

Área de Conocimiento de Ingeniería y Afines

“EVALUACIÓN Y REDISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE MABE DE LA COMUNIDAD LA ESCOBA, DIRIOMO - GRANADA”

Trabajo Monográfico para optar al título de
Ingeniero Civil

Elaborado por:

Br. Germania Lizday
Altamirano Herrero
Carnet: 2017 – 04721

Br. María Guadalupe
Padilla Padilla
Carnet: 2017-04521

Tutor:

M.Sc. Ing. Ricardo
Javier Fajardo González

22 de mayo de 2024
Managua, Nicaragua

Dedicatoria

Dedico esta monografía primeramente a Dios, por darme la fuerza, el coraje y la sabiduría que me permitió culminarla.

A mis padres, German Altamirano y Lizvania Herrero, por ser parte esencial en mi vida, por el cariño, afecto, dedicación y cuidado que me brindaron durante toda mi existencia, a mis abuelos Daysi Ramírez y Edgard Herrero, por ser también parte fundamental en mi educación y desarrollo, a todos ellos por brindarme su apoyo incondicional y amor que me dieron la fortaleza para culminar cada parte del proceso de este proyecto.

Br. Germania Lizday Altamirano Herrero

Dedicatoria

A Dios todopoderoso porque es la presencia infinita que me da las fuerzas, la vida y sabiduría para seguir adelante cada día y lograr así esta meta importante para mi vida.

A mi madre, Patricia Padilla, por ser mi guía, mi refugio y mi inspiración, cuya dedicación y amor han sido la base de mi vida personal y profesional. Este logro le pertenece tanto como a mí.

A mi hija, Eliette, quien es mi fuente de motivación para superarme cada día y cumplir mis objetivos.

Br. María Guadalupe Padilla Padilla

Agradecimiento

Agradezco en primer lugar a Dios, por haberme permitido llegar con salud y vida hasta este momento, a mis padres, por ser quienes me permitieron culminar la carrera y fueron mi apoyo en mis momentos más dificultosos.

A todos mis maestros, que estuvieron presentes en mi educación básica y en la universitaria, quienes transmitieron sus conocimientos con esmero, aquellos que se apasionan por la enseñanza y dedican cada día a alimentar los conocimientos de las nuevas generaciones, y especialmente a mi tutor en este trabajo, el M.Sc. Ing. Ricardo Javier Fajardo González, quien dedicó su tiempo y retroalimentación que ayudaron a su culminación.

Quiero dar también agradecimientos especiales a mi tío Freddy García, quien fue un apoyo importante en la culminación de esta monografía, y a mi pareja Ayaris Velásquez, por ser mi sostén emocional y apoyo incondicional en todo momento, por creer en mí y motivarme a superarme cada día, por tenerme paciencia y decirme siempre que lo más importante es mi carrera.

Y finalmente, agradezco al FISE por brindarme la información necesaria utilizada en este trabajo, y a los pobladores de la comunidad La Escoba quienes amablemente aportaron información importante para la realización de este proyecto, y nos recibieron cordialmente en su hogar para responder la encuesta que realizamos. A todos ellos muchas gracias.

Br. Germania Lizday Altamirano Herrero

Agradecimiento

Agradezco primeramente a Dios por darme sabiduría, perseverancia y la capacidad de realizar y terminar este trabajo monográfico para concluir una fase muy importante en mi vida la que es la de haber podido concluir mis estudios mediante este trabajo.

Agradezco al tutor, el M.Sc. Ing. Ricardo Javier Fajardo González, por todo su valioso tiempo, paciencia y consejos brindados para el diseño y elaboración de esta tesis.

Así mismo quiero agradecer todo el apoyo, amor incondicional, consejos y enseñanzas, a mis abuelos Norman Padilla y Auxiliadora Escobar, a mi tía Karla Padilla y a mi esposo Eval Gómez. Lo difícil se hizo más fácil y llevar a feliz término este proyecto se hizo una realidad. Les agradezco, y hago eco de mi enorme aprecio hacia ustedes.

Mi agradecimiento a todos aquellos, que no mencioné, pero de una u otra manera formaron parte en el desarrollo de estas tesis.

Br. María Guadalupe Padilla Padilla

Resumen del tema

El sistema proyectado de abastecimiento de agua potable es un mini acueducto por bombeo eléctrico del tipo Fuente – Tanque – Red, con el cual se beneficiará la comunidad rural La Escoba y sectores aledaños pertenecientes al municipio de Diriomo.

Para cumplir con los objetivos del proyecto, se evaluó el sistema de abastecimiento existente, con el objetivo de proponer un diseño mejorado de todo el sistema y rehabilitando así todos los componentes de su red, ya que la red existente solo tiene cobertura del servicio de ENACAL para 487 viviendas de la comunidad.

Se realizó una revisión del estudio físico, químico y bacteriológico de la fuente para verificar que el agua sea apta para el consumo humano, y se diseñaron todos los componentes del sistema de agua potable, basado en las normas de abastecimiento de agua en el medio rural (NTON- 09 007-19) emitidas por ANA.

De igual manera se validó el estudio topográfico realizado por el FISE con la finalidad de conocer la altimetría y planimetría del terreno de la comunidad.

Se realizó un estudio de demanda poblacional de la comunidad, además de un análisis socioeconómico para conocer las condiciones de vida de las personas beneficiadas por el proyecto.

Para garantizar el funcionamiento del sistema propuesto se realizó simulaciones con el software EPANET 2.0, cumpliendo así con la presión y velocidad mínima requerida en las normas antes mencionadas.

Se ha propuesto la perforación de un nuevo pozo con capacidad de 150 gpm debido a que el pozo actual no posee la capacidad suficiente para abastecer a la comunidad al final de los 20 años del periodo de diseño, y se encuentra en deterioro, así mismo se ha proyectado una línea de conducción por bombeo de PVC SDR 17 con 6 pulg. de diámetro, y una longitud total de 2,668.10 m.

El tanque de almacenamiento será un reservorio metálico sobre suelo, con un espesor de pared de 3/16 pulg., con 6.60 m de diámetro y 6.80 m de altura, cuya capacidad será de 60,000 glns, cantidad suficiente para abastecer a la comunidad al final del periodo de diseño.

El equipo de bombeo a instalar para cubrir las demandas presentes en todo el periodo de diseño consiste en una bomba de eje vertical sumergible del tipo FPS serie SSI 150, con capacidad de 150 gpm, 435 pies de CTD y 30 HP de potencia.

La red de distribución propuesta es del tipo ramal y contará con una longitud total aproximada de 24,016.76 m; conformada por tubería con diámetro de 6 pulg. que saldrá del nuevo tanque de almacenamiento, y que posteriormente será reducida a 3, 2 y 1 ½ pulg. de diámetro, de tubería PVC cedula SDR-26, dicha red de distribución estará provista de 6 válvulas reductoras de presión.

Índice

1. GENERALIDADES	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 ANTECEDENTES	2
1.3 JUSTIFICACIÓN	4
1.4 OBJETIVOS	5
Objetivo general	5
Objetivos específicos	5
2. INFORMACIÓN GENERAL	6
2.1 UBICACIÓN DEL PROYECTO	6
2.2 MAPA DE MACRO LOCALIZACIÓN Y MICRO LOCALIZACIÓN.	7
2.3 CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA	8
2.4 CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA	9
2.5 GEOMORFOLOGÍA Y TOPOGRAFÍA.....	10
2.5.1 Descripción geológica local	10
2.6 CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA E HIDROGEOLÓGICA	10
2.6.1 Contexto hídrico superficial	10
2.6.2 Contexto hídrico subterráneo	11
3. MARCO TEÓRICO	12
3.1 GENERALIDADES	12
3.1.1 Agua potable	12
3.1.2 Calidad de agua.....	12
3.1.3 Aguas subterráneas.....	12
3.1.4 Acuífero confinado.....	12
3.1.5 Acuífero libre	12
3.1.6 Ciclo hidrológico	12
3.1.7 Caudal de diseño.....	13
3.1.8 Sistema de abastecimiento.....	14
3.1.9 MABE	14
3.1.10 Fuentes de abastecimiento	14
3.1.11 Obras de captación	15
3.1.12 Pozos	15
3.1.14 Estación de bombeo	17
3.1.15 Sarta de bombeo.....	18
3.1.16 Línea de conducción	18
3.1.18 Línea de conducción por bombeo	19
3.1.19 Fuente – tanque – red	19
3.1.20 Tanque de almacenamiento.....	19
3.1.21 Tanques sobre suelo.....	20
3.1.22 Red de distribución	20
3.1.23 Tomas de agua	20

3.1.24	Obras complementarias y accesorios	21
3.1.25	Desinfección	22
3.1.26	Cloro residual.....	22
3.1.27	Población rural concentrada	23
3.2	ESTUDIOS PRELIMINARES	23
3.2.2	Estudios geotécnicos.....	24
3.2.3	Estudio de la demanda	24
3.2.4	Estudio socio-económico.....	24
3.2.5	Estudios misceláneos	24
3.2.6	Preparación de planos y perfiles	25
3.2.7	Modelación en EPANET 2.0	25
3.3	ESPECIFICACIONES PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE.....	26
3.3.2	Dotación	26
3.3.3	Consumo público o institucional (CPI)	26
3.3.4	Consumo doméstico (CD)	26
3.3.5	Dotación de agua para población rural concentrada	26
3.3.6	Dotación de agua para sector público e institucional.....	27
3.3.7	Pérdidas	27
4.	DISEÑO METODOLÓGICO.....	28
4.1	TIPO DE ESTUDIO.....	28
4.2	TIPO DE INVESTIGACIÓN	28
4.3	RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN	29
4.4	ESTUDIO DE LA FUENTE.....	29
4.4.1	Prueba de bombeo	29
4.4.2	Estudios físicos, químicos y microbiológicos	30
4.4.3	Análisis de calidad del agua	30
4.5	DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO ACTUAL DE AGUA POTABLE ...	30
4.5.1	Dotación de agua.....	31
4.5.2	Variaciones de consumo	31
4.5.3	Volumen de almacenamiento	32
4.5.4	Línea de conducción.....	33
4.5.5	Red de distribución	36
4.5.6	Conexiones domiciliarias.....	36
4.5.7	Accesorios complementarios.....	36
4.5.8	Diagnóstico del tanque de almacenamiento	37
4.6	ESTUDIO TOPOGRÁFICO	37
4.7	PERIODO DE DISEÑO	37
4.8	EVALUACIÓN SOCIO – ECONÓMICA	38
4.9	ESTUDIO DEMOGRÁFICO	38
4.9.1	Entrevista.....	39
4.9.2	Encuesta.....	39

4.10	ESTUDIO GEOTÉCNICO	39
4.11	REDISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE	40
4.11.1	Obra de captación.....	40
4.11.2	Equipo de bombeo	40
4.11.3	Desinfección por cloración	44
4.11.4	Línea de conducción	45
4.11.5	Medición del cloro residual.....	47
5.	CÁLCULOS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	49
5.1	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA PROYECTADO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA	49
5.2	ESTUDIO DE LA FUENTE EXISTENTE DE ABASTECIMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE.....	49
5.2.1	Fuente de abastecimiento	49
5.2	ESTUDIOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS	53
5.2.1	Resultados de los estudios físico-químicos	53
5.3	DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO ACTUAL DE AGUA POTABLE ...	58
5.3.1	Dotación de agua.....	58
5.3.2	Población de diseño	59
5.3.3	Variaciones de consumo	60
5.3.4	Volumen de almacenamiento	62
5.3.5	Línea de conducción.....	62
5.3.6	Red de distribución	70
5.3.7	Conexiones domiciliarias.....	98
5.3.8	Diagnóstico del tanque de almacenamiento existente.....	98
5.4	ESTUDIO TOPOGRÁFICO	100
5.4.1	Evaluación del levantamiento topográfico	101
5.5	ESTUDIO GEOTÉCNICO	101
5.6	EVALUACIÓN SOCIO-ECONÓMICA	104
5.7	REDISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE	105
5.8	ESTUDIO DEMOGRÁFICO	105
5.8.1	Tasa de crecimiento utilizada	106
5.8.2	Entrevista y encuestas.....	106
5.9	PROYECCIÓN DE POBLACIÓN	110
5.9.1	Estimación de caudal de diseño	111
5.10	FUENTE DE ABASTECIMIENTO Y OBRA DE CAPTACIÓN	111
5.11	EQUIPO DE BOMBEO.....	115
5.11.1	Diámetro interno de la tubería de descarga.....	115
5.11.2	Carga total dinámica	115
5.11.3	Potencia de la bomba	118
5.11.4	Selección del equipo de bombeo	118
5.11.5	Potencia del motor	119
5.11.6	Accesorios para conexión de bomba	120
5.12	LÍNEA DE CONDUCCIÓN.....	120

5.12.1	Diámetro	120
5.12.2	Velocidad	120
5.12.3	Golpe de ariete.....	122
5.12.4	Celeridad.....	122
5.12.5	Tiempo de cierre	123
5.12.6	Sobrepresión.....	125
5.12.7	Presiones	125
5.12.8	Diámetro económico	126
5.13	TANQUE DE ALMACENAMIENTO	128
5.13.1	Volumen del tanque	128
5.13.2	Dimensionamiento	128
5.13.3	Accesorios complementarios	130
5.14	RED DE DISTRIBUCIÓN	131
5.14.3	Determinación de caudales nodales	135
5.14.4	Análisis hidráulico de la red con la condición CMH y tanque lleno	135
5.14.5	Análisis hidráulico de la red con la condición CMH con tanque a un tercio.....	146
5.14.6	Análisis hidráulico de la red de distribución con la condición de cero consumos	155
5.15	DESINFECCIÓN POR CLORACIÓN.....	164
5.15.1	Dimensionamiento	165
CONCLUSIONES.....		175
RECOMENDACIONES		178
BIBLIOGRAFÍA.....		179
ANEXOS		I

Índice de figuras

Figura 1 Mapa de ubicación del proyecto	6
Figura 2 Mapa de macro localización del proyecto.....	7
Figura 3 Mapa de micro localización del proyecto.....	8
Figura 4 Ciclo hidrológico	13
Figura 5 Propiedades hidráulicas de los pozos	16
Figura 6 Resultados Prueba de Bombeo realizada por el FISE	51
Figura 7 Mapa Hidroquímicos del municipio de Diriomo.	58
Figura 8 Esquema completo del sistema existente de distribución de agua potable de la comunidad La Escoba.....	72
Figura 9 Condición de CMH con tanque lleno (Parte superior izquierda).....	73
Figura 10 Condición de CMH con tanque lleno (Parte media izquierda)	74
Figura 11 Condición de CMH con tanque lleno (Parte inferior izquierda).....	75
Figura 12 Condición de CMH con tanque lleno (Parte media inferior).....	76
Figura 13 Condición de CMH con tanque lleno (Parte media superior).....	77
Figura 14 Condición de CMH con tanque lleno (Parte inferior derecha)	78
Figura 15 Condición de CMH con tanque lleno (Parte superior derecha, No. 1) ..	79
Figura 16 Condición de CMH con tanque lleno (Parte superior derecha, No. 2) ..	80
Figura 17 Condición de CMH con tanque lleno (Parte superior derecha, No. 3) ..	81
Figura 18 Condición de CMH con tanque lleno (Parte superior media).....	82
Figura 19 Condición sin consumo con tanque lleno (parte superior izquierda) ..	83
Figura 20 Condición sin consumo con tanque lleno (parte media izquierda)	84
Figura 21 Condición sin consumo con tanque lleno (parte inferior izquierda)	85
Figura 22 Condición sin consumo con tanque lleno (parte media)	86
Figura 23 Condición sin consumo con tanque lleno (parte inferior derecha).....	87
Figura 24 Condición sin consumo con tanque lleno (parte media derecha, No. 1)	88
Figura 25 Condición sin consumo con tanque lleno (parte inferior derecha, No. 2)	89
Figura 26 Condición sin consumo con tanque lleno (parte superior derecha)	90
Figura 27 Condición CMH con tanque a un tercio (parte superior izquierda)	91
Figura 28 Condición CMH con tanque a un tercio (parte media izquierda)	92
Figura 29 Condición CMH con tanque a un tercio (parte inferior izquierda)	93
Figura 30 Condición CMH con tanque a un tercio (parte media).....	94
Figura 31 Condición CMH con tanque a un tercio (parte inferior derecha).....	95
Figura 32 Condición CMH con tanque a un tercio (parte media derecha)	96
Figura 33 Condición CMH con tanque a un tercio (parte superior derecha).....	97
Figura 34 Tanque de almacenamiento existente.....	99
Figura 35 Esquema completo del rediseño de sistema de abastecimiento de agua potable de la comunidad La Escoba.....	136
Figura 36 Condición de CMH con tanque lleno (Parte superior izquierda).....	137
Figura 37 Condición de CMH con tanque lleno (Parte media izquierda)	138

Figura 38 Condición de CMH con tanque lleno (Parte inferior izquierda).....	139
Figura 39 Condición de CMH con tanque lleno (Parte media inferior).....	140
Figura 40 Condición de CMH con tanque lleno (Parte media superior).....	141
Figura 41 Condición de CMH con tanque lleno (Parte inferior derecha)	142
Figura 42 Condición de CMH con tanque lleno (Parte superior derecha, No. 1)	143
Figura 43 Condición de CMH con tanque lleno (Parte superior derecha, No. 2)	144
Figura 44 Condición de CMH con tanque lleno (Parte superior media).....	145
Figura 45 Condición de CMH con tanque a un tercio (Parte superior izquierda)	146
Figura 46 Condición de CMH con tanque lleno (Parte media izquierda)	147
Figura 47 Condición de CMH con tanque lleno (Parte inferior izquierda).....	148
Figura 48 Condición de CMH con tanque a un tercio (Parte media inferior)	149
Figura 49 Condición de CMH con tanque a un tercio (Parte media superior) ..	150
Figura 50 Condición de CMH con tanque a un tercio (Parte inferior derecha) .	151
Figura 51 Condición de CMH con tanque lleno (Parte superior derecha, No. 1)	152
Figura 52 Condición de CMH con tanque a un tercio (Parte superior derecha, No. 2)	153
Figura 53 Condición de CMH con tanque lleno (Parte superior media).....	154
Figura 54 Condición sin consumo (Parte superior izquierda).	155
Figura 55 Condición sin consumo (Parte media izquierda)	156
Figura 56 Condición sin consumo (Parte inferior izquierda)	157
Figura 57 Condición sin consumo (Parte media inferior).....	158
Figura 58 Condición sin consumo (Parte media superior).....	159
Figura 59 Condición sin consumo (Parte inferior derecha).....	160
Figura 60 Condición sin consumo (Parte superior derecha, No. 1)	161
Figura 61 Condición sin consumo (Parte superior derecha, No. 2)	162
Figura 62 Condición sin consumo (Parte superior media).....	163
Figura 63 Cloro residual (Parte media superior).....	168
Figura 64 Cloro residual (Parte inferior derecha).....	169
Figura 65 Cloro residual (Parte superior derecha, No. 1)	170
Figura 66 Cloro residual (Parte superior derecha, No. 2)	171
Figura 67 Cloro residual (Parte superior media).....	172
Figura 68 Curva de evolución temporal del cloro en las líneas	173
Figura 69 Mapa geológico de la comunidad La Escoba	I
Figura 70 Mapa unidad hidrológica comunidad La Escoba	II
Figura 71 Mapa hidrogeológico región central Nicaragua.	III
Figura 72 Presiones CMH y tanque lleno del sistema existente.....	XXV
Figura 73 Velocidades CMH y tanque lleno del sistema existente	XXVI
Figura 74 Presiones CMH y Tanque a un tercio del sistema existente	XXVII
Figura 75 Presiones sin consumo del sistema existente	XXVIII

Figura 76 Velocidades sin consumo del diseño existente	XXIX
Figura 77 Presiones CMD del sistema existente	XXX
Figura 78 Velocidades CMD del sistema existente	XXXI
Figura 79 Velocidades CMH y tanque lleno del rediseño del sistema	XXXII
Figura 80 Presiones CMH y tanque lleno del rediseño del sistema.....	XXXIII
Figura 81 Presiones y tanque a un tercio del rediseño del sistema.....	XXXIV
Figura 82 Velocidades y tanque a un tercio del rediseño del sistema	XXXV
Figura 83 Velocidades sin consumo del rediseño del sistema	XXXVI
Figura 84 Presiones sin consumo del rediseño del sistema	XXXVII
Figura 85 Cloro residual	XXXVIII
Figura 86 Coordenadas de Línea de Distribución.	XXXIX
Figura 87 Coordenadas de Red de Distribución.....	XL
Figura 88 Curva de la bomba a instalar.....	XLI
Figura 89 Tabla de selección de bombas sumergibles de serie SSI diámetro de 6 pulg.....	XLII
Figura 90 Detalles del motor sumergible a instalar.....	XLIII
Figura 91 Especificaciones para motores estándar de 6 pulg.	XLIV
Figura 92 Descripción de motores sumergibles de 6 pulgadas con capacidad de 30 HP	XLV
Figura 93 Detalles de bombas dosificadoras EWN-R.....	XLVI
Figura 94 Especificaciones del modelo EWN-B11VCDURO	XLVII
Figura 95 Especificaciones del controlador y dimensiones.	XLVIII
Figura 96 Tarifas de energía eléctrica actualizadas por INE para el año 2024	XLIX
Figura 97 Ubicación de sondes SPT	XLIX
Figura 98 Ubicación de bancos de materiales.....	L
Figura 99 Curva granulométrica SPT-1	LI
Figura 100 Curva granulométrica SPT-2	LII
Figura 101 Curva granulométrica de la combinación de los bancos de materiales	LIII

Índice de tablas

Tabla 1 Coordenadas de polígono del proyecto	7
Tabla 2 Ademes mínimos de pozos según caudal.	17
Tabla 3 Coeficiente de rugosidad (C)	33
Tabla 4 Diámetros de columna de bombeo en relación al caudal.	41
Tabla 5 Especificaciones técnicas del pozo existente de la comunidad La Escoba	50
Tabla 6 Propiedades hidráulicas del acuífero.....	52
Tabla 7 Coordenadas del pozo perforado	53
Tabla 8 Tabla de conversión a Nitrógeno.....	57
Tabla 9 Proyección de la población realizada por el FISE.	59
Tabla 10 Longitud equivalente de los accesorios de la sarta del equipo de bombeo	63
Tabla 11 Longitud equivalente de los accesorios de la sarta de entrada al tanque.	64
Tabla 12 Catastro de red de distribución La Escoba	70
Tabla 13 Dimensiones del tanque de almacenamiento existente.....	99
Tabla 14 Tasa de crecimiento de población, comunidad La Escoba.....	105
Tabla 15 Tabla de crecimiento.	106
Tabla 16 Proyección de la población.....	110
Tabla 17 Proyección de población para 20 años.....	110
Tabla 18 Proyecciones de consumo de la comunidad La Escoba.....	111
Tabla 19 Características estructurales del nuevo pozo de la comunidad La Escoba	114
Tabla 20 Longitud equivalente de los accesorios de la sarta del equipo de bombeo	116
Tabla 21 Características del equipo de bombeo a instalar en el nuevo pozo...	119
Tabla 22 Costo de línea de conducción	126
Tabla 23 Resumen de costo total de energía y tubería según diámetros	127
Tabla 24 Longitudes de red de distribución según su diámetro y cédula correspondiente.....	132
Tabla 25. Costo tubería PVC SDR-17 según su diámetro.....	133
Tabla 26 Longitudes y diámetro de los tramos donde se requieren válvulas reductoras de presión.....	133
Tabla 27 Costo válvula reductora de presión	134
Tabla 28 Consumo comercial, industrial público e institucional.....	III
Tabla 29 Dotación de agua para poblaciones concentradas.....	IV
Tabla 30 Espesores mínimos de tuberías PVC SDR-17	IV
Tabla 31 Presión en metro columna de agua de los tipos de tuberías PVC.....	IV
Tabla 32 Pérdidas de accesorios de la longitud equivalente en tubería recta.....	V
Tabla 33 Resultados de los análisis físico-químico, metales y análisis bacteriológico	VI

