuesta 2 Parte D, en el software WaterCAD.

ID Nodo	Cota (m)	Demanda (l/s)	Presión (m.c.a)
J-62	508,58	3,78	61,5
J-68	507,8	3,09	74,3
J-77	497,48	19,92	38,7
J-111	499,04	61,95	43,5
J-113	495,95	42,11	2,8
J-123	477,66	6,84	7,1
J-124	483,62	23,81	63,7
J-125	496,3	2,76	48,5
J-142	476,79	6,06	72,8
J-162	520	1,97	22,7
J-223	492,5	188,67	4,4
J-226	514,02	13,32	28,5
J-226-1	496,33	39,79	45,3
J-226-2	500	21,81	39,2
J-226-3	500	188,5	38,6
J-231	489,35	8,7	46,9
J-242	505	260	7,4
J-244	480	130,46	40,1
J-339	503,86	4,59	-11
J-340	504,6	3,14	-11,8

Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

Apéndice M. Resultados de las presiones de la Propuesta 2 Parte D, en el software WaterCAD.

ID Nodo	Cota (m)	Demanda (l/s)	Presión (m.c.a)
J-341	507,35	6,15	-14,5
J-369	495	48,27	41,3
J-370	500,04	9,61	10,0
J-495	495,85	22,9	40,4
J-495-1	492,65	21,22	43,6
J-523	497	34,38	-3,9
J-538	492,6	133,57	2
J-539	494	25,98	2
J-541	490	148,8	30,4
J-619	488,8	53,43	6,5
J-621	494,96	7,37	36,8
J-621-1	504	27,23	25,3
P-152-1	479,16	3,73	54,4
P-316	497,48	19,92	25,3
P-318	504,37	105,31	11,2
R-474	494,84	7,48	107,6

Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

Apéndice N. Resultados del golpe de ariete, para el día 2. Tramo J-27 hasta R-474

DATOS DE CONDUCCIÓN	
Tipo de Válvula	Compuerta de 8"
D_{ext} (mm)	200
Espesor (mm)	1,2
Material	HF
E (kgf/m ²)	6.000.000.000,00
Longitud (m)	129,12
K	1,666666667
DATOS DE LA INSTALACIÓN	
Presión (mca)	74,43
Q (l/s)	180,21
v (m/s)	5,74
i (%)	57,64405204
FRECUENCIA DE PROPAGACIÓN DE LA ONDA	
a (m/s)	549,7
T (s)	0,5
TIEMPO DE PARADA DEL AGUA	
K	1
C	0
T (s)	1,0
Tipo de cierre	LENTO
LONGITUD CRÍTICA	
Lc (m)	279,0
Instalación	CORTA
SOBREPRESIÓN DEL GOLPE DE ARIETE	
Fórmula	MICHAUD
Δp (mca)	148,9

Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

Apéndice N. Resultados del golpe de ariete, para el día 2. Tramo J-27 hasta J-31.

DATOS DE CONDUCCIÓN	
Tipo de Válvula	Compuerta de 10"
D _{ext} (mm)	200
Espesor (mm)	1,2
Material	HF
E (kgf/m ²)	6.000.000.000,00
Longitud (m)	129,12
K	1,666666667
DATOS DE LA INSTALACIÓN	
Presión (mca)	74,43
Q (l/s)	180,21
v (m/s)	5,74
i (%)	57,64405204
FRECUENCIA DE PROPAGACIÓN DE LA ONDA	
a (m/s)	549,7
T (s)	0,5
TIEMPO DE PARADA DEL AGUA	
K	1
C	0
T (s)	1,0
Tipo de cierre	LENTO
LONGITUD CRÍTICA	
L _c (m)	279,0
Instalación	CORTA
SOBREPRESIÓN DEL GOLPE DE ARIETE	
Fórmula	MICHAUD
Δp(mca)	148,9

Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

Apéndice Ñ. Resultados del golpe de ariete, para el día 5. Tramo J-28-1 hasta J-28

DATOS DE CONDUCCIÓN	
Tipo de Válvula	Mariposa de 16"
D_{ext} (mm)	600
Espesor (mm)	3,6
Material	ACERO
E (kgf/m ²)	21.000.000.000,00
Longitud (m)	136,5
K	0,476190476
DATOS DE LA INSTALACIÓN	
Presión (mca)	53,69
Q (l/s)	629,58
v (m/s)	2,23
i (%)	39,33333333
FRECUENCIA DE PROPAGACIÓN DE LA ONDA	
a (m/s)	877,8
T (s)	0,3
TIEMPO DE PARADA DEL AGUA	
K	2
C	0,4
T (s)	1,6
Tipo de cierre	LENTO
LONGITUD CRÍTICA	
Lc (m)	682,9
Instalación	CORTA
SOBREPRESIÓN DEL GOLPE DE ARIETE	
Fórmula	MICHAUD
Δp (mca)	39,9

Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

Apéndice Ñ. Resultados del golpe de ariete, para el día 5. Tramo J-28-1 hasta J-28-2.

DATOS DE CONDUCCIÓN	
Tipo de Válvula	Mariposa 16"
D _{ext} (mm)	500
Espesor (mm)	3
Material	ACERO
E (kgf/m ²)	21.000.000.000,00
Longitud (m)	2963,1
K	0,476190476
DATOS DE LA INSTALACIÓN	
Presión (mca)	37,51
Q (l/s)	370,95
v (m/s)	1,89
i (%)	1,265903952
FRECUENCIA DE PROPAGACIÓN DE LA ONDA	
a (m/s)	877,8
T (s)	6,8
TIEMPO DE PARADA DEL AGUA	
K	1
C	1
T (s)	16,2
Tipo de cierre	LENTO
LONGITUD CRÍTICA	
L _c (m)	7118,9
Instalación	CORTA
SOBREPRESIÓN DEL GOLPE DE ARIETE	
Fórmula	MICHAUD
Δp (mca)	70,4

Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

Apéndice Ñ. Resultados del golpe de ariete, para el día 5. Tramo J-31 hasta J-619

DATOS DE CONDUCCIÓN	
Tipo de Válvula	Compuerta de 10"
D _{ext} (mm)	600
Espesor (mm)	3,6
Material	HF
E (kgf/m ²)	6.000.000.000,00
Longitud (m)	330,44
K	1,666666667
DATOS DE LA INSTALACIÓN	
Presión (mca)	62,49
Q (l/s)	716,7
v (m/s)	2,54
i (%)	18,91114877
FRECUENCIA DE PROPAGACIÓN DE LA ONDA	
a (m/s)	549,7
T (s)	1,2
TIEMPO DE PARADA DEL AGUA	
K	2
C	1
T (s)	3,7
Tipo de cierre	LENTO
LONGITUD CRÍTICA	
L _c (m)	1027,4
Instalación	CORTA
SOBREPRESIÓN DEL GOLPE DE ARIETE	
Fórmula	MICHAUD
Δp(mca)	45,8

Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

Apéndice O. Resultados del golpe de ariete, para el día 6. Tramo J-27 hasta R-474

DATOS DE CONDUCCIÓN	
Tipo de Válvula	Compuerta de 8"
D_{ext} (mm)	200
Espesor (mm)	1,2
Material	HF
E (kgf/m ²)	6.000.000.000,00
Longitud (m)	129,12
K	1,666666667
DATOS DE LA INSTALACIÓN	
Presión (mca)	84,37
Q (l/s)	180,76
v (m/s)	5,75
i (%)	65,34231722
FRECUENCIA DE PROPAGACIÓN DE LA ONDA	
a (m/s)	549,7
T (s)	0,5
TIEMPO DE PARADA DEL AGUA	
K	2
C	0
T (s)	1,8
Tipo de cierre	LENTO
LONGITUD CRÍTICA	
Lc (m)	493,1
Instalación	CORTA
SOBREPRESIÓN DEL GOLPE DE ARIETE	
Fórmula	MICHAUD
Δp (mca)	84,4

Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

Apéndice P. Resultados del golpe de ariete, para el día 7. Tramo J-27 hasta J-31.