Tabla 34 Resultados de los análisis pesticidas, organoclorados y organofosforados.....	VII
Tabla 35 Parámetros físicoquímicos.....	VIII
Tabla 36 Parámetros organolépticos.....	VIII
Tabla 37 Parámetros bacteriológicos	IX
Tabla 38 Parámetros para sustancias inorgánicas con significado para la salud.	IX
Tabla 39 Parámetros para sustancias no deseadas.....	IX
Tabla 40 Ensayos de laboratorio.....	X
Tabla 41 Coeficiente de balastro.....	X
Tabla 42 Parámetros físico-mecánicos del sub-suelo	X
Tabla 43 Profundidad de sondeos mecánicos.....	X
Tabla 44 Alternativa 1.....	XI
Tabla 45 Alternativa 2.....	XI
Tabla 46 Características del equipo de perforación.	XII
Tabla 47 Contenido de Humedad Sondeo SPT-1.	XII
Tabla 48 Resultados de laboratorio.....	XIII
Tabla 49 Contenido de Humedad Sondeo SPT-2.	XIV
Tabla 50 Consistencia de los suelos cohesivos.	XIV
Tabla 51 Características de banco de materiales.....	XV
Tabla 52 Proyecciones de población para el departamento de Granada al 30 de junio por sexo, según año calendario y tasa de crecimiento. Periodo 2005- 2020	XVI
Tabla 53 Proyecciones de población para el departamento de Diriomo al 30 de junio por sexo, según año calendario y tasa de crecimiento. Periodo 2005- 2020	XVII
Tabla 54 Áreas abiertas de rejilla Johnson del Tipo Telescópico	XVIII
Tabla 55 Diámetros recomendados de pozo.....	XIX
Tabla 56 Transmisividad según Krasny.....	XIX
Tabla 57 Coeficientes para la fórmula de Allievi (K)	XX
Tabla 58 Caudal de agua a clorar	XX
Tabla 59 Dosificación del hipoclorito	XXI
Tabla 60 Dosificación de hipoclorito de calcio	XXII
Tabla 61 Costo anual de energía y valor presente	XXIII
Tabla 62 Valores de C, según Mendiluce	XXIV
Tabla 63 Valores de K, según Mendiluce	XXIV
Tabla 64 Lista de Coordenadas de BM's que Conforman La Poligonal Base ...	LVI
Tabla 65 Lista de Coordenadas de BM's que Conforman La Poligonal Auxiliar	LVI

Índice de ecuaciones

Ecuación 1 Consumo de máximo día	31
Ecuación 2 Consumo promedio diario	31
Ecuación 3 Consumo de máxima hora	32
Ecuación 4 Volumen compensador	32
Ecuación 5 Volumen de reserva.....	32
Ecuación 6 Capacidad del tanque de almacenamiento	32
Ecuación 7 Hazen – Williams	33
Ecuación 8 Diámetro técnico económico preliminar	34
Ecuación 9 Velocidad dentro de la tubería	35
Ecuación 10 Proyección de población por método aritmético	38
Ecuación 11. Carga total dinámica	42
Ecuación 12 Longitud de la columna.....	42
Ecuación 13 Pérdidas en la columna	42
Ecuación 14 Pérdidas en la descarga	43
Ecuación 15 Longitud	43
Ecuación 16 Pérdidas totales	43
Ecuación 17 Potencia hidráulica de la bomba	43
Ecuación 18 Potencia del equipo de bombeo	43
Ecuación 19 Potencia del motor	44
Ecuación 20 Cantidad de cloro	45
Ecuación 21 Celeridad	46
Ecuación 22 Sobrepresión máxima	47
Ecuación 23 Presión total	47
Ecuación 24 Fórmula para cálculo de la muestra a poblaciones finitas	106
Ecuación 25 Volumen del filtro de grava	113
Ecuación 26 Tiempo de parada de la bomba, Mendiluce	123
Ecuación 27 Tiempo de propagación de la onda.....	124
Ecuación 28 Costo anual de energía.....	127
Ecuación 29 Valor Presente	127
Ecuación 30 Espesor mínimo	129
Ecuación 31. Cantidad de cloro	165
Ecuación 32. Cantidad de hipoclorito de calcio	165
Ecuación 33. Volumen de hipoclorito de calcio	166
Ecuación 34 Volumen de solución.....	166
Ecuación 35 Dosificación de cloro	166

Índice de gráficos

Gráfico 1 Comportamiento de precipitaciones de la estación Nandaime.	9
Gráfico 2 Gráfico de resistencia a la penetración estándar y estratigrafía del sub-suelo SPT-1.....	LIV
Gráfico 3 Gráfico de resistencia a la penetración estándar y estratigrafía del sub-suelo SPT-2.....	LV

ACRÓNIMOS Y SIGLAS

ANA	Autoridad Nacional del Agua
CAPRE	Comité Coordinador Regionales de Instituciones de Agua Potable y Saneamiento de Centroamérica, Panamá y República Dominicana.
CAPS	Comité de Agua Potable y Saneamiento
ENACAL	Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados
EPANET	Environmental Protection Agency Network
FISE	Fondo de Inversión Social de Emergencia
INE	Instituto Nicaragüense de Energía
INIDE	Instituto Nacional de Información y Desarrollos
INETER	Instituto Nicaragüense de Estudio Territoriales
MABE	Mini Acueducto por Bombeo Eléctrico
MINSA	Ministerio de Salud
NTON	Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense
OMS	Organización Mundial de la Salud
OPS	Organización Panamericana de la Salud
SDR	Documentos de Referencia de Sistemas
UNI	Universidad Nacional de Ingeniería

UTM	Universal Transverse Mercator
-----	-------------------------------

UNIDADES DE MEDIDAS

Gls	Galones
Gpd	Galones por día
Gph	Galones por hora
Gpm	Galones por minuto
Km	Kilómetros
kWh	Kilovatio hora
L	Litros
Lppd	Litros por persona por día
Lps	Litros por segundo
m	Metros
m.c.a.	Metros columna de agua
mg/L	Miligramos por litro
mm	Milímetros
m ²	Metros al cuadrado
m ³	Metros cúbicos
m/s	Metros por segundo
msnm	Metros sobre el nivel del mar
Pulg.	Pulgadas

ABREVIATURAS

A	Área
C	Coeficiente de rugosidad
CD	Consumo doméstico

CMD	Consumo máximo diario
CMH	Consumo máximo horario
CPD	Consumo promedio diario
CTD	Carga total dinámica
D	Diámetro
G.A	Golpe de ariete
H	Altura
HP	Caballos de fuerza
HoFo	Hierro Fundido
H.G.	Hierro galvanizado
L	Longitud
n	Periodo de diseño
P	Pérdidas
pH	Concentración de iones hidrógenos
Pn	Población proyectada
PP	Pozos profundos
PVC	Polyvinyl Chloride
Q	Caudal
Q _d	Caudal de diseño
T/C	Tasa de crecimiento
UM	Unidad de medida

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES

“El agua es la fuerza motriz de toda la naturaleza”

- Leonardo Da Vinci

1. GENERALIDADES

1.1 Introducción

En Nicaragua, tanto el acceso al suministro de agua potable como su calidad para el consumo, especialmente en las comunidades rurales, ha sido una problemática por la que se han gestionado numerosos proyectos para intentar solventarla, ya que, el recurso hídrico es un elemento indispensable para la vida y actividades de la sociedad.

El tener una cantidad limitada de agua para abastecer una zona, afecta el desarrollo de sus actividades, perjudicando de manera directa su estabilidad socio-económica, además de la salud de sus habitantes y la reducida higiene que genera un ambiente visual poco agradable.

Una de las principales causas de esta situación, es la carente prioridad que se le da al sector rural, la escasez de recursos económicos que provocan una sostenibilidad deficiente de los servicios de abastecimiento de agua y saneamiento, razón por la cual es fundamental mejorar la calidad del sistema de distribución y la cantidad de agua que fluye hacia los hogares.

En la comunidad La Escoba, se presenta un déficit del servicio de agua potable, debido a que la fuente no satisface la demanda de la población actual, ya que el sistema de abastecimiento que posee ya cumplió con su periodo de diseño.

Por las dificultades mencionadas anteriormente y a fin de subsanarlas, el presente trabajo consiste en la evaluación y rediseño del sistema de abastecimiento de agua potable de la comunidad La Escoba del municipio de Diriomo, departamento de Granada, con el cual se estableció la solución técnica para suministrar la cantidad de agua adecuada y brindarle a la población un servicio eficiente, sostenible y duradero, con un sistema de acueducto MABE, el que se consideró según la demanda de población de diseño para 20 años.

1.2 Antecedentes

El servicio de abastecimiento de agua es brindado a la población de la comunidad La Escoba y aledañas, por medio de un pozo perforado de hace más de 40 años, el cual es abastecido por las aguas subterráneas del acuífero confinado Las Sierras, que posee 650 metros de espesor y las capas más superficiales del suelo se caracterizan por estar conformadas principalmente por rocas volcánicas de espesores variables. El acuífero presenta buena transmisividad y coeficiente de almacenamiento, lo que permite seguir haciendo uso del mismo como futura fuente de agua del nuevo sistema de abastecimiento.

Dentro del ámbito de infraestructura de agua potable y saneamiento, se conoce que no se dispone en el país de un sistema de información sectorial confiable, diferentes fuentes entrevistadas han indicado datos y valores similares con respecto a la infraestructura instalada, que indican altos porcentajes de cobertura en infraestructura urbana y bajos porcentajes en infraestructura rural en sistemas de agua potable. Cabe destacar que gran parte de las instalaciones de infraestructura, sea de agua potable como de alcantarillado son obsoletas y necesitan ser rehabilitadas y optimizadas.

Para el año 2005, el Fondo de Inversión Social de Emergencia (FISE) incluyó entre sus acciones el agua potable rural, lo que aumentó la cantidad de acueductos rurales, además ENACAL mantuvo durante este periodo la construcción de algunos acueductos programados con fondos ya obtenidos. En este sentido, el compañero Virgilio Bravo, director del (FISE), destacó que para este año se tiene previsto ejecutar 19 proyectos de agua potable y 19 proyectos de saneamiento que serán entregados, para dar protagonismo a más de 15 mil familias de comunidades rurales, y que en el 2023 se iniciará la gestión de recursos para la ejecución de 50 proyectos que serán finalizados entre el año 2024 y el 2025. (El 19 digital, 2023)

Con respecto a la disponibilidad de agua subterránea, hasta hoy, se han perforado cinco pozos para conseguir el agua potable del sistema de Diríá – Diríomo (sistema existente). De estos, solo cuatro pozos están en servicio, dos ubicados

en Diriá y dos al sureste de Diriomo sobre la carretera hacia el empalme El Guanacaste.

La edad de los pozos en servicio es de doce y veintiocho años, y el pozo que está fuera de servicio es debido a la falta de tendido eléctrico público para poner en marcha el sistema de bombeo. La perforación de estos pozos fue ejecutada por ANA y CASA MCGREGOR.

En sus inicios, el pozo denominado La Escoba, pertenecía a la empresa IFRUGELASA y era utilizado para riego de sus cultivos de fruta, sin embargo, al ver la necesidad de la población de La Escoba que no contaba con un sistema de abastecimiento de agua potable, dicha empresa donó el pozo después del cierre de sus operaciones en el año 1990, para el abastecimiento de tres comunidades: San Caralampio, Guillermo Roncalys y La Escoba.

La comunidad La Escoba, está conformada por 17 sectores, los que son atendidos actualmente con un sistema de abastecimiento de agua potable por bombeo eléctrico (MABE), sus habitantes se abastecen en un 98.7% de este sistema, a pesar de la gran cobertura, en época de verano el sistema se ve muy deficiente, teniendo que racionar el servicio, entregando en este periodo hasta 2 horas por día por sector. El esquema operativo de este acueducto opera como Fuente – Tanque – Red.

Existe un trabajo monográfico cuyo objetivo fue evaluar y rediseñar el sistema de abastecimiento de agua potable para las localidades La Concepción, El Guapinol y Veracruz del municipio de Diriomo, departamento de Granada, elaborado por el Ing. Eusebio Mena e Ing. Humberto Gutiérrez en diciembre del año 2019, quienes llegaron a la conclusión que el sistema de abastecimiento de dichas localidades no cumplía con la demanda presentada, debido a continuas ampliaciones del sistema de agua potable regional referido y por ende se necesitaba un rediseño. Para la comunidad La Escoba también existe un estudio completo realizado por el FISE en el año 2018, el cual reflejó la viabilidad y rentabilidad de la ejecución de este proyecto.

1.3 Justificación

La comunidad La Escoba ha sido afectada por el limitado acceso de abastecimiento de agua potable, esto es debido al crecimiento poblacional de los últimos años en esta localidad, razón por la cual el sistema de abastecimiento actual del vital líquido no satisface la actual demanda habitacional, y el recurso hídrico tiene que ser estrictamente racionado, por ello esta investigación se realizó con el objetivo de evaluar el sistema existente y a su vez proponer un nuevo diseño a fin de proveer una fuente de abastecimiento capaz de cubrir la demanda total de agua, de manera óptima y confiable, así mismo promover el desarrollo socio-económico y ambiental de la comunidad.

Con la propuesta metodológica se realizaron los diferentes cálculos y diseños técnicos de acuerdo a los requerimientos de las normas técnicas NTON 09 007-19 y las leyes vigentes de Nicaragua, con esto se pretende mejorar, aprovechar y ampliar los elementos existentes del actual sistema de distribución, como lo son el tanque de almacenamiento, estación de bombeo y tuberías utilizadas.

Mediante este rediseño se cumplirá con las condiciones necesarias de abastecimiento y potabilización para la población, mejorando su nivel de servicio y ayudando a evitar posibles enfermedades que se originan por la deficiente calidad del agua.

El Objetivo de Desarrollo Sostenible No. 6 (ODS 6), pretende lograr un acceso universal y equitativo al agua potable y al servicio de saneamiento e higiene adecuados, así como mejorar la calidad del agua a nivel global de aquí al año 2030, por tal razón con la realización de este proyecto se está contribuyendo a alcanzar las metas de dicho objetivo, ya que este problema está presente principalmente en áreas rurales, que aún carecen de estos servicios básicos; siendo la comunidad La Escoba parte del sector rural de nuestro país, con la implementación del rediseño de su sistema de abastecimiento actual, se contribuye también al progreso sustancial de ampliar el acceso al agua potable y saneamiento a nivel mundial. (Pacto Mundial Red Española, 2015).

1.4 Objetivos

Objetivo general

Evaluar y rediseñar el sistema de abastecimiento de agua potable MABE de la comunidad La Escoba del municipio de Diriomo del departamento de Granada.

Objetivos específicos

- a. Diagnosticar el estado físico del sistema de distribución actual.
- b. Evaluar los parámetros físico, químico y microbiológico de la fuente de agua para verificar que sea apta para el consumo humano, así como la prueba de bombeo.
- c. Validar el levantamiento topográfico con el fin de verificar si los datos de altimetría y planimetría del terreno en estudio son los correctos.
- d. Realizar estudios de la demanda poblacional, socioeconómico y de vivienda mediante encuestas a la comunidad La Escoba.
- e. Rediseñar los nuevos componentes del sistema de abastecimiento de agua potable.
- f. Revisar mediante análisis hidráulico la red de distribución existente con el software EPANET 2.0.
- g. Elaborar planos constructivos y de detalles del sistema de abastecimiento de agua potable para su ejecución.

CAPÍTULO 2

INFORMACIÓN GENERAL

“Olvidamos que el ciclo del agua y el ciclo de la vida son uno mismo”

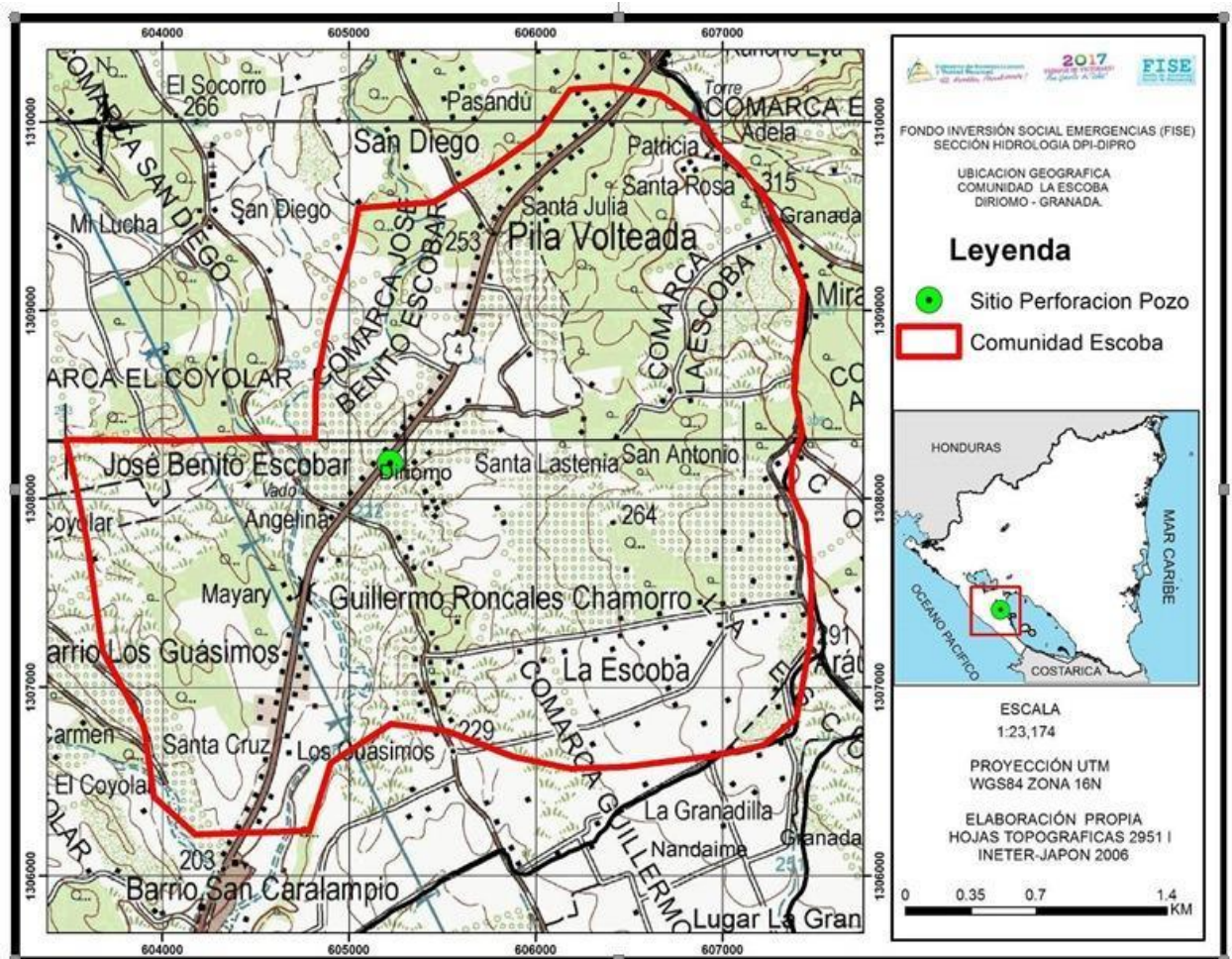
- Jacques Cousteau

2. INFORMACIÓN GENERAL

2.1 Ubicación del proyecto

La comunidad La Escoba, es una localidad rural concentrada que está ubicada en el municipio de Diriomo que pertenece al departamento de Granada, en las coordenadas 607251.95 E y 1308166.80 N a 240 msnm., su cabecera municipal se encuentra a 53 km de la ciudad de Managua y a 8 km al sureste del municipio de Diriomo, y 14.8 km al norte de la cabecera departamental de Granada.