DATOS DE CONDUCCIÓN	
Tipo de Válvula	Compuerta de 10"
D _{ext} (mm)	200
Espesor (mm)	1,2
Material	HF
E (kgf/m ²)	6.000.000.000,00
Longitud (m)	129,12
K	1,666666667
DATOS DE LA INSTALACIÓN	
Presión (mca)	31,51
Q (l/s)	797,46
v (m/s)	2,82
i (%)	24,40365551
FRECUENCIA DE PROPAGACIÓN DE LA ONDA	
a (m/s)	549,7
T (s)	0,5
TIEMPO DE PARADA DEL AGUA	
K	2
C	0,8
T (s)	3,2
Tipo de cierre	LENTO
LONGITUD CRÍTICA	
L _c (m)	867,3
Instalación	CORTA
SOBREPRESIÓN DEL GOLPE DE ARIETE	
Fórmula	MICHAUD
Δp(mca)	23,5

Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

Apéndice P. Resultados del golpe de ariete, para el día 7. Tubería secundaria en J-162.

DATOS DE CONDUCCIÓN	
Tipo de Válvula	Compuerta de 4"
D_{ext} (mm)	100
Espesor (mm)	0,6
Material	HF
E (kgf/m ²)	6.000.000.000,00
Longitud (m)	49,88
K	1,666666667
DATOS DE LA INSTALACIÓN	
Presión (mca)	10,12
Q (l/s)	297,53
v (m/s)	1,01
i (%)	20,28869286
FRECUENCIA DE PROPAGACIÓN DE LA ONDA	
a (m/s)	549,7
T (s)	0,2
TIEMPO DE PARADA DEL AGUA	
K	2
C	0,8
T (s)	1,8
Tipo de cierre	LENTO
LONGITUD CRÍTICA	
Lc (m)	498,8
Instalación	CORTA
SOBREPRESIÓN DEL GOLPE DE ARIETE	
Fórmula	MICHAUD
Δp (mca)	5,7

Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

Apéndice P. Resultados del golpe de ariete, para el día 7. Tubería secundaria en J-125.

DATOS DE CONDUCCIÓN	
Tipo de Válvula	Compuerta de 4"
D_{ext} (mm)	100
Espesor (mm)	0,6
Material	HF
E (kgf/m ²)	6.000.000.000,00
Longitud (m)	43,7
K	1,666666667
DATOS DE LA INSTALACIÓN	
Presión (mca)	46,07
Q (l/s)	288,91
v (m/s)	1,02
i (%)	105,423341
FRECUENCIA DE PROPAGACIÓN DE LA ONDA	
a (m/s)	549,7
T (s)	0,2
TIEMPO DE PARADA DEL AGUA	
K	2
C	0
T (s)	0,2
Tipo de cierre	LENTO
LONGITUD CRÍTICA	
Lc (m)	54,2
Instalación	CORTA
SOBREPRESIÓN DEL GOLPE DE ARIETE	
Fórmula	MICHAUD
Δp (mca)	46,1

Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

Apéndice P. Resultados del golpe de ariete, para el día 7. Tubería secundaria en J-142.

DATOS DE CONDUCCIÓN	
Tipo de Válvula	Mariposa de 12"
D_{ext} (mm)	100
Espesor (mm)	0,6
Material	HF
E (kgf/m ²)	6.000.000.000,00
Longitud (m)	137,38
K	1,666666667
DATOS DE LA INSTALACIÓN	
Presión (mca)	35,28
Q (l/s)	307,27
v (m/s)	1,09
i (%)	25,68059397
FRECUENCIA DE PROPAGACIÓN DE LA ONDA	
a (m/s)	549,7
T (s)	0,5
TIEMPO DE PARADA DEL AGUA	
K	2
C	0,8
T (s)	1,7
Tipo de cierre	LENTO
LONGITUD CRÍTICA	
Lc (m)	457,7
Instalación	CORTA
SOBREPRESIÓN DEL GOLPE DE ARIETE	
Fórmula	MICHAUD
Δp (mca)	18,3

Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

ANEXOS

Anexo A. Ubicación de la válvula en R-474.



Fuente: Google Maps, 2020

Anexo B. Ubicación de las válvulas en las cercanías J-31.



Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

Anexo C. Ubicación de la válvula en J-541.



Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

Anexo D. Ubicación de la válvula en J-142.



Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

Anexo E. Ubicación de la válvula en J-125.



Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

Anexo F. Ubicación de la válvula en J-162.



Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

Anexo G. Ubicación de la válvula en J-28-1.



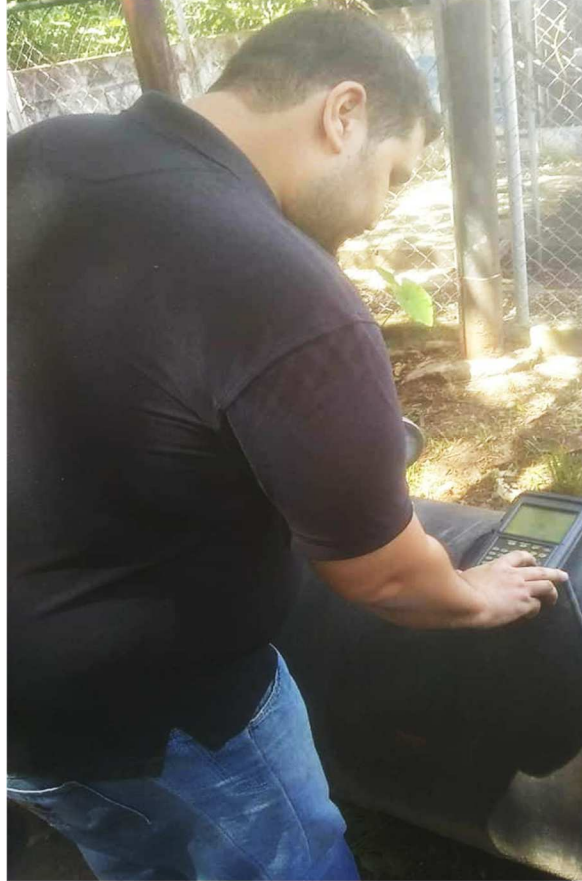
Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020

Anexo H. Ubicación de la válvula en J-223.






Fuente: Barrios M. y Escalona R., 2020




**Anexo I. Registro fotográfico de medición del caudal en la estación de Rebombeo
Bárbula I**



Anexo J. Mediciones en el alimentador del norte.