Figura 1 Mapa de ubicación del proyecto



Fuente: INETER

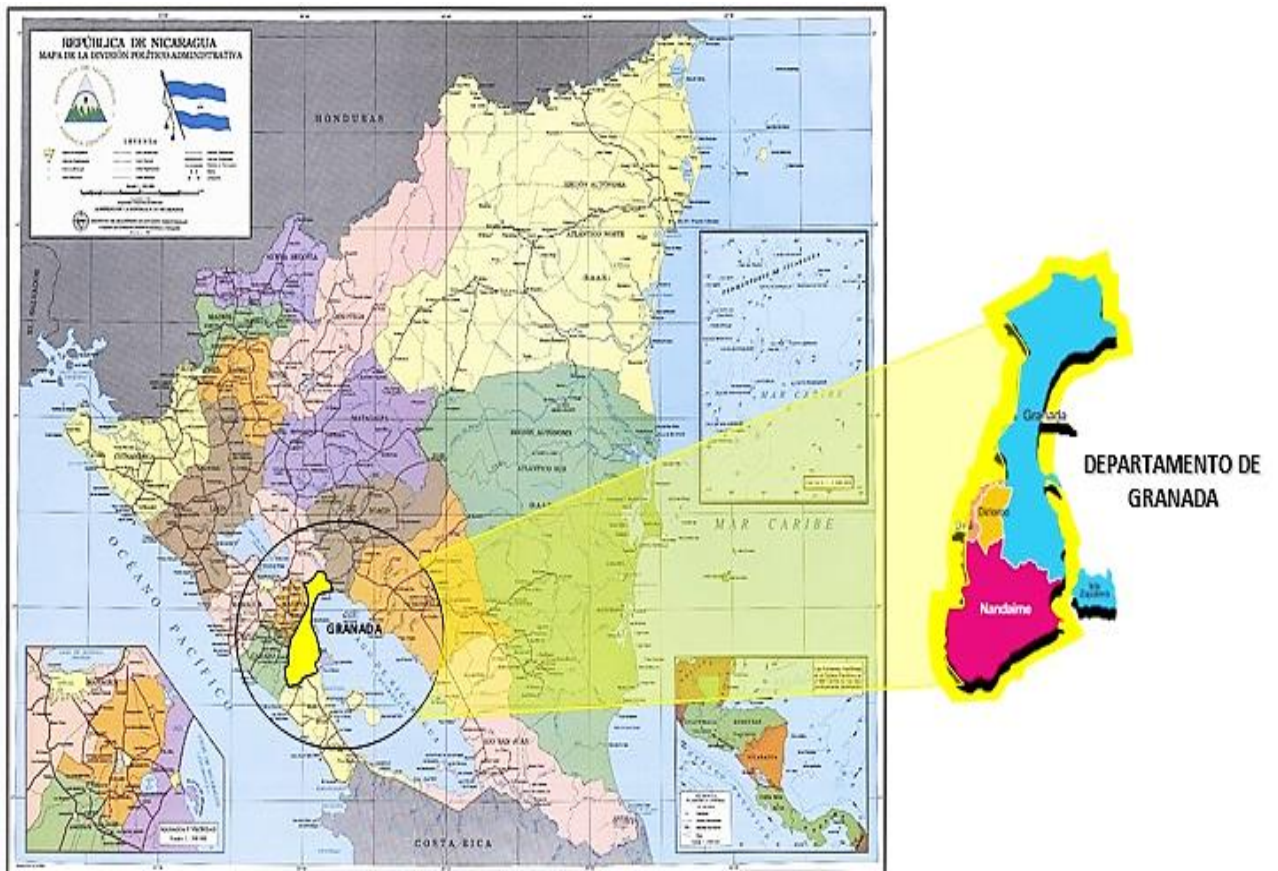
Tabla 1 Coordenadas de polígono del proyecto

COORDENADAS DE POLIGONO DEL PROYECTO		
NODO	X ESTE	Y NORTE
190	606992.96	1309819.62
237	605157.01	1308197.86
227	606394.00	1306338.54
217	607921.92	1307258.08
213	608055.63	1307679.27
208	607403.27	1308267.55

Fuente: FISE

2.2 Mapa de macro localización y micro localización

Figura 2 Mapa de macro localización del proyecto



Fuente: FISE

Figura 3 Mapa de micro localización del proyecto



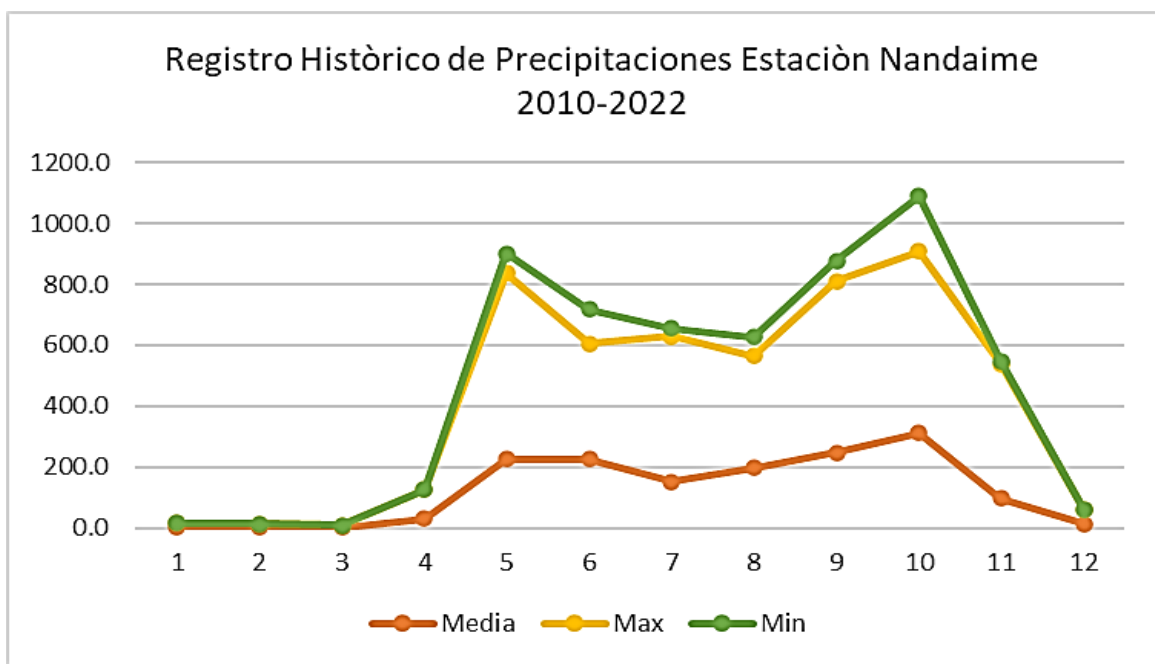
Fuente: FISE

2.3 Caracterización climática

Se tomaron los registros históricos de la estación meteorológica de Nandaime código de INETER 69033 a una distancia de 12.2 km de la comunidad La Escoba. El clima en el municipio de Diriomo no es variado, posee solo dos estaciones climáticas al año, invierno que va de mayo a octubre y verano de noviembre hasta abril, su temporada de lluvia es nublada y la seca es ventosa y parcialmente nublada, es muy caliente y opresivo durante todo el año y su temperatura varía entre 27°C a 27.5°C como promedio en todo el año y rara vez baja a menos de 19°C o sube a 33°C.

De acuerdo al periodo analizado del registro de precipitaciones ubicada en la ciudad de Nandaime en el Xavier Guerra, con registro que van desde 2010-2022, se han registrado precipitaciones promedio de 1,503.9 mm, con un máximo de 2,205.2 mm y un mínimo de 1,020.1 mm anuales. A continuación, se presentan los datos meteorológicos de la estación de INETER, ubicada en la ciudad de Nandaime.

Gráfico 1 Comportamiento de precipitaciones de la estación Nandaime.



Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por INETER

2.4 Caracterización geológica

El municipio está alineado sobre la fractura volcánica que recorre la región del pacífico, entre los volcanes Masaya y Mombacho. Las paredes de la caldera Apoyo más altas y tendidas al oeste, revelan que la explosión o serie de explosiones que dieron origen a la caldera, proyectaron sus materiales en dirección al suroeste. No obstante, el radio de dispersión de los materiales arrojados depositó grandes espesores de pómez que se observan en los alrededores.

2.5 Geomorfología y topografía

La comunidad La Escoba se encuentra al noreste del macizo volcán Mombacho a unos 5 kilómetros aproximadamente, en la parte baja, con una altura de 1,345 m en la parte más alta y 245 m en la parte más baja, que pertenece a provincia de la depresión tectónica de la cordillera volcánica del pacífico, se caracteriza por la presencia de rocas volcánicas que poseen varios depósitos, en su mayoría piroclásticos, como ignimbritas, ondas piroclásticas, flujos piroclásticos, cenizas, pómez, escorias y flujos de lodo; acompañados por depósitos coluviales, horizontes de meteorización y suelos fósiles que forman siempre terrenos muy vulnerables e inestables.

2.5.1 Descripción geológica local

Según mapa geológico minero de Nicaragua 1995, tomado como referencia el presente estudio en la comunidad La Escoba afloran dos deformaciones geológicas, las Rocas Volcánicas del Grupo Las Sierras (Qi-ii S, que se encuentran conformadas por ignimbritas, tobas, aglomerados y escorias basálticas. Y las Rocas Volcánicas (BQiv), que están conformadas por lavas, tobas, cenizas, aglomerados, escorias basálticas y andesíticas-basálticas, las cuales almacenan y transmiten cantidades considerables de agua subterránea. Ver **Figura 69** en Anexo I.

2.6 Caracterización hidrológica e hidrogeológica

2.6.1 Contexto hídrico superficial

Mediante la metodología Pfafstetter hidrológicamente la zona de interés se encuentra en las unidades hidrológicas Nivel 5 código 95259, en la cuenca N°69 denominada Río San Juan.

De acuerdo a la información facilitada por los comunitarios y miembros de la alcaldía expresaron que en la comunidad La Escoba no existe fuentes superficiales dentro de la comunidad y sus alrededores, lo que existen son cauces

intermitentes que el agua fluye solo en la época cuando hay precipitaciones y en verano permanecen secos. Ver **Figura 70** en Anexo II.

2.6.2 Contexto hídrico subterráneo

Se tomó como referencia el Mapa hidrogeológico Regional Central de Nicaragua, escala 1:250,000, ver **Figura 71** en Anexo III, donde se identifica que el área de estudio pertenece a un conjunto de acuíferos estratiformes porosos, alternados más o menos irregularmente con acuitardos del grupo Las Sierras, litológicamente conformados por depósitos de origen volcánico y depósitos aluviales, considerados como acuíferos colgados, con rendimientos medios a altos, dependiendo su rendimiento del grado de fisuramientos que puedan tener las rocas presentes.

CAPITULO 3

MARCO TEÓRICO

“No se aprecia el valor del agua hasta que se seca el pozo”

- Proverbio inglés

3. MARCO TEÓRICO

3.1 Generalidades

3.1.2 Agua potable

Se denomina potable el agua apta para el consumo humano, cuya ingestión no cause efectos nocivos o riesgos para la salud. Debe encontrarse libre de agentes patógenos o sustancias tóxicas y cumplir con las regulaciones en materia de calidad de agua, de las normas regionales CAPRE “Normas de Calidad del Agua para el Consumo” contenidas en el acuerdo ministerial 65-94.

3.1.3 Calidad de agua

Es usado para describir las características químicas, físicas y biológicas del agua, y depende principalmente del uso que se le va a dar. Para proteger la calidad del agua se debe prever las condiciones presentes y futuras, para la preservación de las fuentes de agua evitando contaminaciones del tipo doméstico, agrícola, industrial o de cualquier otra índole. (USGS, 2017)

3.1.4 Aguas subterráneas

Las aguas subterráneas son aquellas que se filtran y saturan en el suelo o las rocas, se almacenan y a su vez abastecen a cuerpos de agua superficiales.

3.1.5 Acuífero confinado

Acuífero limitado en sentido vertical por rocas impermeables y sometido a una presión hidrostática superior a la atmosférica.

3.1.6 Acuífero libre

Es aquel en el que el agua se encuentra en contacto con la atmósfera a través de los poros o fisuras existentes en la zona no saturada. (Piqueras, 2022)

3.1.7 Ciclo hidrológico

El ciclo hídrico de La Tierra consiste en la continua circulación de humedad y de agua sobre nuestro planeta. Este no tiene principio ni fin, pero su concepto se

origina en el agua de los océanos, los cuales cubren las tres cuartas partes de la superficie terráquea. La reacción solar lleva el agua de los océanos hasta la atmósfera por evaporación, el vapor de agua se eleva y luego se aglomera dando lugar a la formación de nubes. Bajo ciertas condiciones la humedad contenida en las nubes se condensa y precipita en forma de lluvias o variadas formas de precipitación, las verdaderas fuentes de casi toda nuestra reserva de agua dulce la constituyen la precipitación que caen sobre el área terrestre.

Figura 4 Ciclo hidrológico



Fuente: Google Imágenes

3.1.8 Caudal de diseño

Según la norma técnica rural NTON 09 007-19, para determinar las cantidades de agua necesaria y satisfacer las demandas inmediatas o futuras de las poblaciones proyectadas, se recomienda usar los valores de consumo medio diario. Cuando no existe un sistema de saneamiento con arrastre hidráulico la dotación es de 80 lppd y para una población rural concentrada, como es este caso, la dotación será de 100 lppd.

3.1.9 Sistema de abastecimiento

El abastecimiento de agua es una necesidad básica y esencial en la vida de las personas. El poseer un adecuado suministro, ayuda a reducir muchos problemas que afectan a las poblaciones menos privilegiadas, especialmente aquellas que viven en áreas rurales dispersas y sectores urbanos marginales.

Un sistema de abastecimiento de agua potable tiene como propósito suministrar un volumen de agua capaz de suplir la demanda de una población, asegurando una presión adecuada y calidad aceptable del vital líquido durante el tiempo que se estime en su diseño.

3.1.10 MABE

El MABE es un sistema de abastecimiento de agua potable, en el cual se emplea una bomba eléctrica para impulsar el agua desde una fuente superficial o subterránea que está a menor altura que la comunidad, hasta el tanque de almacenamiento que está en un lugar más alto que la comunidad, después, por su propio peso, el agua baja por tuberías a los puestos domiciliarios o públicos de donde se abastece la población.

Este sistema está compuesto por las siguientes partes: pozo, bomba, caseta de control, sarta de bombeo, panel eléctrico, clorinador, tubería de impulsión, tanque, tubería de sistema de distribución.

3.1.11 Fuentes de abastecimiento

La fuente de abastecimiento es el elemento vital de cualquier obra de agua potable; no debe, ni puede concebirse un buen proyecto si previamente no se ha definido y garantizado fuentes capaces de abastecer a la población proyectada en cantidad y calidad. En la selección de la fuente juega un papel importante la localización, el tipo, la capacidad y la caracterización cualitativa del agua, así como también los registros hidrológicos. Cabe señalar que para garantizar un

servicio continuo y eficiente es necesario que el proyecto contemple una fuente capaz de suplir el agua para el día más crítico (Consumo de Máximo Día).

Para el caso de fuente subterránea, el caudal de explotación del acuífero local no debe ser mayor al caudal máximo de explotación determinado en los análisis de las pruebas de bombeo. El abatimiento máximo no deberá superar el 67% del espesor saturado. (NTON 09 007-19, 2019)

3.1.12 Obras de captación

Son obras civiles y equipos electromecánicos colocados directamente en la fuente de abastecimiento con el propósito de reunir y disponer del agua, que según la forma en que se encuentre el acuífero pueden ser fuentes superficiales o subterráneas.

3.1.13 Pozos

Es una captación directa del tipo subterránea que, con un diseño adecuado y una construcción supervisada, permite efectuar la extracción del agua de un acuífero y se definen por:

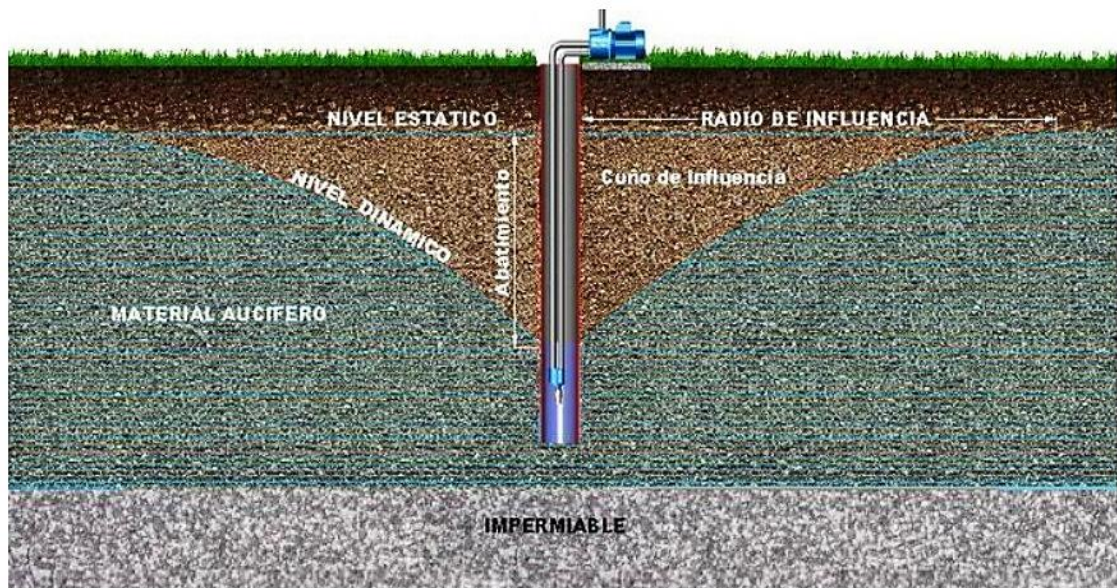
- Su rendimiento debe ser mayor al del consumo máximo establecido.
- Su diámetro depende del equipo de bombeo a instalar, a partir del caudal deseado.
- Los pozos pueden ser excavados a mano (PEM) o perforados (PP). Los PEM suelen ser utilizados para poblaciones rurales muy dispersas y se realizan en cada propiedad. No suelen ser muy profundos y sus diámetros varían entre 1 y 2 metros. Los PP se realizan a través de perforaciones mecanizadas y con mayor profundidad que los PEM.

A fin de un mejor diseño es necesario definir las propiedades hidráulicas de los pozos:

- **Nivel Estático del Agua (NEA):** Es la distancia desde la superficie del terreno hasta el nivel del agua en el pozo, sin bombeo, y está definido por la línea de carga en el acuífero.

- **Nivel Dinámico (N.D):** Es la distancia desde la superficie del terreno hasta el nivel del agua en el pozo, cuando se está bombeando, y depende del gasto bombeado.
- **Abatimiento (A):** Es la diferencia entre el nivel de bombeo y el estático, en función al gasto de bombeo. Representa la carga en metros de agua que produce el flujo desde el acuífero hacia el pozo y el caudal que se está extrayendo.
- **Capacidad Específica (CE):** Representa la relación entre el gasto extraído y el abatimiento provocado por un tiempo determinado.
- **Rendimiento del Pozo:** Es el volumen de agua por unidad de tiempo que el pozo está descargando, ya sea por bombeo.
- **Radio de influencia:** Es la distancia alrededor de la obra de captación hasta donde llegan a ocurrir descensos en el nivel de agua cuando se realiza el bombeo.

Figura 5 Propiedades hidráulicas de los pozos



Fuente: Google Imágenes

3.1.14 Pozos perforados

El diámetro del pozo se determina en base al rendimiento requerido y su profundidad, teniendo en cuenta que las direcciones pueden estar controladas por la disponibilidad de facilidades de construcción. En la siguiente tabla se dan los diámetros mínimos de ademe de tubería para instalación de bombas en pozos profundos.

Tabla 2 Ademes mínimos de pozos según caudal.

Capacidad del pozo		Diámetro mínimo del ademe	
(gpm)	(lps)	(Pulg)	(mm)
80	6.06	5	127
160	10.08	6	150
240	15.12	8	200
400	25.20	10	250
630	39.70	12	300
950	59.86	14	350
1270	80.02	16	400
1900	119.72	20	500
3000	189.03	24	600
>3000	189.03	30	750

Fuente: NTON 09-007 19

La distancia entre pozos debe sustentarse mediante un estudio hidrogeológico. La localización de pozos debe cumplir la NTON 09 006-11 Requisitos Ambientales para la Construcción, Operación y Cierre de Pozos de Extracción de Agua. En caso de utilizar tuberías PVC de ademe de pozos, la cédula deberá ser determinada en función de los esfuerzos a los cuales estará sometida, y la cédula mínima será SDR 26.

3.1.15 Estación de bombeo

Se consideran como estaciones de bombeo aquellas que toman el agua de una fuente de abastecimiento y la elevan al tanque de almacenamiento, a una estación de rebombeo o a la red de abastecimiento. Su finalidad es vencer las condiciones topográficas del terreno para elevar un fluido hasta su punto de distribución o

almacenamiento cuando no es posible utilizar la fuerza de gravedad. Está compuesta por los equipos y estructuras siguientes:

- Caseta de control
- Bombas sumergibles
- Motor
- Energía

3.1.16 Sarta de bombeo

Es la parte del sistema que se localiza inmediatamente después de la bomba o a la salida del pozo, incluye dispositivos para la protección del equipo de bombeo y la línea de conducción, y para medición y control del flujo de agua. Sus partes son:

- **Medidor maestro:** sirve para medir la cantidad de agua bombeada.
- **Válvulas de cheque:** evitan que la tubería se descargue regresando el agua hacia el pozo, cuando el equipo de bombeo se apaga, por terminar de bombear o por falta de energía.
- **Válvulas de purga:** es una válvula de operación manual que sirve para proteger el equipo cuando la presión del agua llega al punto máximo permitido por el sistema.
- **Manómetro de presión:** sirve para medir la presión del agua y ver cuando la presión sube o baja y tomar acciones para proteger el equipo.

3.1.17 Línea de conducción

Es el conjunto de ductos, obras y accesorios que transportan el agua desde la fuente hasta la comunidad, siendo el enlace entre la obra de captación al tanque de almacenamiento o la red de distribución. Su capacidad deberá ser suficiente para transportar el consumo de máximo día. Se constituyen generalmente por tubos PVC, excepto en tramos críticos, como cruces de caminos, ríos y quebradas, donde se usan tuberías de hierro galvanizado (H°G°) o hierro fundido (Ho. Fo).

3.1.18 Materiales de tuberías para abastecimiento de agua potable

- **Tubería de plástico:** son fabricadas con materiales termoplásticos, como polímeros de cloruro y vinilo (PVC), poseen grandes ventajas como resistencia química, hermeticidad, ligereza, impermeabilidad, pared interior lisa, larga vida útil, etc.
- **Tubería de hierro galvanizado:** Su uso en las instalaciones hidráulicas es, fundamentalmente, en tuberías exteriores, su alta resistencia a los golpes, proporcionada por su propia estructura interna y por las gruesas paredes de los tubos y conexiones; su materia básica es hierro, del cual se hace una fundición maleable para conseguir tubos y piezas especiales, sometidas luego al galvanizado (recubrimiento de zinc), obtenido por inmersión en caliente, para proporcionar protección a la oxidación y a la corrosión.

3.1.19 Línea de conducción por bombeo

Se usa una fuente externa de energía para impulsar el agua desde la toma hasta la altura requerida, venciendo la carga estática y las pérdidas por fricción originadas.

3.1.20 Fuente – tanque – red

Esta alternativa consta de la impulsión del agua hasta un sistema de almacenamiento para luego ser conducida a la red de distribución, esto con el objetivo de mantener el servicio en periodos de bajo suministro o en caso de imprevistos como incendios.

3.1.21 Tanque de almacenamiento

Los depósitos para el almacenamiento en los sistemas de abastecimiento de agua, tienen como objetivos; suplir la cantidad necesaria para compensar las máximas demandas que se presenten durante su vida útil, brindar presiones adecuadas en la red de distribución y disponer de reserva ante eventualidades e interrupciones en el suministro de energía. Existen dos tipos de tanques de aguas tratadas: tanques apoyados en el suelo y tanques elevados. Para la ubicación del

tanque se debe de buscar un sitio adecuado topográficamente, lo más cercano posible a la red de distribución.

3.1.22 Tanques sobre suelo

En el diseño de tanques sobre suelo, debe tenerse en cuenta lo siguiente:

- Cuando la entrada y salida del agua sean mediante tuberías separadas, se ubicarán en los lados opuestos a fin de permitir la circulación del agua.
- Deben incluirse los accesorios como escalera, respiraderos, aberturas de acceso, sistema de boya, indicador de niveles, acceso con su tapadera y dispositivo de resguardo.