 HIDROCENTRO C. A. HIDROLOGICA DEL CENTRO UNIDAD DE REDUCCIÓN AGUA NO CONTABILIZADA		Nº 0061
REPORTE DE MEDICIONES PUNTO DE CONTROL HIDRAULICO		FECHA: 25/07/2019 HORA: 10:30 AM
CODIGO:	ACUEDUCTO: VALENCIA NOROCCIDENTAL	LUGAR: ALIMENTADOR DEL NOROCCIDENTAL
DESCRIPCIÓN: AV. PABLO CABRILES. RESIDENCIA CENTRO NOROCCIDENTAL A 100 mbs DISTANCIA DEL PUNTO DE CONTROL		
DATOS DE LA TUBERIA		
MATERIAL: ACE	ANGULO THETA: —	
REVESTIMIENTO INTERNO: SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>	PERIMETRO (mm): 2040	
SEPARACIÓN (cm): 62	DIAMETRO EXTERNO (mm): 649,35	
ESPESOR (mm): 8	Nº TRANSVERSAL: 2	
EXCAVACIÓN: SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>	TAQUILLA: SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>	ELEVACIÓN (msnm)
DESCRIPCIÓN PTO DE PRESIÓN: NO	COORDENADAS	
OBSERVACIONES: Con 2 EQUIPOS EN SERVICIO EN LA ESTACION DE REBOMBEO REDALTA NIVEL DEL TANQUE 6,5 MTS. EQUIPOS EN SERVICIO Nº 1 y 3	E	N
RESUMEN DE LA MEDICION		
CAUDAL MIN: (l/s)	CAUDAL MAX: (l/s)	CAUDAL PROM: 400 l/s
VELOCIDAD MIN: (m/s)	VELOCIDAD MAX: (m/s)	VELOCIDAD PROM: 1,06 m/s
PRESIÓN MIN: (m.c.a.)	PRESIÓN MAX: (m.c.a.)	PRESIÓN PROM: —
TECNICO: Oscar Carrasco NOMBRE: Miguel Jimenez FIRMA: 	RECIBIDO: 	

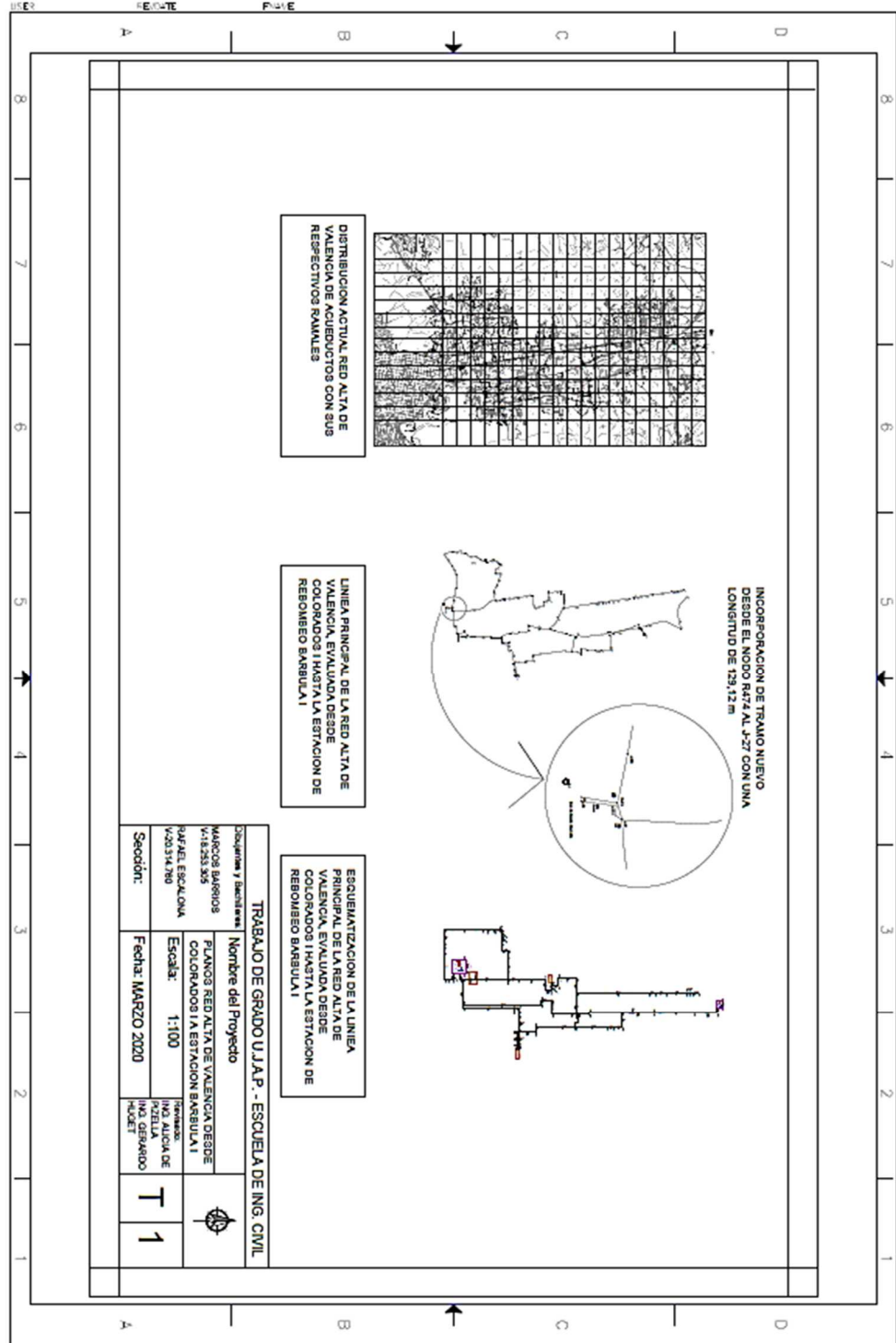
Anexo K. Mediciones en la estación de Rebombío Bárbula I

		HIDROCENTRO C. A. HIDROLOGICA DEL CENTRO UNIDAD DE REDUCCIÓN AGUA NO CONTABILIZADA		Nº 0062
REPORTE DE MEDICIONES PUNTO DE CONTROL HIDRAULICO			FECHA: 25/07/2019 HORA: 11:15 AM.	
CODIGO:		ACUEDUCTO: VALENCIA NOROCC		LUGAR: BARBULA.
DESCRIPCIÓN: AUTOPISTA VALENCIA - PTO CADELLO ENTRADA HACIA LOS DOMBERO				
DATOS DE LA TUBERIA				
MATERIAL: AOE		ANGULO THETA: —		
REVESTIMIENTO INTERNO: SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>		PERIMETRO (mm): 2040.		
SEPARACIÓN (cm): 62		DIAMETRO EXTERNO (mm): 649,35.		
ESPESOR (mm): 8.		Nº TRANSVERSAL: 2		
EXCAVACIÓN: SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>		TAQUILLA: SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>		ELEVACIÓN (msnm)
DESCRIPCIÓN PTO DE PRESIÓN: 1/2" 3 Mca.			COORDENADAS	
OBSERVACIONES:			E _____ N _____	
RESUMEN DE LA MEDICION				
CAUDAL MIN: (l/s) 150 l/s		CAUDAL MAX: (l/s) 200 l/s		CAUDAL PROM: (l/s) 175 l/s.
VELOCIDAD MIN: (m/s)		VELOCIDAD MAX: (m/s)		VELOCIDAD PROM: (m/s)
PRESIÓN MIN: (m.c.a.)		PRESIÓN MAX: (m.c.a.)		PRESIÓN PROM: (m.c.a.)
TECNICO: OSCAR CANASCA MICHAEL SIMENY				
NOMBRE:			RECIBIDO	
				

Anexo L. Registro fotográfico en la estación de Rebombío Bárbula I



Anexo M. Planos digitales de la red alta de la ciudad de Valencia Edo. Carabobo



Anexo N. Carta de solicitud de planos digitales de Hidrocentro de la red alta de Valencia, Estado Carabobo.



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

Carta de Solicitud de planos digitales de Hidrocentro de la red alta de Valencia, Estado Carabobo.

Ing. Huguet Gerardo, por medio de la presente nos dirigimos a usted con el fin solicitarle el acceso a los planos digitales de Hidrocentro de la red alta de la ciudad de Valencia, los cuales son necesarios para recabar información de la tesis titulada **Redefinición de redes principales de distribución de agua potable al norte de la ciudad de Valencia, estado Carabobo mediante la aplicación de herramientas digitales**, realizada por los alumnos Barrios Marcos CI: 18.253.305 y Escalona Rafael CI: 20.314.760 en la Universidad José Antonio Páez.