3.1.23 Red de distribución

Es el sistema de conductos cerrados que permite distribuir el agua bajo presión a los diversos puntos de consumo, que pueden ser conexiones domiciliarias o puestos públicos. El sistema de distribución puede ser de red abierta, de malla cerrada o una combinación de ambos. A la red se deberá proveer de válvulas, accesorios y obras necesarias para asegurar su buen funcionamiento y facilitar su mantenimiento. La red está formada por tuberías principales (troncales) y tuberías secundarias (ramales). Su dimensionamiento estará en función del consumo máximo horario.

3.1.24 Tomas de agua

Son los elementos del servicio del sistema por donde sale el agua para ser utilizada por los usuarios. Existen dos tipos de puestos de agua:

- **Puesto domiciliar:** es la instalación que se deriva de la tubería de la red de distribución de agua y se ubican en cada casa, ya sea en el patio o en el interior de la vivienda.
- **Puesto público:** sirve para abastecer a grupos de personas usuarias por eso se ubican en lugares públicos protegidos con un cerco para evitar la entrada de animales.

3.1.25 Obras complementarias y accesorios

Las obras complementarias se concretan en conectores instalados en la línea de conducción y red de distribución, para una mayor eficiencia operativa del acueducto, y son:

- **Llave de chorro:** sirve para controlar la salida de agua y se instala en los puestos públicos o tomas domiciliarias de patio.
- **Válvulas de pase:** se instalan en algunos puntos del sistema para cerrar la circulación de agua, aislando elementos o tramos de tubería para realizar reparaciones.
- **Válvulas de limpieza:** se instalan en la parte más baja del sistema y sirven para limpiar el sistema de las suciedades acumuladas en las tuberías.
- **Codos:** sirven para hacer cambios de dirección en las tuberías. Los más comunes son de 45° y 90°.
- **Adaptadores:** sirven para hacer cambios de PVC a hierro o viceversa. Existen de dos tipos: hembra y macho.
- **Uniones:** sirven para unir tubos de igual diámetro.
- **Reductores:** sirven para reducir las tuberías de un diámetro mayor a uno menor.
- **Medidores de agua:** sirven para medir el volumen de agua que pasa por el dispositivo y estimar el consumo en los puestos públicos o tomas domiciliarias.
- **Tees:** sirven para sacar ramales de una tubería principal a una secundaria. Existen dos tipos: Tees normal y Tees reducidas.
- **Cajas protectoras del medidor:** son cajas de metal o concreto que construimos para proteger los medidores.
- **Válvulas de flotador de boya:** sirve para cortar el flujo de agua en los tanques de almacenamiento y en las pilas rompe presión.
- **Válvulas reductoras de presión:** La válvula reductora de presión, a veces también llamada reguladora de presión, es una válvula de control hidráulico cuya consigna es reducir una elevada presión aguas arriba de la válvula a un valor menor constante aguas abajo de la misma, independientemente de

las variaciones de presión aguas arriba y de las variaciones del flujo o de la demanda en la línea. (Ingeniería de Fluidos, 2022)

3.1.26 Desinfección

Se debe considerar una desinfección adecuada, que garantice la calidad del agua para consumo. El cálculo de la dosis debe ser establecida en función de dicha calidad y del caudal; se aplica con el fin de establecer una barrera de seguridad para evitar la difusión de enfermedades relacionadas con el agua. Con los resultados obtenidos de los análisis físico - químico, bacteriológico y demás, se determina si la desinfección será un tratamiento suficiente para garantizar la pureza del agua y eliminar los gérmenes totales y coliformes totales.

Toda agua que se abastece para consumo debe someterse a desinfección, incluso la de origen subterráneo para prevenir cualquier contaminación durante su distribución. Para ello debe utilizarse el cloro gaseoso, hipoclorito de calcio o hipoclorito de sodio u otros autorizados por el MINSA. (Guzmán, Rodríguez, & Salmerón, 2015)

3.1.27 Cloro residual

Es el cloro activo que permanece en el agua luego de desinfectarla, a fin de asegurar la desinfección durante un tiempo determinado. Según la OMS, “En la actualidad, la desinfección con cloro es la mejor garantía del agua microbiológicamente potable” Por sus propiedades, el cloro es efectivo para combatir todo tipo de microbios contenidos en el agua (incluidos las bacterias, los virus, los hongos y las levaduras) y las algas y limos que proliferan en el interior de las tuberías de suministro y en los depósitos de almacenamiento. En condiciones normales, el cloro residual varía entre 0.2 mg/L y 0.5 mg/L, lo ideal es 0.5 mg/L a la salida del tratamiento y no menos de 0.2 mg/L en el punto más alejado de la red. (Organización Panamericana de la Salud, 2013).

3.1.28 Población rural concentrada

Son aquellos centros poblados no ubicados en el área urbana con las siguientes características:

- El suelo está ocupado predominantemente por actividades no agropecuarias.
- Viviendas agrupadas o contiguas, en general, las distancias no son más de 20 m entre sí.
- Disponen de algún servicio de infraestructura como electricidad.
- Cuentan con algunos servicios como escuela, iglesia, centro de salud.
- Disponen de pulpería y una pieza de esparcimiento.
- Se identifica por un nombre determinado, que lo distingue de otro.

3.2 Estudios preliminares

3.2.1 Estudios topográficos para el abastecimiento de agua potable

Estos levantamientos deben dar una perfecta idea de conjunto y tener detalles suficientes para una ejecución posterior bien ubicada. El proyectista se deberá amarrar a la Red Geodésica Nacional de por lo menos dos puntos o mojones aprobados por INETER, convenientemente referenciados de tal manera que pueda reconstruirse a partir de ellos el levantamiento de campo realizado, presentándose los resultados en coordenadas UTM (Control Geodésico de la Red Nacional), tanto en el levantamiento planimétrico como altimétrico y deberá cumplir con las recomendaciones que al respecto indique el INETER.

- a. Levantamiento planimétrico:** Toma de datos sobre la ubicación en planta de los puntos de interés. Las distancias horizontales se miden con cinta y los ángulos horizontales con teodolito.
- b. Levantamiento altimétrico o nivelación:** Toma de datos sobre la altitud de los puntos de interés.
- c. Referencias topográficas:** Puntos fijos del terreno que permiten formar un triángulo con un vértice de una poligonal, de modo que este último pueda ser reubicado en caso de haber sido removido del terreno.

3.2.2 Estudios geotécnicos

Estos estudios deberán incluir la determinación de las siguientes características de los suelos: tipo de suelo, granulometría, módulo de elasticidad, valor soporte, límites de Atterberg, ángulo de fricción interna, cohesión y peso específico.

3.2.3 Estudio de la demanda

Según la NTON 09 001-99, es necesario determinar las demandas futuras de una población para prever en el diseño las exigencias, de la fuente de abastecimiento, líneas de conducción, redes de distribución, equipos de bombeo, y futuras extensiones del servicio. Por lo tanto, es necesario realizar los cálculos para la población futura en un número de años, que será fijada por los períodos económicos del diseño.

3.2.4 Estudio socio-económico

Para el óptimo desarrollo del proyecto es necesario un diagnóstico integral y referido a conocer a los grupos involucrados, el área de influencia, las condiciones de entrega de los bienes y servicios en los que el proyecto intervendrá y medios sustitutos o alternativos empleados por la población beneficiaria. Para lograrlo, debe aplicarse una encuesta con un enfoque sistémico para realizar un adecuado diagnóstico situacional. Para la integración de este estudio, se deberán considerar los siguientes aspectos: características generales de la localidad, siendo éstas, las políticas, geográficas, climatológicas, vías de comunicación, económicas y otras que se consideren necesarias. (Jiménez, 2015).

3.2.5 Estudios misceláneos

Estos comprenden la recolección de datos complementarios a los ya obtenidos en la investigación de cada uno de los numerales antes indicados. Estos datos comprenderán esencialmente:

- **Climatología:** Su influencia en los consumos de agua de la localidad, temperatura, humedad relativa del aire, influencia de los vientos.

- **Economía:** Posibilidades de desarrollo por influencias no ocurridas hasta el momento de estos estudios: nuevas vías de comunicación proyectadas o en ejecución; nuevas fuentes productivas de recursos naturales; establecimientos de industrias y aún el establecimiento del sistema de abastecimiento de agua y alcantarillado sanitario.

3.2.6 Preparación de planos y perfiles

Por lo general, los planos a escala 1:2500 son suficientes para mostrar los datos al nivel de detalle necesario para el anteproyecto, pero cuando existan muchas estructuras subterráneas se pueden precisar escalas de 1:500 o menores. En los perfiles longitudinales, deben señalarse las cotas de los ejes de las calles a distancias de 15 m aproximadamente y en todos los puntos en que haya cambios bruscos de la pendiente. Las curvas de nivel, cuando estén disponibles, deberán representarse con separación de 0.5 m. Deberán señalarse los puntos altos de las calles y los puntos bajos o depresiones, dando sus cotas al centímetro.

3.2.7 Modelación en EPANET 2.0

EPANET es un software capaz de realizar simulaciones de comportamiento hidráulico en periodos prolongados en redes de suministro a presión. La red está constituida por tuberías, nodos (uniones de tuberías), bombas, válvulas y tanques de almacenamiento o reservorios. Se construye un modelo a partir del dimensionamiento propuesto y se realizará una simulación editando los elementos hasta encontrar el que cumpla con todos los parámetros necesarios de la manera más óptima. Además del conocimiento de la concentración de diferentes componentes químicos, es posible determinar el tiempo de permanencia del agua en las tuberías, así como estudios de la procedencia del agua en cada punto de la red.

El modelo de simulación hidráulica de EPANET calcula alturas en conexiones y caudales en líneas para un conjunto fijo de niveles de depósitos, niveles de 33

tanques, y demandas de agua a lo largo de una sucesión de instantes temporales. (Rossman L. A., 2002).

3.3 Especificaciones para el diseño del sistema de abastecimiento de agua potable

3.3.1 Proyección de población

La población objetivo es el parámetro básico para dimensionar los componentes que integran los sistemas de abastecimiento de agua potable, realizando un análisis de censos nacionales y locales para determinar la tasa de crecimiento a utilizar para el cálculo de la población de diseño. Cuando no se dispongan de registros poblacionales oficiales debe efectuarse un censo poblacional.

3.3.2 Dotación

Caudal y volumen de agua que los planes hidrológicos consideran adecuados para la satisfacción de determinados usos del agua. Según ANA, para determinar las cantidades de agua que se requiere para satisfacer las condiciones inmediatas y futuras de las zonas urbanas y rurales proyectadas, se recomienda usar los valores de consumo medio diario contenido en la tabla de las dotaciones de agua potable para los departamentos del país. Se tomarán en cuenta las dotaciones adecuadas de acuerdo si en la localidad hay comercio, industria, entre otros. (Real Academia Española, 2022).

3.3.3 Consumo público o institucional (CPI)

Es la demanda determinada para el sector público e institucional.

3.3.4 Consumo doméstico (CD)

Es la demanda determinada para el sector habitacional.

3.3.5 Dotación de agua para población rural concentrada

La dotación para la población rural concentrada será de 100 Lppd según la NTON 09-007 19.

3.3.6 Dotación de agua para sector público e institucional

En el caso de diseños específicos de sistemas de agua potable para el sector público o institucional, el cálculo de la dotación deberá tomar como referencia las normativas específicas vigentes de cada institución el diseñador deberá considerar las demandas puntuales de instituciones que pudieran existir o estuvieran proyectadas en el área de influencia del proyecto, a fin de dotar las capacidades requeridas del sistema. Para el cálculo de los consumos comercial, público, institucional e industrial se usarán los porcentajes aplicados al consumo doméstico diario indicados en **Tabla 28** en Anexo IV.

3.3.7 Pérdidas

Parte del agua que se produce en un sistema de agua potable se pierde en cada uno de sus componentes. Esto constituye lo que se conoce con el nombre de fugas y/o desperdicio en el sistema. Dentro del proceso de diseño, esta cantidad de agua se puede expresar como un porcentaje del consumo del día promedio. En el caso de ciudades y localidades con más de 500 viviendas, el porcentaje se fijará en un 20% y para localidades hasta 500 viviendas el 15%.

CAPITULO 4

DISEÑO

METODOLÓGICO

“Miles de personas han sobrevivido sin amor, ninguna sin agua”

- W.H. Auden.

4. DISEÑO METODOLÓGICO

4.1 Tipo de estudio

Este estudio es de tipo descriptivo, porque analiza la estructura y componentes del sistema de abastecimiento de agua existente con el que se evaluó su funcionamiento y detalló las causas de capacidad insuficiente para satisfacer la demanda. Se establecieron las características demográficas de las unidades investigadas, como el número de población, la distribución por edad, nivel de educación, mediante entrevistas y cuestionarios a la población con el cual se realizó el muestreo y recolección de información. Así mismo, se elaboró un diagnóstico del sistema de abastecimiento de agua potable actual para proporcionar un mejor uso o rediseño del mismo con el fin de realizar una proyección óptima para satisfacer la demanda en cantidad y calidad. Se conoció la calidad del acuífero confinado Las Sierras, analizando los parámetros de calidad que se definen en las Normas para la clasificación del Recurso Hídrico (NTON 09 007-19), incluyendo esto; parámetros físico-químicos y análisis bacteriológicos y arsénico.

Con este proyecto se pretende mejorar las condiciones para proteger la salud de la población de la comunidad La Escoba; aumentar el desarrollo económico y proteger la ecología de la zona, así como la flora y fauna que vive en los alrededores del acuífero confinado Las Sierras.

4.2 Tipo de investigación

La presente investigación es del tipo investigación de campo con enfoque mixto, ya que se recopilaron y procesaron datos cuantitativos y cualitativos, a través de encuestas, cuestionarios, análisis de datos topográficos, hidrológicos y de calidad de agua, así como revisión bibliográfica.

4.3 Recopilación de información

En esta fase se recolectó toda la información del área en estudio, referente al estudio demográfico, tipos de suelo, topografía, nivel socio económico, salud, educación de la población, incluyendo también toda la información técnica disponible del sistema de abastecimiento existente, y el análisis de las proyecciones futuras de estos aspectos. Para este fin, se visitó las instituciones correspondientes como lo son la Alcaldía Municipal de Diriomo, INETER, FISE, INIDE y UNI.

4.4 Estudio de la fuente

A continuación, se describen las actividades que se realizaron para el estudio de la fuente de abastecimiento del sistema.

4.4.1 Prueba de bombeo

Se evaluó la prueba de bombeo realizada por el FISE en el año 2018 para verificar que cumpliera con lo establecido por ANA, Norma Rural NTON 09 001-99, y que se hayan obtenido correctamente los datos del nivel estático inicial y el caudal del bombeo por lo menos cada hora. De manera que para los sistemas con Mini Acueductos por Bombeo Eléctrico se debe cumplir con criterios de aceptación del pozo, como lo son:

- a. Ser sometido a una prueba a caudal variable con mínimo de cuatro etapas de una hora cada una, y la recomendación del caudal máximo de explotación se hará de acuerdo al análisis de la prueba y deberá ser igual o superior a 1.5 del Consumo Promedio Diario (CPD).
- b. Si la condición del sistema lo permite, ser sometido a una prueba a caudal constante de 24 horas de duración mínima.
- c. El caudal de explotación de bombeo en la prueba estará en función de un periodo de bombeo mínimo de 12 horas y máximo de 16 horas.

4.4.2 Estudios físicos, químicos y microbiológicos

Se revisó y evaluó el estudio de calidad del agua realizado por el FISE en 2018, para conocer la característica física, química, microbiológica, metales pesados, de plaguicidas organoclorados y organofosforados, del agua de la fuente. De manera que esté en conformidad a la norma CAPRE, 1994, y se hayan presentado los análisis siguientes: Coliforme total o coliforme fecal, olor, sabor, color, turbidez, temperatura, concentración de iones hidrógenos (pH), conductividad, cloro residual y contenido de arsénico.

4.4.3 Análisis de calidad del agua

Para verificar que el agua es apta para el consumo humano se revisó en el estudio de calidad del agua y así se determinó el grado y tipo de tratamiento a efectuar para asegurar la potabilidad del agua que será suministrada a los usuarios del sistema.

Estos análisis se hicieron en base a las Normas de Calidad del Agua para el consumo humano, adoptadas por el Ministerio de Salud (MINSA), mediante Acuerdo Ministerial No. 65-94 que corresponden a las Normas Regionales de Calidad del Agua para Consumo Humano (CAPRE, 1994).

4.5 Diagnóstico del sistema de abastecimiento actual de agua potable

Para realizar la evaluación del proyecto, se diagnosticó el sistema de abastecimiento actual de agua potable de la comunidad La Escoba, tanto de manera física según el estado de los componentes del sistema, como de manera funcional de acuerdo al análisis hidráulico, lo que nos permitió determinar la viabilidad del proyecto y su eficiencia y sostenibilidad, de manera que pudimos proporcionar información objetiva y fiable sobre dicho sistema, lo cual se hizo con base en la información de estudios realizados por el FISE en 2018 y planos topográficos existentes proporcionados por la alcaldía de Diriomo, la revisión del sistema se realizó mediante una serie de cálculos tanto de dotaciones como de consumos y periodos de diseño, adoptando criterios de diseño acorde con el

cumplimiento de las normas establecidas por el ANA, dichos criterios se emplearon en la concepción de los diferentes elementos que componen el sistema de abastecimiento y haciendo uso del programa EPANET 2.0 para el debido análisis hidráulico del sistema.

4.5.1 Dotación de agua

Al pertenecer el proyecto a una población rural concentrada su dotación para la evaluación del sistema fue de 100 Lppd, según lo establecido en la NTON 09 007-19.

4.5.2 Variaciones de consumo

Las variaciones del consumo se expresaron en porcentajes de las demandas promedio diario total y sirvieron de base para el dimensionamiento de la capacidad de las obras de captación, línea de conducción, tanque de almacenamiento y red de distribución.

▪ Consumo Máximo Diario

Este se calculó aplicando el factor 1.5 al consumo promedio diario, que es el correspondiente para las otras localidades de Nicaragua, según la norma rural NTON 09 007-19, ya que el proyecto se encuentra ubicado en el municipio de Diriomo, departamento de Granada.

$$CMD = 1.5 (CPD) + P$$

Ecuación 1 Consumo de máximo día

$$CPD = CD + CPI$$

Ecuación 2 Consumo promedio diario

Donde:

Factor de variación de consumo: 1.5

P: Pérdidas en el sistema (15 ó 20% del CPD)

CD: Consumo doméstico

CPI: Consumo público o institucional

- **Consumo de Máxima Hora**

Este se calculó aplicando el factor 2.5 al consumo promedio diario, que es el correspondiente para las áreas rurales de Nicaragua, según la norma rural NTON 09 007-19.

$$CMH = 2.5 (CPD) + P$$

Ecuación 3 Consumo de máxima hora

4.5.3 Volumen de almacenamiento

Se verificó que la capacidad del tanque de almacenamiento satisficiera las siguientes condiciones:

- **Volumen compensador:** el volumen necesario para compensar las variaciones horarias del consumo, en este caso se debe almacenar para poblaciones de 20,000 habitantes el 25% del consumo promedio diario más pérdidas.

$$Volumen_{compensador} = 25\% CPD$$

Ecuación 4 Volumen compensador

- **Volumen de reserva:** el volumen de reserva para atender eventualidades en caso de emergencia, reparaciones en líneas de conducción u obras de captación, se estimó igual al 15% del consumo promedio diario.

$$Volumen_{reserva} = 15\% CPD$$

Ecuación 5 Volumen de reserva

$$Capacidad_{tanque\ almacenamiento} = Volumen_{compensador} + Volumen_{reserva}$$

Ecuación 6 Capacidad del tanque de almacenamiento

No se considerará el volumen contra incendio ya que es una comunidad rural, que de acuerdo a las normas de ANA para poblaciones de 0 a 5,000

habitantes no se considera caudales contra incendio, la población para de la comunidad La Escoba es de 2,316 habitantes.

4.5.4 Línea de conducción

Al ser la línea de conducción existente por tubería y trabajo a presión se analizó con el cálculo hidráulico de la línea que consistió en utilizar el bombeo para vencer las pérdidas por fricción únicamente, ya que en este tipo de obras las pérdidas secundarias no se toman en cuenta por ser muy pequeñas.

Por ello la línea de conducción se analizó empleando la fórmula de Hazen-Williams, en la que se despeja la gradiente hidráulica u otras formas similares conocidas.

$$H = \frac{10.679 \times L \times Q^{1.85}}{C^{1.85} \times D^{4.87}}$$

Ecuación 7 Hazen – Williams

Donde:

Q: Caudal en metros cúbicos por segundo

C: Coeficiente de rugosidad

D: Diámetro interno de la tubería en metros

L: Longitud de la tubería en metros

H: Pérdida de carga en metros

Tabla 3 Coeficiente de rugosidad (C)

Coeficiente de rugosidad (C) en la fórmula de Hazen-Williams		
Materiales del conducto	C	
	Nuevos	Existentes
Cloruro de polivinilo (PVC)	150	130
Hierro fundido (interior y exteriormente)	130	100
Hierro galvanizado	130	100

Fuente: NTON 09 007-19

Se verificó que la línea de conducción existente cumpliera con los siguientes aspectos:

- Que en los puntos topográficamente elevados se mantuviera una presión mínima de 5 m.
- Que la presión estática máxima estuviera en función de las especificaciones técnicas de la clase de tubería que se está utilizando, y que se incorporara en la línea válvulas reguladoras de presión o cajas rompe presión donde fuera necesario.
- Para línea por bombeo, se verificó que la velocidad no excediera de 1.5 m/s.
- Se determinó el diámetro más conveniente de la tubería mediante el análisis económico correspondiente, la vida útil y los caudales de agua a conducir, haciendo uso de la expresión de diámetro económico presentada en las normas técnicas de ANA.
- Que la red estuviera provista de válvulas, accesorios y obras necesarias, para asegurar su buen funcionamiento y facilitar su mantenimiento.

4.5.4.1 Dimensionamiento hidráulico

Para el cálculo preliminar del diámetro económico se usó la fórmula siguiente: con $K=0.9$ y $n=0.45$.

$$D = K(Q)^n$$

Ecuación 8 Diámetro técnico económico preliminar

Donde:

D: Diámetro (m).

Q: Caudal de bombeo (m³/s).

n: Factor potencial.

4.5.4.2 Presiones máximas y mínimas

Para brindar presiones adecuadas en el funcionamiento del sistema de abastecimiento se recomienda que estas se cumplan dentro de un rango permisible. En las zonas rurales se permitirá presiones mínimas de 5 m.c.a. en el punto de la conexión con el medidor domiciliario y presiones máximas en la línea

de conducción de acuerdo a las características de los materiales y al análisis hidráulico a utilizar debidamente justificado. En la red de distribución las presiones máximas serán de 50 m.c.a.

4.5.4.3 Velocidades permisibles en tuberías

Se recomienda fijar valores de las velocidades del flujo en los conductos en un rango para evitar erosión interna o sedimentación en las tuberías. Se permitirán velocidades de flujo de 0.4 m/s a 5.00 m/s según la NTON 09 001-99, y 0.6 m/s a 5.00 m/s según la NTON 09 007-19, de ser necesario se deben instalar válvulas de limpieza.

$$V = \frac{4 Q}{\pi D^2}$$

Ecuación 9 Velocidad dentro de la tubería

4.5.4.4 Diámetro mínimo

El diámetro mínimo de la tubería de la red de distribución debe ser de 50 mm siempre y cuando se demuestre que su capacidad sea satisfactoria para atender la demanda máxima, en zonas rurales donde se determine no habrá crecimiento poblacional, podrá usarse el diámetro mínimo de 37.5 mm.

4.5.4.5 Cobertura sobre tubería

En el diseño de tuberías colocadas en calles de tránsito vehicular se mantendrá una cobertura mínima de 1.20 metros, sobre la corona del conducto en toda su longitud. Y en caminos de poco tráfico vehicular una cobertura de 1.0 metro sobre la corona del tubo.

4.5.4.6 Pérdidas de agua en el sistema

Cuando se diseña sistemas de abastecimiento de agua potable, es necesario considerar las pérdidas que se presentan en cada uno de sus componentes, la cantidad total de agua perdida se fija como un porcentaje del consumo promedio diario cuyo valor se encuentra entre un rango de 15% cuando hay menos de 500

viviendas y 20% si son más de 500, por tanto, se verificó que el sistema no excediera el 20% en pérdidas mediante la expresión de Hazen – Williams.

4.5.5 Red de distribución

La alternativa para la red de distribución se analizó bajo la condición de consumo de máxima hora al final del periodo de diseño, el cual resulta al aplicar el factor de 2.5 al consumo promedio diario más las pérdidas, y cuya alimentación será del tanque de almacenamiento. El análisis hidráulico se realizó con base en la expresión de Hazen – Williams. Y se verificó que los diámetros que se seleccionaron tuvieran la capacidad hidráulica para conducir la demanda de máxima hora doméstica.

4.5.6 Conexiones domiciliarias

Son tomas de agua que se aplican en el sector rural, sujeta a condiciones, tales como disponibilidad suficiente de agua, bajos costos de operaciones (sistemas por gravedad), capacidad de pago de la población y números de usuarios del servicio. El diámetro mínimo de cada conexión debe ser de ½ de pulgada (12.5 mm). En toda conexión domiciliaria debe instalarse un medidor de flujo de agua, válvula, caja protectora y una llave de chorro en caso de considerar conexión de patio. Cada puesto público debe tener uno o dos grifos de 12.5 mm de diámetro y debe contar con medidor de flujo y válvula de pase.

4.5.7 Accesorios complementarios

- **Tubería de llegada**

La tubería de llegada al tanque será de PVC SDR-17, que previo a su entrada se cambia a tubería H.G. de igual diámetro, contando también con válvulas de control de flujo

- **Tubería de salida**

La tubería de salida del tanque es de H.G., provista de una válvula de compuerta del mismo diámetro.

- **Tubería de limpieza**

La tubería de limpieza será de H.G. y ubicada al fondo del tanque, provista de una válvula de compuerta del mismo diámetro.

- **Tubería de rebose**

Consiste en una tubería de H.G., unida a la tubería de limpieza mediante un accesorio del mismo diámetro y material.

4.5.8 Diagnóstico del tanque de almacenamiento

En cualquier proyecto de sistema de agua potable debe diseñarse los tanques necesarios para almacenamiento de manera que estos sean todo el tiempo capaz de suplir las máximas demandas que se presenten durante la vida útil del sistema, además de mantener las reservas suficientes para hacerle frente, a los casos de interrupciones en el suministro de energía. (ANA, 2001, pág. 57).

Por ello se debe diagnosticar si el tanque de almacenamiento cumple con la capacidad requerida para suplir la demanda de la población.

4.6 Estudio topográfico

Se verificó que los levantamientos topográficos de altimetría y planimetría de las calles del sitio realizados por el FISE, estuvieran realizados correctamente de manera que proveyeran a las distintas disciplinas que conforman el proyecto y que se estableciera la configuración actual del terreno y calles, incluyendo los predios del tanque, los alineamientos y sitios donde se ubican los nuevos elementos y redes de los acueductos, así como también la ubicación y alineación de las estructuras existentes.

4.7 Periodo de diseño

Este proyecto tiene como finalidad brindar un servicio permanente y continuo, suministrando agua potable que cumpla con todos los estándares de calidad, para abastecer en su totalidad la demanda de la población que se estima se alcanzará en un periodo de 20 años, siendo el año 2024 nuestro año base.

4.8 Evaluación socio – económica

Para lograr tener un sistema de abastecimiento de agua potable sostenible, se utilizó uno de los criterios que es que la opción y el nivel de servicio estuvieran acorde a las condiciones físicas, económicas, sociales y culturales de la región a ser atendida; por tanto, se obtuvo la mayor información de la población, de tal forma que se seleccionó el tipo de sistema más conveniente para la comunidad. Por ello, se revisó el censo poblacional de la comunidad La Escoba, con el objetivo de conocer y valorar la situación que enfrentan sus habitantes, con respecto a salud, educación, género, economía, demanda y calidad de agua, entre otros; para esto se realizó una serie de encuestas a un número de habitantes de la población actual para determinar dichos criterios de interés económico y social a evaluar.

4.9 Estudio demográfico

Para realizar el estudio de demanda poblacional de la comunidad La Escoba, se actualizaron los datos de población y vivienda, mediante una encuesta poblacional, en la que se utilizó como base los datos obtenidos en el último censo poblacional realizado por el INIDE en el año 2005; basado en dichos resultados se proyectó la población y se determinó la dirección del crecimiento poblacional para disponer la ubicación más eficiente de la línea de conducción.

Para obtener la población de diseño de la comunidad La Escoba y sus comunidades aledañas, se utilizó el método de proyección aritmético, ya que la comunidad pertenece a una población rural concentrada y se mantiene en crecimiento estabilizado. Para determinar la proyección de población de la comunidad La Escoba se utilizó la ecuación correspondiente al método aritmético:

$$P_n = P_o + (r * n)$$

Ecuación 10 Proyección de población por método aritmético

Donde:

P_n: Población proyectada al año “n” (hab.)

P₀: Población inicial (hab.)

r: Tasa de crecimiento (porcentaje)

n: Intervalo de tiempo (años)

4.9.1 Entrevista

Esta actividad tuvo la finalidad de conocer la información histórica de la comunidad, así como las necesidades de abastecimiento de agua potable y saneamiento, a través de fuentes de información primarias, como el líder la comunidad, y responsables del comité de agua (CAPS), así como a funcionarios de la Alcaldía Municipal de Diriomo.

4.9.2 Encuesta

En esta actividad se realizó una encuesta que abordó el aspecto socioeconómico, que brindó datos tales como, cuánto estaría dispuesto a pagar los posibles consumidores por el servicio, y el aspecto salud e higiene, el cual nos ayudó a determinar las enfermedades de origen hídrico transmitidas. Y se conocieron las características de la población de la comunidad La Escoba, tales como, la composición familiar y condiciones sanitarias y económicas de la misma. Para ello se utilizó la ecuación propuesta por Murray y Larry (2005) para determinar el tamaño de la muestra poblacional a la cual realizar dicha encuesta.

4.10 Estudio geotécnico

Ya que este estudio fue realizado por el FISE en el año 2018 para la comunidad La Escoba se realizó una revisión de la información geológica y estratigráfica (composición, estructura y propiedades físicas y mecánicas), con el objetivo de conocer las condiciones y características del material subyacente del subsuelo en el sitio mencionado, la capacidad de soporte correspondiente del mismo y el nivel de desplante de las fundaciones proyectadas.

4.11 Rediseño del sistema de distribución de agua potable

Una vez que se evaluó el sistema de abastecimiento existente se procedió a proponer una alternativa de solución viable, de manera que se reutilizaron los componentes que estaban en condiciones óptimas de operación, para reducir costos y garantizar un eficiente funcionamiento del sistema, de manera que fuera la más económica y eficiente para el nuevo sistema de abastecimiento de agua potable, y que cumpliera con las normas vigentes del ANA.

4.11.1 Obra de captación

Esta es la estructura que se construye para captar el agua de la fuente subterránea, que en este proyecto consiste en un pozo perforado para el abastecimiento de agua potable de la comunidad La Escoba. De esta obra sale la línea de impulsión hacia el resto de elementos del acueducto.

El pozo se opera y se mantiene fácilmente mediante un operador o fontanero locales entrenados y no se requiere de recursos externos si se dispone de materiales y herramientas necesarias.

4.11.2 Equipo de bombeo

En la práctica nacional generalmente los equipos de bombeo que se ocupan para pozos mayores de 10 metros son con un sistema de turbinas de eje vertical y sumergible.

El equipo a utilizar para este proyecto consiste en una bomba centrífuga de eje vertical con motor sumergible, con un caudal de explotación de bombeo en función de un periodo mínimo de 12 horas y máximo de 16 horas. Este caudal máximo de explotación de un pozo será igual o superior a 1.5 del consumo promedio diario (CPD).

Para la estación de bombeo de pozos profundos, la profundidad e instalación de la bomba debe estar definida por las condiciones hidráulicas del acuífero y el caudal de agua a extraerse, tomando en consideración lo siguiente:

- Nivel de bombeo, de acuerdo a prueba de bombeo.
- El factor de seguridad en la sumergencia de la bomba está en dependencia de las variaciones estacionales o niveles naturales del agua subterránea en época seca y época lluviosa.
- El diámetro del ademe del pozo debe estar relacionado al caudal a extraer de acuerdo a lo establecido en la tabla No. 2.
- El diámetro de la columna de bombeo dentro del pozo acoplado a la bomba, será diseñada para una pérdida de fricción no mayor del 5% de su longitud, por la cual se recomienda los diámetros para la columna de bombeo en relación al caudal. Mediante la siguiente tabla:

Tabla 4 Diámetros de columna de bombeo en relación al caudal.

Diámetro de columna de bombeo (mm)	Caudal de bombeo (L/s)
75	3.15
100	6.3
150	37.8
200	75.7

Fuente: NTON 09 007-19

La longitud de columna se establece para que el cuerpo de la bomba se sumerja 6 m bajo el nivel mínimo de bombeo. La velocidad del equipo de bombeo debe ser de 1760 RPM, sólo que no sea posible conseguir esta se debe usar otras velocidades.

Se utilizó la expresión de Hazen – Williams para estimar las pérdidas por fricción en la tubería existente de descarga, utilizando los coeficientes de fricción 100 y 130, para tubería de hierro galvanizado y PVC respectivamente; dichas pérdidas representan el 5% de la longitud de succión. Se consideró una eficiencia teórica de la bomba del 60%, por ser el valor medio del rango establecido en la norma.

4.11.2.1 Carga total dinámica

Es la carga total contra la cual debe operar una bomba, la energía por unidad de peso del líquido que debe suministrar la bomba al mismo para que pueda realizar el trabajo que pretende.

La carga total dinámica en todas las estaciones de bombeo, cuando estas trabajen en serie se dividirá en partes iguales y de acuerdo a las presiones mínimas y máximas. De tal forma que cada estación trabaje a la misma capacidad, con el fin de normalizar los tipos de equipo a instalar.

$$CTD = CED + H_{total}$$

Ecuación 11. Carga total dinámica

Donde:

NB: Nivel más bajo del agua durante el bombeo.

CED: Carga estática de la descarga.

$h_{f_{columna}}$: Pérdidas de la columna dentro del pozo.

$h_{f_{descarga}}$: Pérdidas en la descarga.

NB: NEA + Variación + Abatimiento.

CED: Nivel del agua en la descarga – Nivel más bajo en la superficie.

a. Pérdidas en la columna.

$$L_c = NB + SUMERGENCIA$$

Ecuación 12 Longitud de la columna

En la práctica la sumergencia de la bomba generalmente se estima en unos 10 a 20 pies, por lo cual se utiliza el mayor de 20 pies equivalentes a 6.096 metros.

$$h_{f_{columna}} = 5\%L_c$$

Ecuación 13 Pérdidas en la columna

b. Pérdidas en la descarga.

$$H_{desc} = \frac{10.679 \times L \times Q^{1.85}}{C^{1.85} \times D^{4.87}}$$

Ecuación 14 Pérdidas en la descarga

$$L = L_{tubería} + Le$$

Ecuación 15 Longitud

Donde:

Le: Longitud equivalente que depende de los elementos contenido en la sarta.

L_{tubería}: Longitud del pozo al punto final.

c. Pérdidas totales

$$H_{total} = hf_{columna} + H_{desc}$$

Ecuación 16 Pérdidas totales

4.11.2.2 Potencia de la bomba

a. Potencia hidráulica de la bomba

$$Pb = \frac{Q \times CTD}{3960}$$

Ecuación 17 Potencia hidráulica de la bomba

b. Potencia analítica del equipo de bombeo

$$PEB = \frac{Pb}{e}$$

Ecuación 18 Potencia del equipo de bombeo

Donde:

Pb: Potencia de la bomba (HP).

Q: CMD (gpm).

CTD: Carga total dinámica (pie).

e: Eficiencia del motor.

c. Potencia del motor

$$P_m = P_{EB} \times 1.15$$

Ecuación 19 Potencia del motor

4.11.3 Desinfección por cloración

Se efectuará el sistema de cloración mediante un dispositivo eléctrico o hidráulico (por goteo), que se utilizará para inyectar o agregar la solución de cloro al sistema de agua en la descarga del pozo proyectado, cuyo caudal de diseño corresponde a la demanda de máximo día extraída por el pozo.

Es recomendable el método de dosificación de cloro sobre el punto de quiebre. En base a los resultados obtenidos de los análisis de la calidad de agua, se propuso el tipo de desinfección adecuado. Para desinfectar el agua averiguamos la concentración del cloro que vamos a utilizar para preparar adecuadamente la dosificación de la mezcla.

La **Tabla 58** y **Tabla 59** en Anexo XX nos sirve para calcular la dosificación del cloro que ponemos en el tanque del hipoclorador o en el equipo de cloración hidráulico. Esta mezcla se prepara diariamente para conservar su efectividad. La mezcla de cloro depende de la cantidad de agua que puede alcanzar en el hipoclorador.

Se debe medir diariamente el flujo de cloro, a fin de asegurarse de que se está aplicando la dosis apropiada de cloro (calcular la demanda de cloro). Esta debe ser la necesaria para satisfacer la demanda de cloro y para proporcionar un residual libre de por lo menos 0.2 mg/l en la conexión de cada consumidor, esto se puede con un comparímetro usando pastilla de DPD. Este método es sencillo, solo se toma los frasco que vienen en el comparímetro, se llena uno de ellos hasta la marca, se deja caer una pastilla de DPD y tomará un color rosado, rojo, más o menos intenso dependiendo de la cantidad de cloro que exista en el agua, en el otro frasco se llena de agua hasta la marca pero no se le agrega pastilla, este

recipiente se coloca en el otro depósito del comparímetro que no tiene los colores y una vez introducido los dos se puede leer con facilidad, haciendo rotar las rueda donde están indicado los valores de cloro residual. Esta prueba está descrita en los standards Methods.

4.11.3.1 Dimensionamiento

$$Cantidad\ de\ cloro = Q * 0.012 * D\ (lb/día)$$

Ecuación 20 Cantidad de cloro

Donde:

Q = Caudal de diseño (gpm)

D = Dosis promedio del desinfectante

En un recipiente pequeño se hace una primera mezcla, después se remueve con un trozo de madera, destinado sólo para este uso, hasta que esté diluido el hipoclorito de calcio. Cuando está preparada la mezcla, se echa en el hipoclorador, se regula el sistema de cloración de acuerdo al caudal que llega al tanque y ahí se deja por un máximo de dos días, que es el tiempo adecuado de duración de la mezcla.

4.11.4 Línea de conducción

Para su dimensionamiento se consideraron los siguientes aspectos:

- Se dimensionó para la condición del consumo de máximo día al final del período de diseño (CMD = 1.5 CP, más las pérdidas).
- La tubería de descarga fue seleccionada para resistir las presiones altas, y para ser protegidas contra el golpe de ariete mediante la instalación de válvulas aliviadoras de presión en las vecindades de las descargas de las bombas.
- Línea de conducción y tubería de descarga hacen referencia a la misma estructura, por tanto, es el mismo diámetro económico del que se usó en el diseño del pozo.

4.11.4.1 Velocidad

La velocidad en la línea de conducción fue calculada a partir de la fórmula de continuidad, que se expresa como:

$$V = \frac{4Q}{\pi D^2}$$

Este límite es una medida para limitar los efectos del golpe de ariete que se pueda presentar en el sistema de bombeo.

4.11.4.2 Golpe de ariete

Se denomina golpe de ariete al choque violento que se produce sobre las paredes de un conducto forzado, cuando el movimiento del líquido es modificado bruscamente. Las unidades de bombeo (incluyendo el equipo auxiliar) deben tener una capacidad lo suficientemente amplia, en cuanto al número de unidades que permitan la reparación al menos de una unidad sin serias reducciones en el servicio.

a. Cálculo de celeridad

El valor de la celeridad es la velocidad de propagación de la onda de sobrepresión y se calcula mediante fórmula de Allievi:

$$C = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + K\left(\frac{D}{e}\right)}}$$

Ecuación 21 Celeridad

Donde:

C: Celeridad o velocidad de la onda de compresión o de succión (m/s).

D: Diámetro de la tubería (m).

e: Espesor de los tubos (m).

K: Coeficiente que tiene en cuenta los módulos de elasticidad (adimensional).

b. Sobrepresión máxima

La sobrepresión máxima será:

$$G.A = \frac{C V}{g}$$

Ecuación 22 Sobrepresión máxima

Donde:

G.A: Sobrepresión (m).

C: Celeridad (m/s).

V: Velocidad media del agua (m/s).

g: Aceleración de la gravedad (m/s²).

c. Presión total

$$PT = G.A + CED$$

Ecuación 23 Presión total

Para cumplir con el diseño por golpe de ariete se consideró la **Tabla 30** y **Tabla 31**, en Anexo IV.

4.11.5 Medición del cloro residual

La medida del cloro residual en un suministro de agua es un método simple pero importante para revisar si el agua suministrada es segura para el consumo. El cloro se usa como desinfectante con mayor frecuencia cuando el agua se suministra mediante tuberías.

Generalmente, el cloro residual se determina en los siguientes puntos:

- Inmediatamente después de que se ha añadido el cloro al agua para revisar que el proceso de cloración esté funcionando.
- En el sitio de entrega al público más cercano al punto de cloración, para verificar que los niveles de cloro residual no sean menores que 0.2 mg/L.
- En el punto más lejano de la tubería, donde probablemente los niveles de cloro residual sean los más bajos. Si los niveles de cloro se encuentran por

debajo de 0.2 mg/L, es necesario añadir más cloro en un punto intermedio de la red de tuberías.

La prueba más común es el indicador de DPD (dietil-para-fenil-diamina) mediante un kit de comparación. Esta prueba es el método más rápido y sencillo para evaluar el cloro residual, en la cual se añade una tableta de reactivo a una muestra de agua, que la tiñe de rojo. La intensidad del color se compara con una tabla de colores estándar para determinar la concentración de cloro en el agua. Entre más intenso el color, mayor es la concentración de cloro en el agua. Los kits son pequeños y portátiles.

Luego de calcular la cantidad de cloro requerida, se procedió a introducir la dosis de hipoclorito de calcio al software EPANET 2.0, para obtener los resultados de cloro residual en el sistema, mediante la curva de evolución del cloro.

CAPITULO 5

CÁLCULOS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

“El agua y la tierra, los dos fluidos esenciales de los que depende la vida, se han convertido en latas globales de basura”

- Jacques Cousteau

5. CÁLCULOS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

5.1 Descripción del sistema proyectado de abastecimiento de agua

El sistema de abastecimiento de agua potable propuesto para la comunidad La Escoba es un Mini Acueducto por Bombeo Eléctrico (MABE), del tipo Fuente-Tanque-Red. Seguidamente se brindan los distintos aspectos que se consideraron para la rehabilitación de los elementos que constituirán el nuevo sistema de abastecimiento de agua potable.

5.2 Estudio de la fuente existente de abastecimiento del sistema de agua potable

5.2.1 Fuente de abastecimiento

Cercana a estas comunidades no existe otra alternativa de abastecimiento que permita hacer uso de ellos, por lo que se define como única fuente de abastecimiento de agua de las comunidades La Escoba y aledañas, las aguas subterráneas del acuífero confinado Las Sierras; dicha formación posee un espesor de 650 m y presenta buena transmisividad y coeficiente de almacenamiento, lo que nos permite seguir haciendo uso del mismo como futura fuente de agua para estas comunidades.

Cabe destacar que, a pesar de tratarse de un acuífero confinado, debido a que la profundidad del pozo existente no llega al confinamiento, por lo cual su explotación se realiza de forma libre y por tal razón para efectos de cálculo, revisión y diseño se considera como un acuífero libre.

El pozo utilizado en la actualidad fue perforado de hace más de 40 años, el caudal con que se está explotando el acuífero no es suficiente para abastecer la población tanto actual como futura, por lo que surge la necesidad de un rediseño del sistema de abastecimiento, en cuanto a calidad, el agua cumple con las normas para el consumo humano dadas por CAPRE.

5.2.1.1 Datos técnicos del pozo existente

El pozo existente en la comunidad La Escoba se ubica bajo las coordenadas 605220E-1308189N a 240 msnm, realizado por medio de sistema de perforado rotativo con inyección directa de aire.