Recibido por:

Ing. Huguet Gerardo

Valencia, Agosto 2019

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Arias, F. (2006). **El Proyecto de Investigación Introducción a la Metodología Científica**. Caracas, Venezuela: EPISTEME c.a.
- Arocha, S. (1979). **Abastecimientos de Agua**. Caracas, Venezuela: Editorial Innovación Tecnológica.
- Bravo, L (2017), “**Modelación hidráulica de la red de distribución de agua potable de la parroquia el retiro, Canton, Machala, provincia de oro**”. Tesis de Grado, Universidad Técnica de Machala, Ecuador.
- Cabrera R., Mejías M. (2016), “**Propuesta de la Ingeniería de detalle para la Adecuación de la Red de Distribución de agua potable de la Urbanización el Morro ii, Municipio San diego, Estado Carabobo**”. Tesis de grado, Universidad de Carabobo, Venezuela.
- Gaceta 4103, (1989). **Resolución N° G-1094 del Ministerio de Sanidad y Asistencia Social y del Desarrollo Urbano**, Ministerio del Desarrollo Urbano.
- Gaceta Municipal, (2004). **Proyecto de ordenanza del plan de desarrollo urbano local y de zonificación del municipio Naguanagua**. Carabobo, Venezuela
- Gaceta Municipal, (2013). **Reforma de la ordenanza del plan de desarrollo urbano local de la Parroquia San José**. Carabobo, Venezuela
- Garay (2017), trabajo de grado para optar al título de ingeniero civil, “**Mejoramiento del Sistema de Distribución de aguas del Sector el Cementerio, Parroquia Independencia, Municipio Libertador, Campo de Carabobo, edo. Carabobo, Venezuela**”. Tesis de grado, Universidad José Antonio Páez, Venezuela.
- Hernández, R., Fernández, C., Baptista, P. (1997). **Metodología de la Investigación**. México. Editorial Mc GRAW-HILL.
- Hernández, R., Fernández, C., Baptista, P. (2010). **Metodología de la Investigación**. México. Editorial Mc GRAW-HILL.
- Listado de Precios (2018). Gerencia de contrataciones. Departamento de Ingeniería de Costos.

Mena, (2016), **“Diseño de la Red de Distribución de agua potable de la Parroquia el Rosario del Canton san pedro de Pelileo, provincia de Tungurahua”**. Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.

Méndez, M., Acosta A. (2005). **“PROYECTO PARA INCREMENTAR EL SUMINISTRO DE AGUA POTABLE A LA ZONA NORTE DE VALENCIA: SECTORES DE MAÑONGO, NAGUANAGUA Y BARBULA, MUNICIPIO NAGUANAGUA, ESTADO CARABOBO”**. Gerencia de Proyectos e Inspección de HIDROCENTRO. Carabobo, Venezuela.

Millán, D., Sabogal J, (2016), trabajo de grado para optar al título de ingeniero civil **“Optimización Hidráulica del Sistema de Acueducto de la Pontificia Universidad Javeriana, Santiago de Cali, Colombia”**. Tesis de grado, Universidad Javeriana, Colombia.

Moreno, I (2006), **“Diseño de la Red de Distribución de agua potable de las comunidades del Tigrito, Mataruca y el Pardillal. Municipio Guaicaipuro, estado Miranda”**. Tesis de grado, Universidad Simón Bolívar, Caracas.

- **Fuentes Electrónicas**

Bausson, N. (2018). **Servicio de Agua Potable y Saneamiento**, [Libro en línea] Consultado 2/11/19. En: <https://transparencia.org.ve/wpcontent/uploads/2018/11/EPE-II-Sector Agua.pdf>

El derecho humano al agua y al saneamiento (2015). Lugar de publicación: Naciones Unidas. Fecha de consulta: 6/6/2019. Recuperado de: http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/pdf/human_right_to_water_and_sanitation_media_brief_spa.pdf