Tabla 5 Especificaciones técnicas del pozo existente de la comunidad La Escoba

N°	Descripción	UM	Resultados
1	Profundidad	m	152.44
2	NEA	m	67.07
3	Columna de Agua	m	85.37
4	Caudal	gpm	100
5	Agujero perforación	Pulg.	16
6	Revestimiento (ademe).	Pulg.	10
7	Tubería Ranurada	m	56.12
8	Tubería Ciega	m	96.32
9	Sello Sanitario	m	9.14

Fuente: FISE

5.2.1.2 Evaluación de los resultados de la prueba de bombeo del FISE

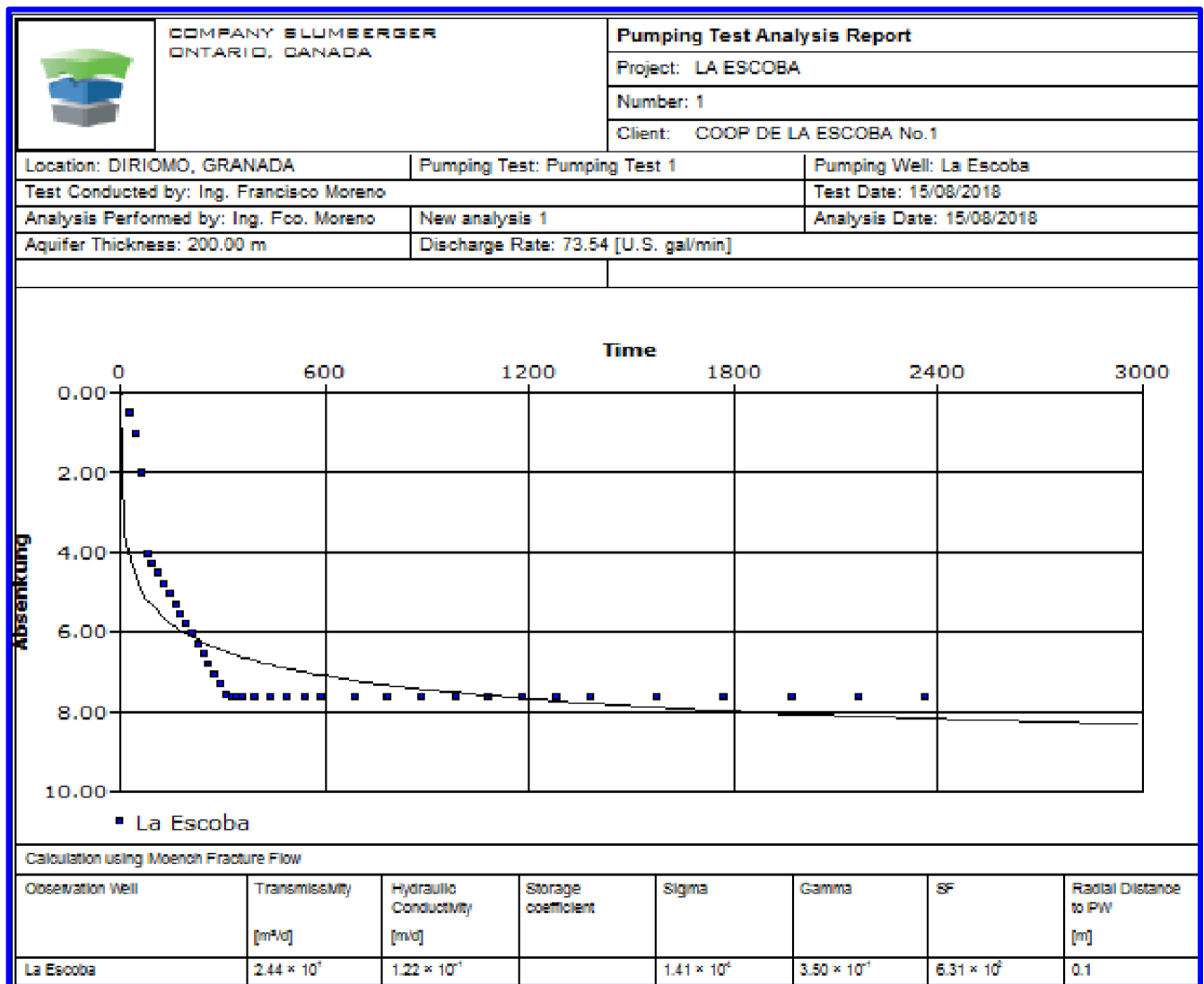
La prueba realizada por el FISE el 10 de agosto de 2018, en el pozo perforado existente denominado La Escoba, bajo coordenadas 605220E-1308189N a 240 msnm se inició a las 5:00 am y finalizó a las 5:00 pm, con una duración total de 12 horas continuas de bombeo.

La prueba se efectuó a caudal constante con el equipo de bombeo que posee el pozo existente, cuyo caudal es de 73.5 gpm, durante este periodo de bombeo hubo un descenso de 3.04 m y la recuperación duró 1 hora con 15 minutos (esto de acuerdo datos de levantamiento de campo realizado por el Ing. Francisco Moreno, consultor del FISE). Cabe mencionar que la prueba fue realizada con el equipo existente en el pozo, razón por la cual no se realizó de manera escalonada, solo con la capacidad

del equipo instalado. Dicha prueba se realizó con un equipo sumergible de capacidad de 30 a 100 gpm a un motor de 5 HP trifásico 230 voltios.

El objetivo de la prueba de bombeo es evaluar y conocer las propiedades hidráulicas del acuífero, tales como transmisibilidad (T), permeabilidad (K), coeficiente de almacenamiento (S), y capacidad específica (CE). A partir de esta última podemos observar el rendimiento del pozo por cada pie de descenso.

Figura 6 Resultados Prueba de Bombeo realizada por el FISE



Fuente: FISE

Tabla 6 Propiedades hidráulicas del acuífero

Propiedades Hidráulicas del Acuífero		
Nombre	Ecuación	Resultado
Transmisividad (T)	$T = 0.183 \cdot Q / \Delta s$	68.42 m ² /d
Permeabilidad (K)	$K = T / \text{Espesor saturado}$	0.7825 m/d
Coefficiente de almacenamiento (S)	Rango de valores según Johnson SCREMS	0.01 - 0.35
Capacidad específica (CE)	$CE = Q / \Delta s$	2.46 m ³ /h/m

Fuente: Elaboración propia mediante datos del FISE

Según la norma NTON 09 007-19 para los Mini Acueductos por Bombeo Eléctrico la recomendación del caudal máximo de explotación se hará de acuerdo al análisis de la prueba y deberá ser igual o superior a 1.5 del consumo día promedio (CPD).

La prueba fue realizada únicamente a caudal constante, ya que, se realizó con el equipo de bombeo existente en el pozo, el cual no posee la capacidad para realizarse de manera variable, y por ello tampoco puede utilizarse para un bombeo de más de 12 horas, razón por la cual no se realizó la prueba con la duración de 24 horas propuesta por la norma, sin embargo según el Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (Captación en pozos profundos, Libro 8) capítulo 8 (Pruebas de aforo, pág. 165), con 12 horas de bombeo es suficiente para obtener la curva característica y alcanzar los objetivos de la prueba, sin embargo en la curva de prueba de bombeo realizada por el FISE no se encuentra graficado el descenso pero si proporcionaron su valor siendo este de 3.04 m, y su recuperación fue en 1 hora y 15 minutos, por lo tanto se concluye con que la prueba realizada por el FISE fue ejecutada de manera correcta, ya que se obtuvieron los datos técnicos necesarios.

Dichos datos, fueron utilizados para calcular la capacidad específica resultando ser de 0.54 gpm/pie, cuyo valor se encuentra en el rango de 0.48 a 4.83 gpm/pie, que según la tabla de clasificación de transmisividad Krásny 1993, en cuanto a los parámetros comparativos regionales correspondiente al coeficiente de

transmisividad, según el caudal específico o capacidad específica, la transmisividad del acuífero en estudio es de clase III y de denominación moderada, con valores que varían entre los 10 a 100 m²/d. Ver **Tabla 56** en Anexo XIX.

5.2 Estudios físicos, químicos y microbiológicos

Ya que el presente proyecto contempla la perforación de un nuevo pozo, los análisis físico-químico, microbiológico, metales pesados, organolépticos y de plaguicidas para obtener la calidad del agua se realizaron en el pozo perforado existente que está ubicado en el mismo predio del pozo que se propone a construir, con el fin de obtener datos de referencia para la calidad del agua en la zona de estudio, bajo las siguientes coordenadas:

Tabla 7 Coordenadas del pozo perforado

Coordenada UTM	Este	Norte
Pozo perforado	605254.61	1308103.83

Fuente: FISE

5.2.1 Resultados de los estudios físico-químicos

El 22 de abril del año 2019, el FISE realizó la extracción de muestras de agua en el pozo ubicado en la comunidad La Escoba, Diriomo, con el fin de ser analizada para obtener los resultados de los parámetros físico-químico, microbiológico, de arsénico y de plaguicidas, que pudieran estar presentes en el agua que consume la comunidad La Escoba, y de esta manera realizar un análisis de calidad del agua.

Se recolectaron cuatro muestras del pozo La Escoba, las cuales fueron transportadas para su análisis al laboratorio de la Universidad Nacional de Ingeniería, PIENSA (Programa de Investigación, Estudios Nacionales y Servicios del Ambiente), en Managua, Nicaragua, y basado en estos, el FISE realizó su informe de análisis de calidad de agua, donde presentaron las tablas resumen de los valores obtenidos para la clasificación del recurso hídrico, ver

Tabla 33 en Anexo VI.

Los resultados obtenidos de los análisis físico-químicos presentaron valores que se encuentran dentro de los rangos establecidos según la norma CAPRE. Los valores de turbidez, color, pH, sodio, potasio, calcio y magnesio se clasifican en la categoría 1A, que según la OMS con dichos valores el agua posee una turbidez ideal, tiene el color adecuado y una buena acidez, ver

Tabla 33 en Anexo VI. En cuanto a la concentración de sólidos totales su valor se considera excelente, al estar el resultado entre el rango las aguas subterráneas son satisfactorias para uso doméstico y consumo humano, ver **Tabla 35** en Anexo VIII.

Los valores obtenidos de carbonatos y nitritos en el agua analizada no fueron detectados lo que significa que fueron muy menores al valor máximo admisible según norma; los valores de sulfatos, cloruros, nitratos y fluoruros se presentan muy por debajo del límite máximo deseado, mientras que el valor obtenido de manganeso no es el recomendado por la norma CAPRE, sin embargo, está por debajo del máximo admisible.

El valor obtenido de la conductividad eléctrica está en el rango según la norma, por lo cual se puede afirmar que el agua se encuentra dentro del parámetro de mejor calidad y según tales valores las aguas subterráneas son dulces. Ver **Tabla 35** en Anexo VIII.

El resultado de dureza como carbonato de calcio fue de 125.13 mg/L y según la norma CAPRE el valor recomendado es 400 mg/L. Según la clasificación de la Organización Mundial de la Salud (OMS), se define como agua blanda la que presenta concentraciones inferiores a 60 mg/L de carbonato de calcio (CaCO_3), medianamente dura entre 61 y 120 mg/L, dura entre 121 y 180 mg/L y muy dura aquella con valores superiores a 180 mg/L. La concentración de dureza total de calcio es aceptable hasta los 180 mg/L, como límite máximo, por lo que el valor obtenido en el análisis físico-

químico, clasifica al agua como dura, ya que el valor está por encima del máximo deseable 100 mg/L, sin embargo, está muy por debajo del máximo tolerable, por lo cual el agua es aceptable. Ver **Tabla 35** en Anexo VIII. No obstante, el agua dura no produce espuma con el jabón, que a veces altera el color de la ropa sin poder lavarla correctamente, forma una dura costra en las ollas y en los grifos y, algunas veces, tiene un sabor desagradable.

Realizar un análisis para saber el contenido de arsénico es importante, porque conforme el agua fluye a través de determinadas formaciones rocosas, el arsénico puede disolverse y desplazarse hasta acuíferos subterráneos, arroyos o ríos que pueden ser fuente de agua potable, y su presencia en altos niveles constituye un peligro para la salud, como lo son: engrosamiento y decoloración de la piel; dolor estomacal, náuseas, vómitos y diarrea; diabetes y trastornos en el sistema reproductor, nervioso, inmunitario, hepático, pulmonar o cardíaco; cáncer en la vejiga, los pulmones, la piel, los riñones, el hígado y la próstata. Según el análisis físico-químico realizado, no se detectó la presencia de arsénico, lo que significa que el valor fue menor a 0.005 mg/L, que a su vez es mucho menor que el valor máximo admisible de 0.01 mg/L especificado en la norma. Ver

Tabla 33 en Anexo VI.

5.2.2 Análisis de resultados bacteriológico

- **Coliformes totales:** Según el análisis para coliformes totales el resultado fue de 0 NMP/100 ml¹, y según la normativa en todos los casos el resultado de este parámetro debe ser negativo. Ver **Tabla 37** en Anexo IXVI.
- **Coliformes fecales:** Según el análisis para coliformes fecales el resultado fue de 0 NMP/100 ml y según la normativa en todos los casos el resultado de este parámetro debe ser negativo. Ver **Tabla 34Tabla 37** en Anexo IXVII.

¹ NMP/100 ml: número más probable en 100 mililitros

5.2.3 Análisis de resultados de pesticidas, organoclorados y organofosforados

Como se puede notar en la **Tabla 34** de Anexo VII, el análisis resultó para todos los pesticidas negativos o no detectados, por lo cual el agua analizada no contiene la presencia de dichos pesticidas y es apta para consumo humano.

5.3 Evaluación de la calidad del agua

El agua es uno de los principales medios transmisores de enfermedades causadas por agentes patógenos y químicos, suelen ser los mayores productores de enfermedades y de muertes. Dichos elementos pueden ingresar a los acuíferos y ser transportados por el agua hasta las captaciones.

Es frecuente encontrar en el agua subterránea, protozoarios, bacterias y virus causantes de enfermedades, los cuales son acarreados por percolación de aguas residuales que estuvieron en contacto con materia fecal; por ello es importante y necesario realizar una evaluación de la calidad del agua del acuífero que servirá de fuente de abastecimiento a una población determinada; por lo cual se realizó un análisis de la calidad de agua del pozo perforado existente (La Escoba).

Los resultados de los parámetros físico-químico, análisis microbiológico, de arsénico, pesticidas organoclorados y organofosforados, de la muestra de agua subterránea analizada, obtenida en su estado natural del pozo perforado profundo existente, indican que el recurso hídrico muestreado corresponde a la categoría 1-A: Aguas que desde el punto de vista sanitario pueden ser acondicionados con la sola adición de desinfectante.

En relación a los nitritos y nitratos se mantienen muy por debajo de los rangos establecidos, haciendo la respectiva conversión a nitrógeno resulta ser 3.63021 mg/L.²

Tabla 8 Tabla de conversión a Nitrógeno.

mg/L	N
NO3	0.22590
NO2	0.30446

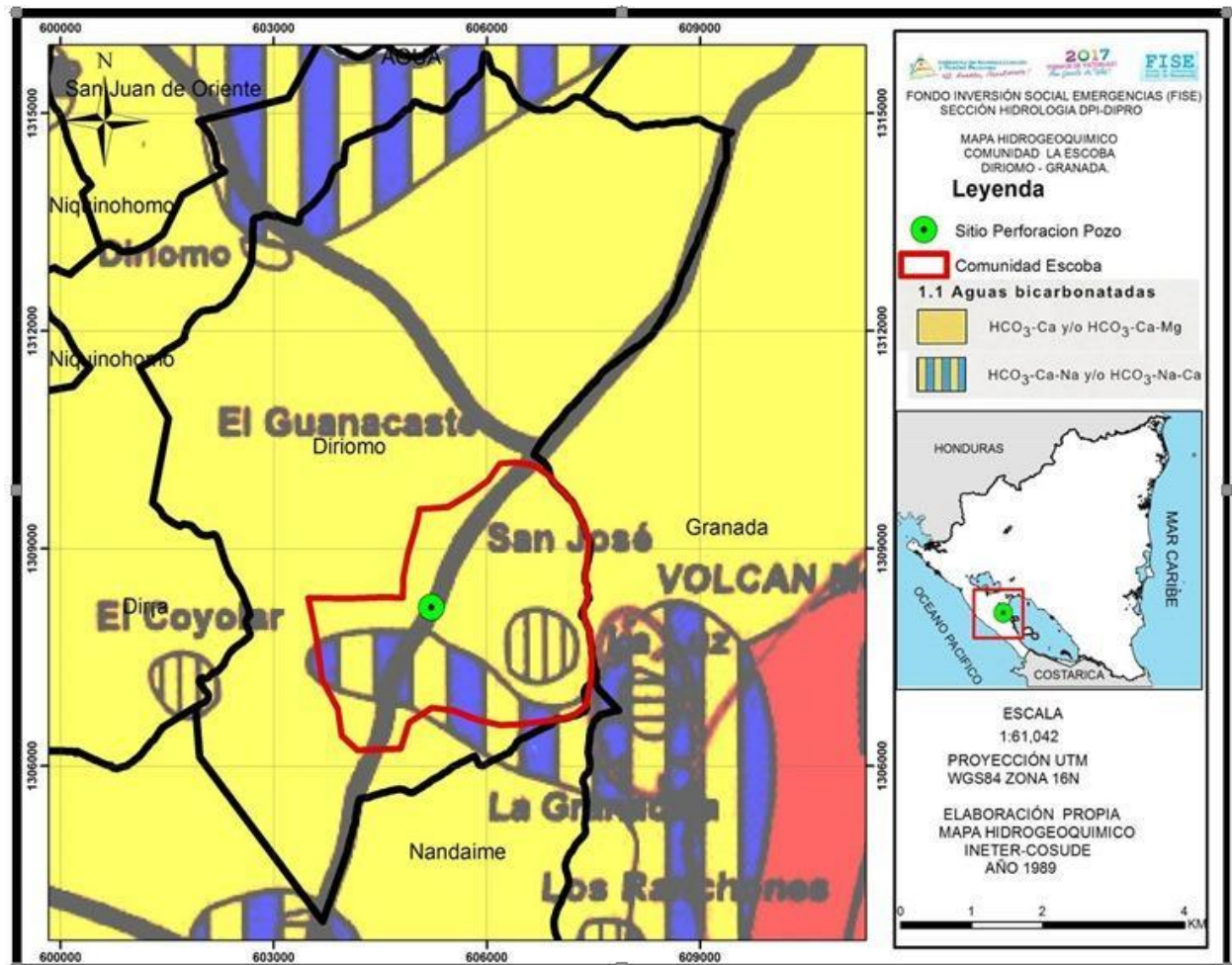
Fuente: FISE

Dichos parámetros se encuentran dentro de los estándares de la norma para clasificación de los cuerpos de aguas de acuerdo a sus usos (NTON 09 007-19). Ver **Tabla 39** en Anexo IX. Los resultados bacteriológicos de colimetría completa, indican ausencia de Coliforme. Esto evidencia el cumplimiento del adecuado protocolo de toma y custodia de la muestra, por lo que se concluye que la calidad del agua subterránea del acuífero local, en la comunidad La Escoba, es óptima para consumo humano, sin embargo, se establece como medida profiláctica la operación continua y permanente del proceso de desinfección a base de hipoclorito de calcio (Ca (ClO)₂).

Como puede observarse en el Mapa Hidroquímico del municipio de Diriomo, realizado por INETER-COSUDE en 1989, la calidad del agua presente del área de estudio donde se realizará la perforación del pozo es de un solo tipo, correspondiendo a Bicarbonatada-Cálcica, también se observa que al sur de la comunidad la calidad es del tipo Bicarbonatada-Cálcica-Sódica, la cual es aceptable para consumo humano.

² (Nitrito + Nitrato = N)

Figura 7 Mapa Hidroquímicos del municipio de Diriomo.



Fuente: INETER COSUDE 1998.

5.3 Diagnóstico del sistema de abastecimiento actual de agua potable

En el presente apartado se presentan los resultados de dotaciones, consumos y periodos de diseño que fueron calculados con base en la información obtenida de los estudios y planos topográficos existentes, para realizar el debido diagnóstico del sistema de abastecimiento.

5.3.1 Dotación de agua

De acuerdo al estudio realizado por el FISE, la comunidad La Escoba es una población rural concentrada, por lo cual utilizaron una dotación de 60 Lppd, según lo

establecido en la NTON 09 001-99, pág. 10, sin embargo, en la actualidad hay una nueva versión de la norma NTON 09 007-19, donde menciona que la dotación para una población rural concentrada es de 100 Lppd. Al cambiar dicha dotación, se hace necesario actualizar también el diseño del sistema de abastecimiento de agua potable, ya que anteriormente se utilizó una menor dotación con respecto a la norma vigente.

5.3.2 Población de diseño

En el año 2018 el FISE, realizó un estudio en el que estableció para el proyecto que la población estimada inicial al año 2018 era de 2,316 habitantes, y una población final de 3,890 habitantes al año 2039 para la comunidad La Escoba. Por ello se presentan a continuación una serie de cálculos para verificar si se satisface la demanda de la población utilizando los datos más actualizados proporcionados por el FISE.

Tabla 9 Proyección de la población realizada por el FISE.

PROYECCION DE POBLACION COMUNIDAD LA ESCOBA Municipio de Diriomo, Granada 2018-2019				
No.	Año	Población inicial	T/C	Población final
0	2018	2,316	2.5	2,316
1	2019			2,374

PROYECCION DE POBLACION COMUNIDAD LA ESCOBA Municipio de Diriomo, Granada 2019-2039				
No.	Año	Población inicial	T/C	Población final
0	2019	2,374	2.5	2,374
1	2020			2,433
2	2021			2,494
3	2022			2,556
4	2023			2,620
5	2024			2,686
6	2025			2,753
7	2026			2,822

8	2027			2,892
9	2028			2,965
10	2029			3,039
11	2030			3,115
12	2031			3,193
13	2032			3,272
14	2033			3,354
15	2034			3,438
16	2035			3,524
17	2036			3,612
18	2037			3,702
19	2038			3,795
20	2039			3,890

Fuente: Informe de pre factibilidad del proyecto de agua y saneamiento de La Escoba, FISE.

5.3.3 Variaciones de consumo

▪ Consumo máximo diario

Dentro de la comunidad La Escoba existen escuelas y un puesto de salud. Siendo estas instituciones públicas, para las cuales ANA en su normativa establece que para el consumo institucional se debe asignar un 7% de su consumo doméstico.

$$CD = \frac{Pf * dotación}{86,400}$$

$$CD = \frac{2,686 * 100 \text{ Lppd}}{86,400}$$

$$CD = 3.109 \text{ L/s}$$

$$CPI = CD * 7\%$$

$$CPI = 3.109 \text{ L/s} * 7\%$$

$$CPI = 0.218 \text{ L/s}$$

$$CC = 0 \text{ L/s}$$

$$CInd = 0 \text{ L/s}$$

$$CPD = CD + CPI + CC + CInd$$

$$CPD = 3.109 \text{ L/s} + 0.218 \text{ L/s} + 0 \text{ L/s} + 0 \text{ L/s}$$

$$\mathbf{CPD = 3.326 \text{ L/s}}$$

En este caso no se consideran los consumos comerciales ni industriales, puesto que en la comunidad no existen comercios ni industrias.

Cuando se diseña un sistema de abastecimiento de agua potable, es necesario considerar las pérdidas que se presentan en cada uno de sus componentes y accesorios, esta cantidad total de agua perdida se fija como un porcentaje del consumo promedio diario, ya que la comunidad La Escoba posee un total de 612 viviendas, al ser esta cantidad mayor que 500 viviendas, se debe utilizar un porcentaje de pérdidas equivalentes al 20%.

$$P = CPD * 20\%$$

$$P = 3.326 \text{ L/s} * 20\%$$

$$\mathbf{P = 0.665 \text{ L/s}}$$

$$CMD = 1.5 CPD + P$$

$$CMD = (1.5 * 3.326 \text{ L/s}) + 0.665 \text{ L/s}$$

$$\mathbf{CMD = 5.655 \text{ L/s}}$$

Como se puede notar el caudal máximo día es de 5.655 L/s, el cual excede al caudal del pozo existente que es 4.64 L/s, por lo tanto, no cumple con la demanda de la población para el año 2024, y se requiere un nuevo diseño.

- **Consumo de máxima hora**

$$CMH = 2.5 CPD + P$$

$$CMH = (2.5 * 3.326 \text{ L/s}) + 0.665 \text{ L/s}$$

$$CMH = 8.981 \text{ L/s}$$

El consumo promedio diario posee un valor por debajo de la capacidad total de explotación del pozo, lo que significa que cumple con la demanda promedio de consumo, sin embargo, tanto el consumo máximo horario y el consumo máximo diario sobrepasan el caudal de dicho pozo, por ende, representa un déficit en la capacidad de abastecimiento para cubrir las demandas máximas diarias y horarias del sistema de abastecimiento de agua potable.

5.3.4 Volumen de almacenamiento

$$Volumen_{compensador} = CPD * 25\%$$

$$Volumen_{compensador} = 3.326 \text{ L/s} * 25\%$$

$$Volumen_{compensador} = 0.832 \text{ L/s} = 18,977.18 \text{ Glns}$$

$$Volumen_{reserva} = CPD * 15\%$$

$$Volumen_{reserva} = 3.326 \text{ L/s} * 15\%$$

$$Volumen_{reserva} = 0.499 \text{ L/s} = 11,386.31 \text{ Glns}$$

$$Capacidad_{tanque almacenamiento} = Volumen_{compensador} + Volumen_{reserva}$$

$$Capacidad_{tanque almacenamiento} = 18,977.18 \text{ Glns} + 11,386.31 \text{ Glns}$$

$$Capacidad_{tanque almacenamiento} = 30,363.49 \text{ Glns}$$

5.3.5 Línea de conducción

La línea de conducción tiene una longitud de 2,668.10 m que es de tubería PVC SDR-17. Con 16 horas de bombeo, se obtiene un caudal de:

$$Q = CMD * \left(\frac{24}{16}\right)$$

$$Q = 5.655 \text{ L/s} * \left(\frac{24}{16}\right)$$

$$Q_{bombeo} = 8.482 \text{ L/s} = 0.00848 \text{ m}^3/\text{s} = 134.45 \text{ gpm}$$

- **Pérdidas por fricción en la Línea de Conducción**

Para Ø de 4"

$$H = \frac{10.679 \times L \times Q^{1.85}}{C^{1.85} \times D^{4.87}}$$

$$H = \frac{10.679 \times 2,668.10 \text{ m} \times \left(0.00848 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right)^{1.85}}{(130)^{1.85} \times (0.1016 \text{ m})^{4.87}}$$

$$H = 35.33 \text{ m}$$

En los cálculos de las pérdidas se tuvieron en cuenta las pérdidas locales que representan los accesorios instalados en la sarta de la bomba y en la entrada al tanque de almacenamiento. La longitud equivalente de los accesorios se describe a continuación:

Tabla 10 Longitud equivalente de los accesorios de la sarta del equipo de bombeo

Sarta de equipo de bombeo	
Accesorios	L. equivalente
2 codo de 3"x 45° H. G de extremos roscados	2.4
1 medidor maestro de 3" extremos bridados	0.12
1 válvula de retención de 3" HF	6.3
1 válvula de compuerta de 3" HF	0.5
2 válvula de compuerta de 2" HF	0.8
1 cruz de 3"x3" HF	4.6

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 11 Longitud equivalente de los accesorios de la sarta de entrada al tanque.

Sarta de entrada al tanque	
Accesorios	L. equivalente
2 codo de 3"x 45° PVC	2.4
3 codo de 2"x 45° PVC	2.4
1 válvula de compuerta de 3" HF	0.50
1 contracción brusca de 2" HF	0.58
2 codo de 3"x 90° HG	4.20
Subtotal longitud equivalente (m)	24.80

Fuente: Elaboración Propia

La trayectoria de descarga correspondiente a la línea de conducción equivale a una longitud de 2,668.10 m, pero para obtener la longitud equivalente total se le adiciona la longitud equivalente de los accesorios.

$$\text{Longitud equivalente total} = 2,668.10 \text{ m} + 24.80 \text{ m} = 2,692.90 \text{ m}$$

5.3.5.1 Equipo de bombeo

En la prueba de bombeo realizada por el FISE en agosto 2018, se utilizó el equipo existente en el pozo los cuales fueron:

- Caudal de bombeo 4.64 lps (73.55 gpm)
- La diferencia de nivel entre el tanque y el pozo = 98.54 m
- El equipo de bombeo instalado es de 25 HP, 3/60/230 volts, energía trifásica.
Características del equipo:
 - Bomba tipo turbina vertical sumergible: $Q_{\text{máx}} = 80 \text{ gpm}$
 - Motor: 25 HP 3/60/230 volts
 - Tubería de descarga o columna de bombeo: 4" HG.
 - Arrancador suave con todas sus protecciones:
 - Dos contactores de 65 Amperios (K1 y K2) y un Contactor de 40 Amperios (K3).

- Un Relé Térmico de 45-65 Amperios el cual está insertado en el contactor de 40 amperios. Este dispositivo de protección actúa cuando los valores de corriente sobrepasan el valor nominal de trabajo de la bomba para evitar que se queme o inutilice el motor de la bomba.
- Un relevador de monitoreo de tensión.
- Interruptor horario programable es un dispositivo para programar las horas de bombeo de la estación con un total de 16 horas diarias de lunes a domingo.
- Cable sumergible # 2.

5.3.5.2 Carga Total Dinámica (CTD)

- **Carga estática de la descarga**

$$CED = Elev. tanque - Elev. fuente$$

$$CED = 343.45 \text{ m} - 237.94 \text{ m}$$

$$\mathbf{CED = 105.51 \text{ m}}$$

- **Nivel más bajo del agua durante el bombeo**

$$NB = NEA + Variación estacional + Abatimiento$$

$$NB = 67.07 \text{ m} + 10 \text{ m} + 56.84 \text{ m}$$

$$\mathbf{NB = 133.91 \text{ m}}$$

- **Longitud de la columna**

$$Lc = NB + Sumergencia$$

$$Lc = 133.91 \text{ m} + 6 \text{ m}$$

$$\mathbf{Lc = 139.91 \text{ m}}$$

- **Pérdida de la columna dentro del pozo**

$$hf_{columna} = 5\% Lc$$

$$hf_{columna} = 5\% * 139.91 \text{ m}$$

$$\mathbf{hf_{columna} = 7 \text{ m}}$$

- **Pérdidas en la descarga**

$$H = \frac{10.679 \times L \times Q^{1.85}}{C^{1.85} \times D^{4.87}}$$

$$H_{desc} = \frac{10.679 \times 2,692.90 \text{ m} \times \left(0.00848 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right)^{1.85}}{(130)^{1.85} \times (0.1016 \text{ m})^{4.87}}$$

$$H_{desc} = 35.72 \text{ m}$$

- **Pérdidas totales**

$$H_{total} = H_{desc} + hf_{columna}$$

$$H_{total} = 35.72 \text{ m} + 7 \text{ m}$$

$$H_{total} = 42.72 \text{ m}$$

- **Carga Total Dinámica**

$$CTD = CED + H_{total}$$

$$CTD = 105.51 \text{ m} + 42.72 \text{ m}$$

$$CTD = 148.23 \text{ m} = 486.35 \text{ ft}$$

5.3.5.3 Potencia de la bomba

- **Potencia hidráulica de la bomba**

$$Pb = \frac{Q_{bombeo} * CTD}{3960}$$

$$Pb = \frac{134.45 \text{ gpm} * 486.35 \text{ ft}}{3960}$$

$$Pb = 16.51 \text{ HP}$$

- **Potencia analítica del equipo de bombeo**

Eficiencia del motor de la bomba = 70%

$$PEB = \frac{Pb}{e}$$

$$PEB = \frac{16.51 \text{ HP}}{70\%}$$

$$\mathbf{PEB = 23.59 \text{ HP}}$$

Por tal razón, se debe utilizar una bomba de 25 HP ya que es una medida comercial.

▪ **Potencia del motor**

Según la norma NTON 09 007-19 se debe usar un factor de 1.15 para calcular los HP del motor en base a los HP de la bomba, el cual es suficiente para cubrir las pérdidas mecánicas por fricción en el eje y cabezal de descarga de la bomba.

$$Pm = 1.15 * PEB$$

$$Pm = 1.15 * 23.59 \text{ HP}$$

$$\mathbf{Pm = 27.13 \text{ HP}}$$

Sin embargo, el sistema existente posee una bomba y motor de 25 HP, lo cual no es suficiente, ya que se necesita un motor de 30 HP.

5.3.5.4 Dimensionamiento hidráulico

$$D = K * Q^{0.47}$$

$$D = 0.9 * (0.0085)^{0.47}$$

$$D = 0.0956 \text{ m}$$

Resulta un diámetro teórico requerido de 0.0956 m, equivalente a 3.77", comercialmente 4". Este cálculo se realizó para un caudal de 134.45 gpm equivalentes a 8.48 L/s, que es el caudal de bombeo requerido. Ahora se verifica si se satisface el criterio de velocidad delimitado por la norma NTON 09 007-19 en $0.6 \leq V \leq 1.5 \text{ m/s}$

$$V = \frac{4Q}{\pi D^2} = \frac{4 * (0.0085 \frac{m^3}{s})}{\pi * (0.1016 \text{ m})^2}$$

$$V = 1.05 \text{ m/s}$$

Con una tubería propuesta de diámetro de 4" se cumple con el rango de velocidades permisibles establecido en la norma.

5.3.5.5 Cobertura sobre tubería

Para sitios que corresponden a cruces de carreteras y caminos con mayor afluencia de tráfico se utilizó una cobertura de 1.20 m sobre la corona de las tuberías, y en caminos de poco tráfico vehicular, una cobertura de 1.0 m sobre la corona del tubo, que es lo recomendado en la norma NTON 009 007-19, asimismo en las calles la tubería se encuentra ubicada en la banda sur y en las avenidas en la banda este, ambos a un metro de la cuneta proyectada, a como se sugiere en la norma.

5.3.5.6 Golpe de ariete

La tubería se revisó a través del golpe de ariete para determinar la sobrepresión en el punto más crítico que se da en el punto más bajo de la línea de conducción, considerando un cierre brusco de válvulas, calculado con la fórmula de Allievi.

▪ Cálculo de celeridad para Ø de 4 pulg.

Para PVC, K es igual a 33.33, ver **Tabla 57** Anexo XX, y e para diámetro de 4 pulg. es igual a 6.73 mm equivalentes a 0.00673 m, ver **Tabla 30** para espesores mínimos de tubería SDR-17 según Durman 2015 en Anexo IV.

$$C = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + K * \frac{D}{e}}}$$

$$C = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + 33.33 * \frac{0.1016 \text{ m}}{0.00673 \text{ m}}}}$$

$$C = 421.58 \text{ m/s}$$

- **Sobrepresión máxima para Ø de 4 pulg.**

$$G.A = \frac{CV}{g}$$

$$G.A = \frac{421.58 \text{ m/s} * 1.05 \text{ m/s}}{9.81 \text{ m/s}^2}$$

$$G.A = 44.96 \text{ m. c. a}$$

Con la tubería existente de 4 pulg. se cumple con el rango de velocidad establecido en la norma para la línea de conducción por bombeo.

- **Presión total**

$$PT = G.A + CED$$

$$PT = 44.96 \text{ m. c. a} + 105.51 \text{ m}$$

$$PT = 150.47 \text{ m. c. a.}$$

Según la norma ASTM D2241 la presión máxima de una tubería SDR 17 es de 250 PSI, equivalentes a 175 m.c.a., por ello la presión total no debe excederse de esto, y el valor obtenido se encuentra dentro del rango establecido, con lo que se concluye que la línea de conducción de diámetro 4 pulg. y cédula SDR 17, que es la que se encuentra en uso es adecuada para el sistema existente en el presente año 2024. Ver **Tabla 31** Presión en metro columna de agua de los tipos de tubería PVC en Anexo IV.

5.3.6 Red de distribución

Tabla 12 Catastro de red de distribución La Escoba

Catastro de Red de Distribución actual La Escoba			
Diámetro	Material	Longitud (m)	Cédula
3 pulg.	PVC	4,080.71	SDR 26
2 pulg.	PVC	15,710.27	SDR 26
1 pulg.	PVC	1069.67	SDR 26
½ pulg.	PVC	118.99	SDR 26
Total	20,979.64		

Fuente: Elaboración propia

La red existente está provista de 5 válvulas de aire que se encuentran distribuidas desde el pozo hasta el tanque, y posee los accesorios y obras necesarias, para asegurar su buen funcionamiento y facilitar su mantenimiento, a como está establecido en la NTON 009 007-19.

- **Pérdidas por fricción en la red de distribución**

Se utiliza el caudal según el consumo máxima hora, en m³/s.

Para Ø 1/2”:

$$H = \frac{10.679 \times L \times Q^{1.85}}{C^{1.85} \times D^{4.87}}$$
$$H = \frac{10.679 \times 118.99 \text{ m} \times \left(0.008982 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right)^{1.85}}{(130)^{1.85} \times (0.0127 \text{ m})^{4.87}}$$
$$H = 43,798.34 \text{ m}$$

Para Ø de 1”:

$$H = \frac{10.679 \times 1,069.67 \text{ m} \times \left(0.008982 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right)^{1.85}}{(130)^{1.85} \times (0.0254 \text{ m})^{4.87}}$$
$$H = 13,464.21 \text{ m}$$

Para Ø 2”:

$$H = \frac{10.679 \times 15,710.27 \text{ m} \times \left(0.008982 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right)^{1.85}}{(130)^{1.85} \times (0.0508 \text{ m})^{4.87}}$$

$$**H = 6,762.37 m**$$

Para Ø 3”:

$$H = \frac{10.679 \times 4.080.71 \text{ m} \times \left(0.008982 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right)^{1.85}}{(130)^{1.85} \times (0.0762 \text{ m})^{4.87}}$$

$$**H = 243.83 m**$$

- **Pérdida total por fricción en la red de distribución**

$$H \text{ total} = 43,798.34 \text{ m} + 13,464.21 \text{ m} + 6,762.37 \text{ m} + 243.83 \text{ m}$$

$$**H \text{ total} = 64,268.76 m**$$

Se realizó la revisión hidráulica de la red de distribución de agua potable existente en la comunidad La Escoba, mediante el software EPANET 2.0, para tres diferentes condiciones de trabajo:

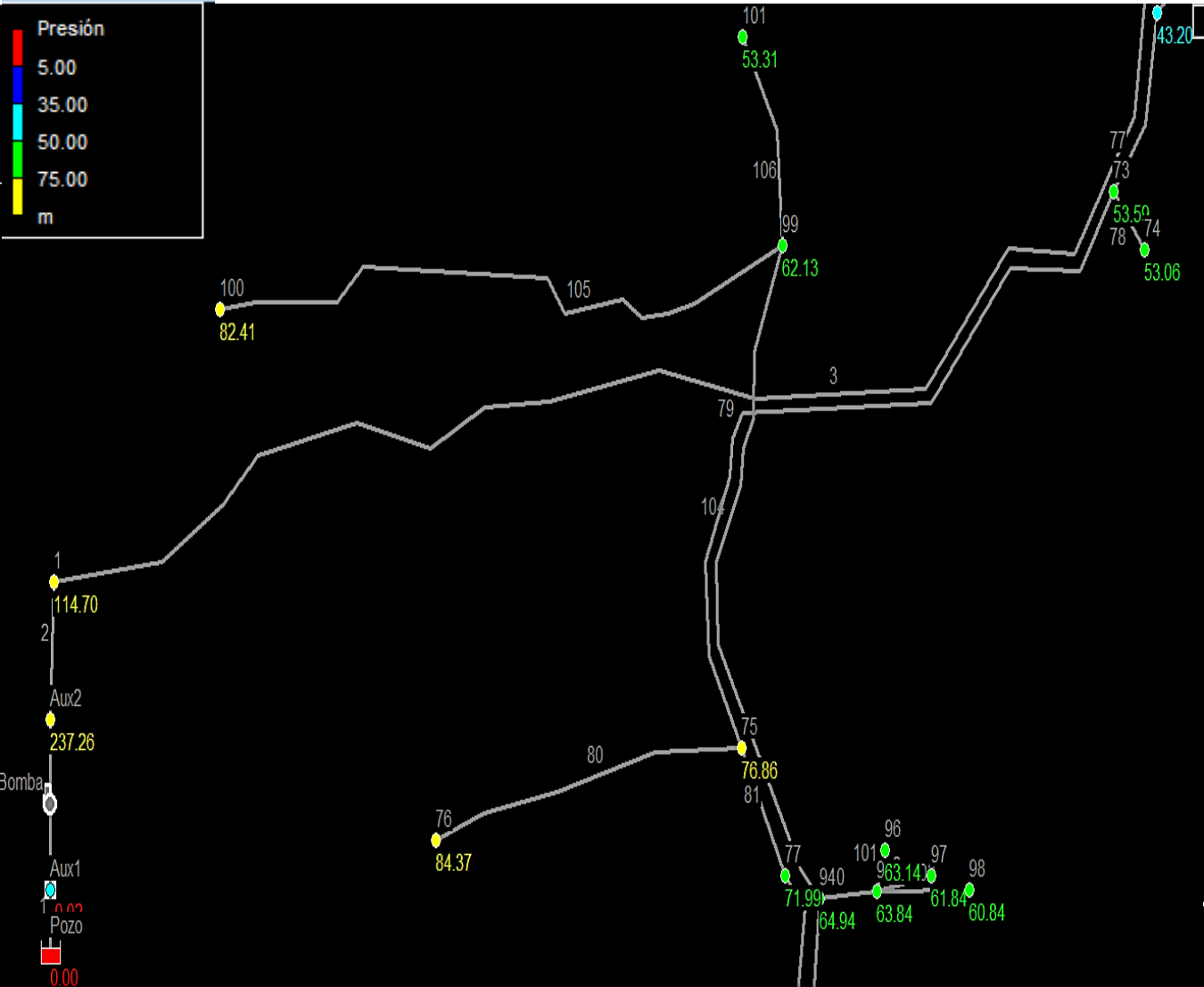
- Condición de CMH con tanque lleno
- Condición sin consumo con tanque lleno
- Condición de CMH con tanque a un tercio

Figura 8 Esquema completo del sistema existente de distribución de agua potable de la comunidad La Escoba.



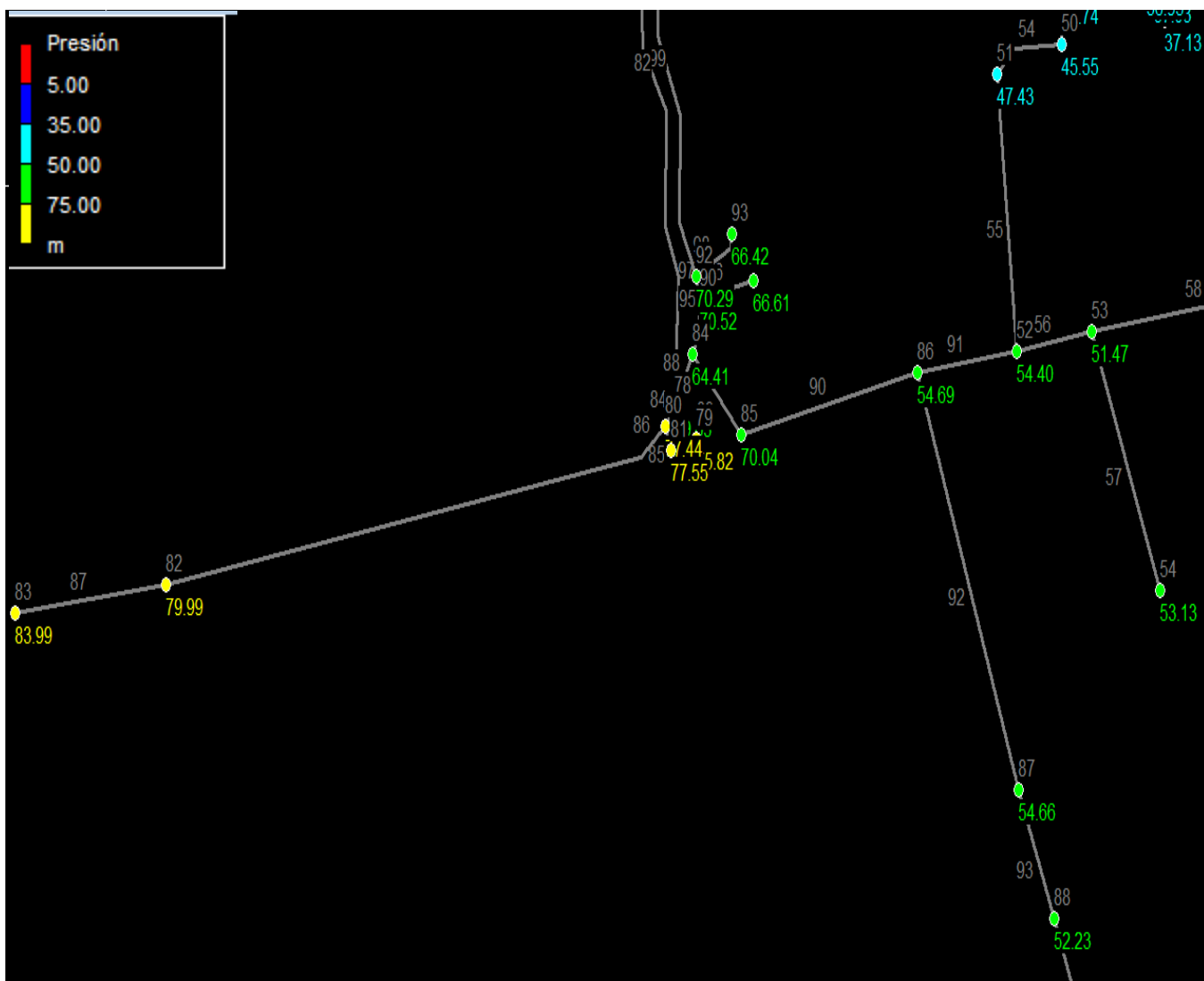
Fuente: Elaboración propia mediante software EPANET 2.0

Figura 9 Condición de CMH con tanque lleno (Parte superior izquierda).



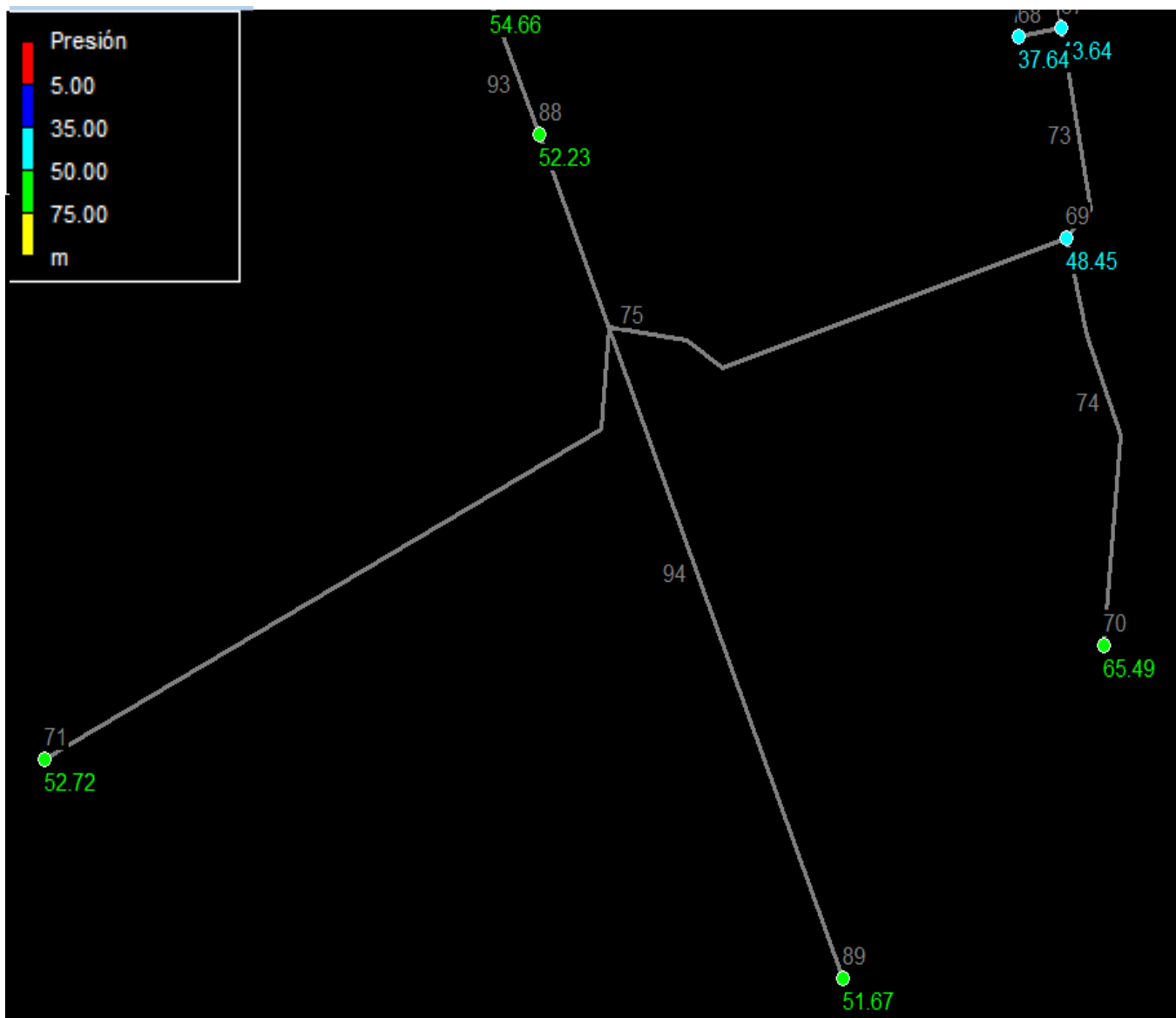
Fuente: Elaboración propia mediante software EPANET 2.0

Figura 10 Condición de CMH con tanque lleno (Parte media izquierda)



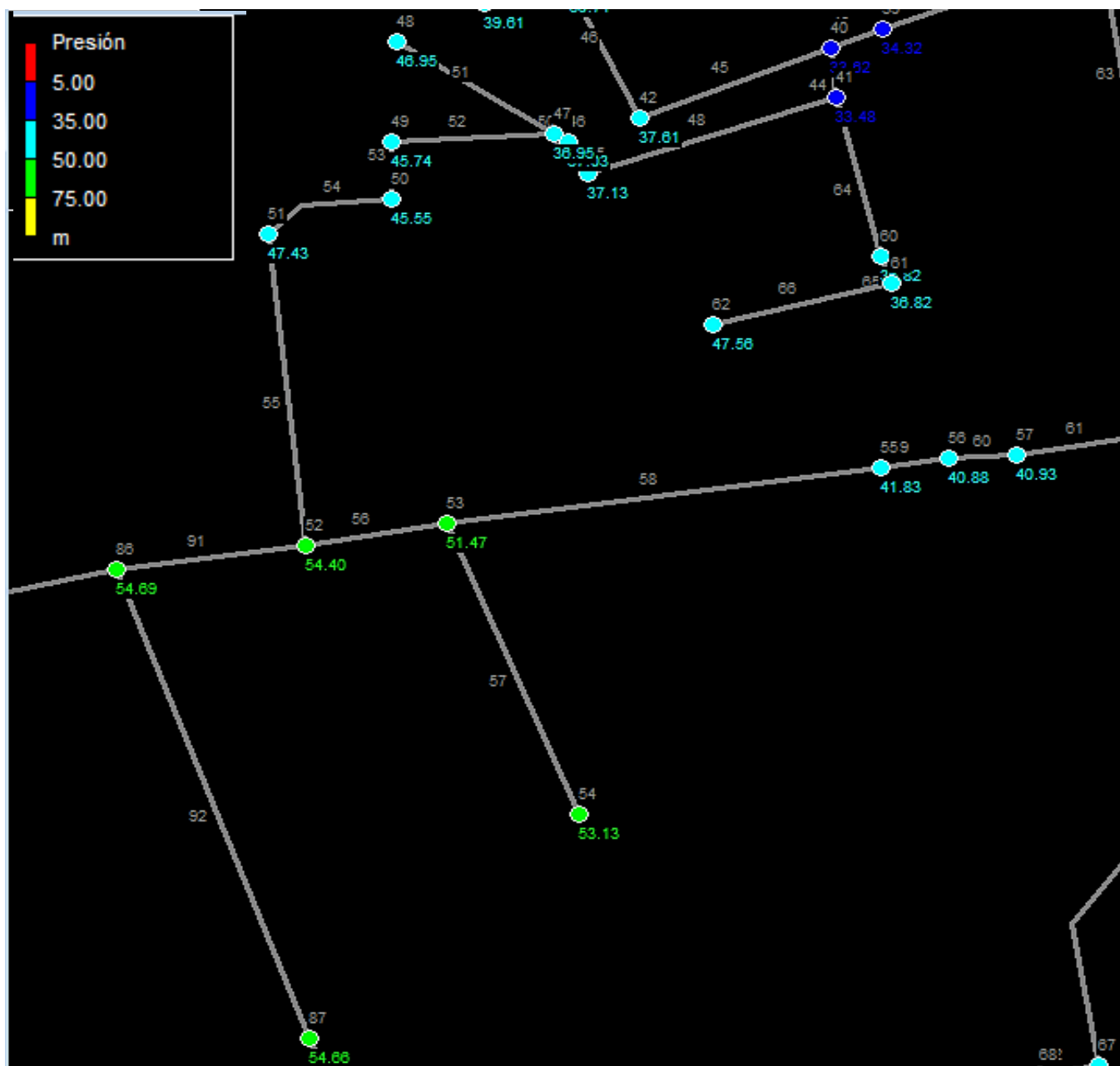
Fuente: Elaboración propia mediante software EPANET 2.0

Figura 11 Condición de CMH con tanque lleno (Parte inferior izquierda)



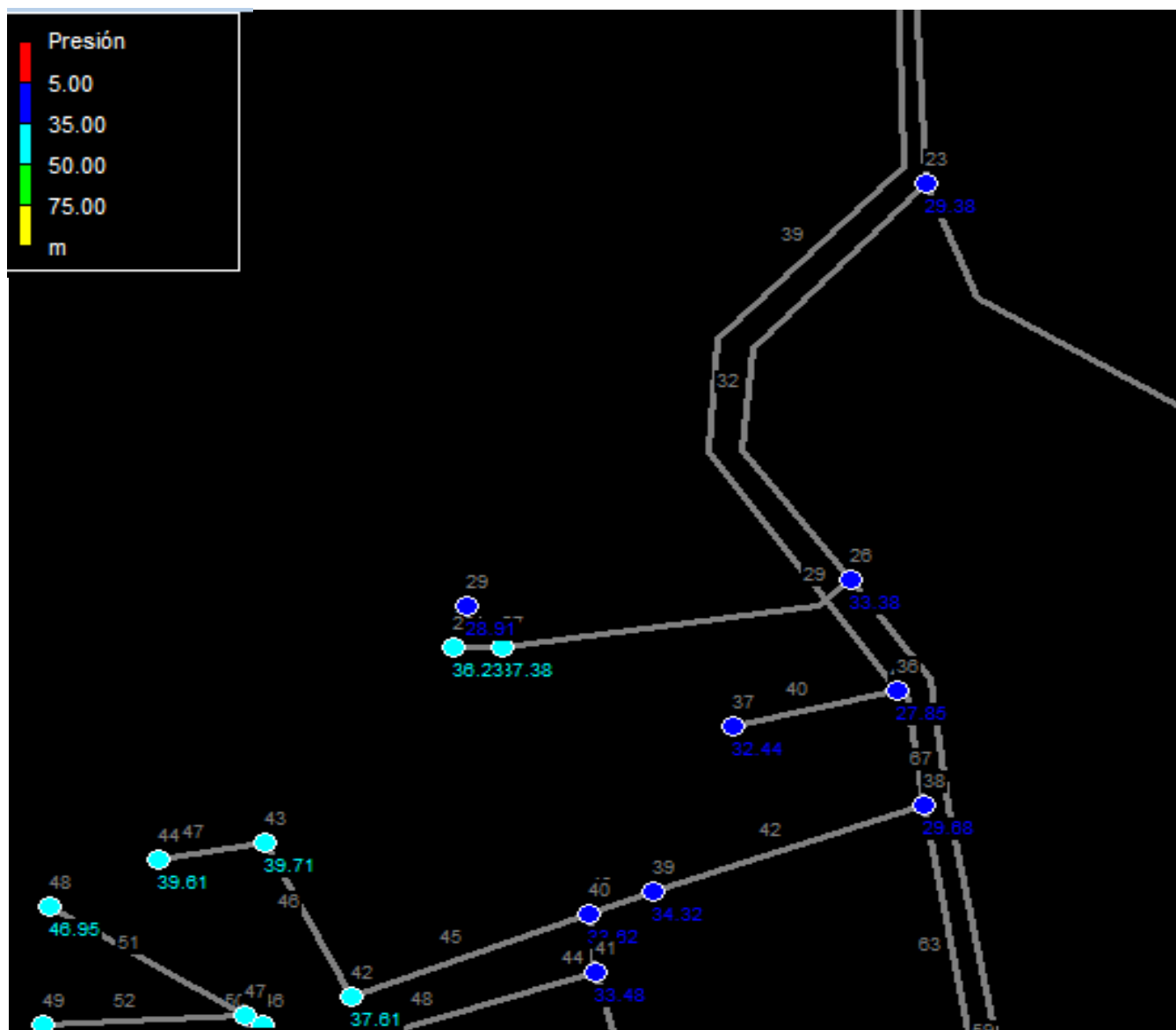
Fuente: Elaboración propia mediante software EPANET 2.0

Figura 12 Condición de CMH con tanque lleno (Parte media inferior)



Fuente: Elaboración propia mediante software EPANET 2.0

Figura 13 Condición de CMH con tanque lleno (Parte media superior)



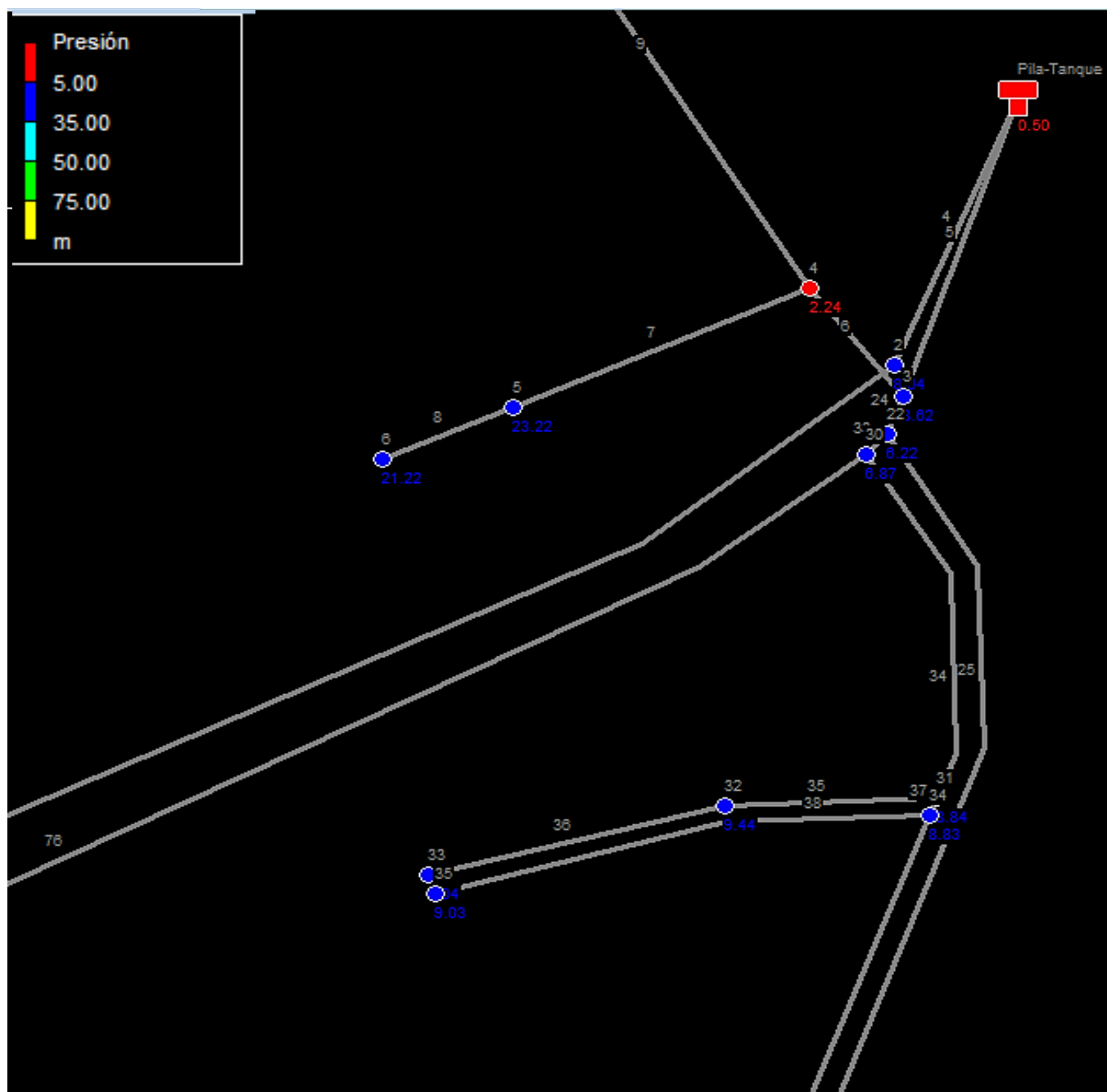
Fuente: Elaboración propia mediante software EPANET 2.0

Figura 14 Condición de CMH con tanque lleno (Parte inferior derecha)



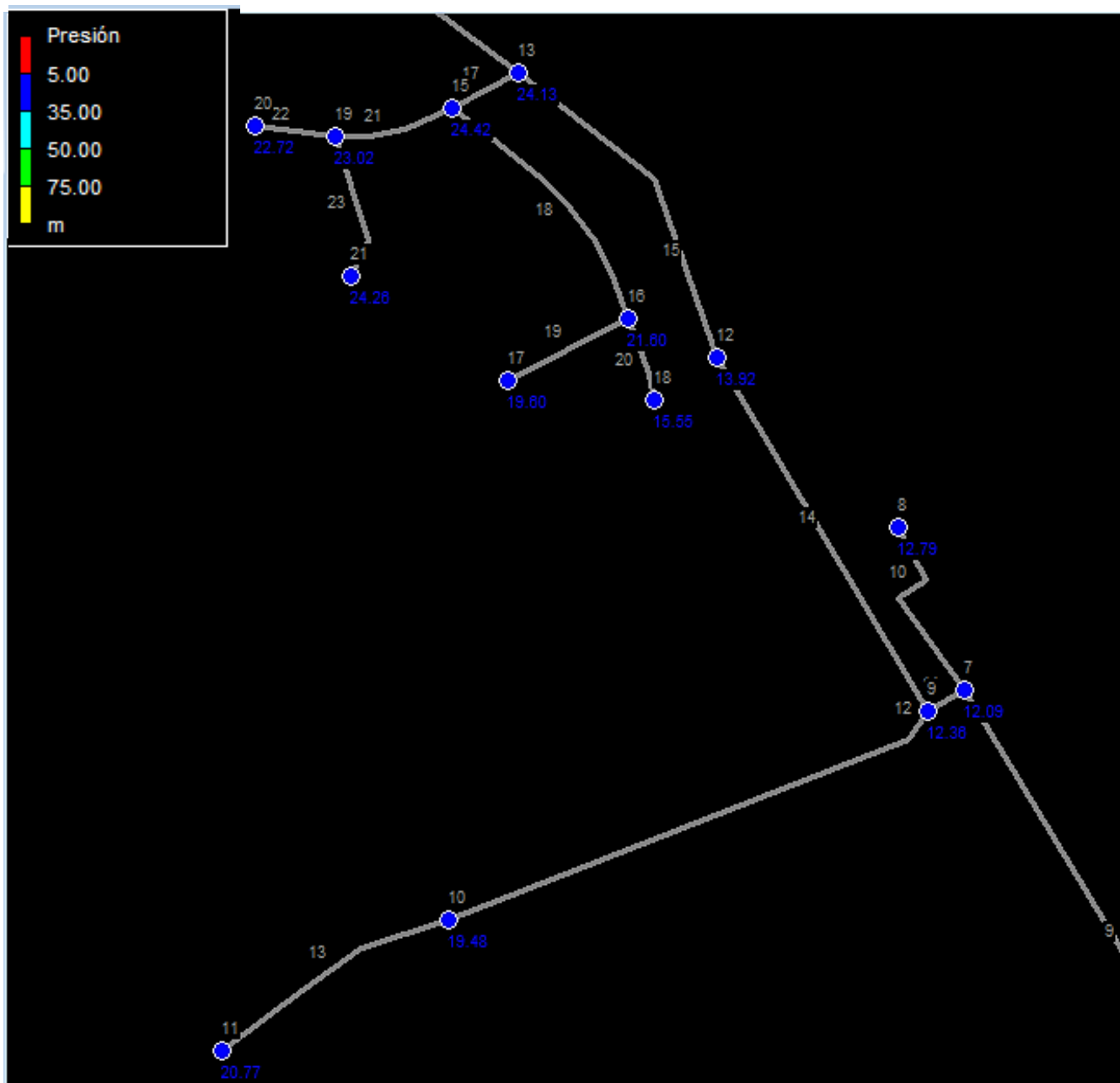
Fuente: Elaboración propia mediante software EPANET 2.0

Figura 15 Condición de CMH con tanque lleno (Parte superior derecha, No. 1)



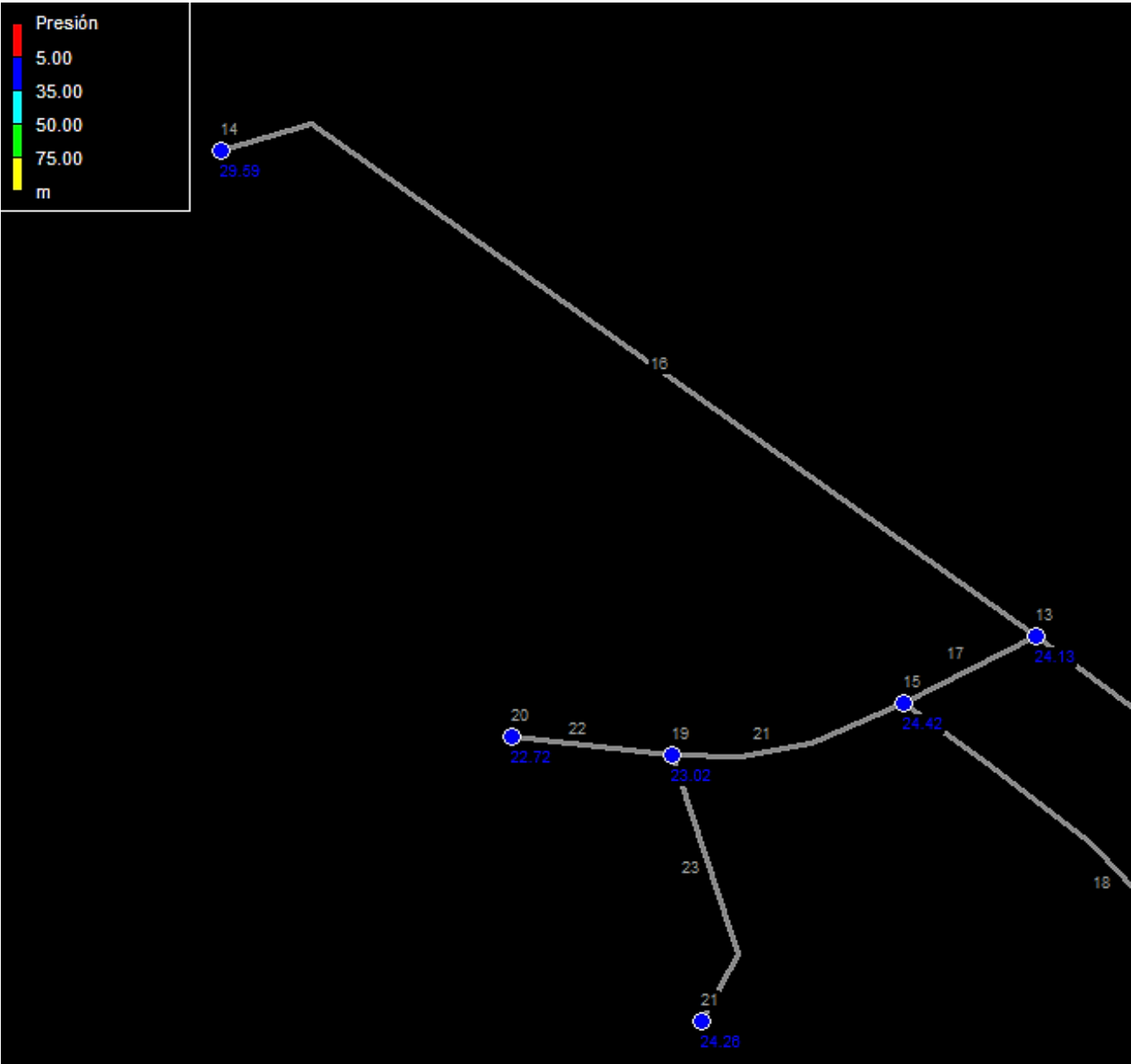
Fuente: Elaboración propia mediante software EPANET 2.0

Figura 16 Condición de CMH con tanque lleno (Parte superior derecha, No. 2)



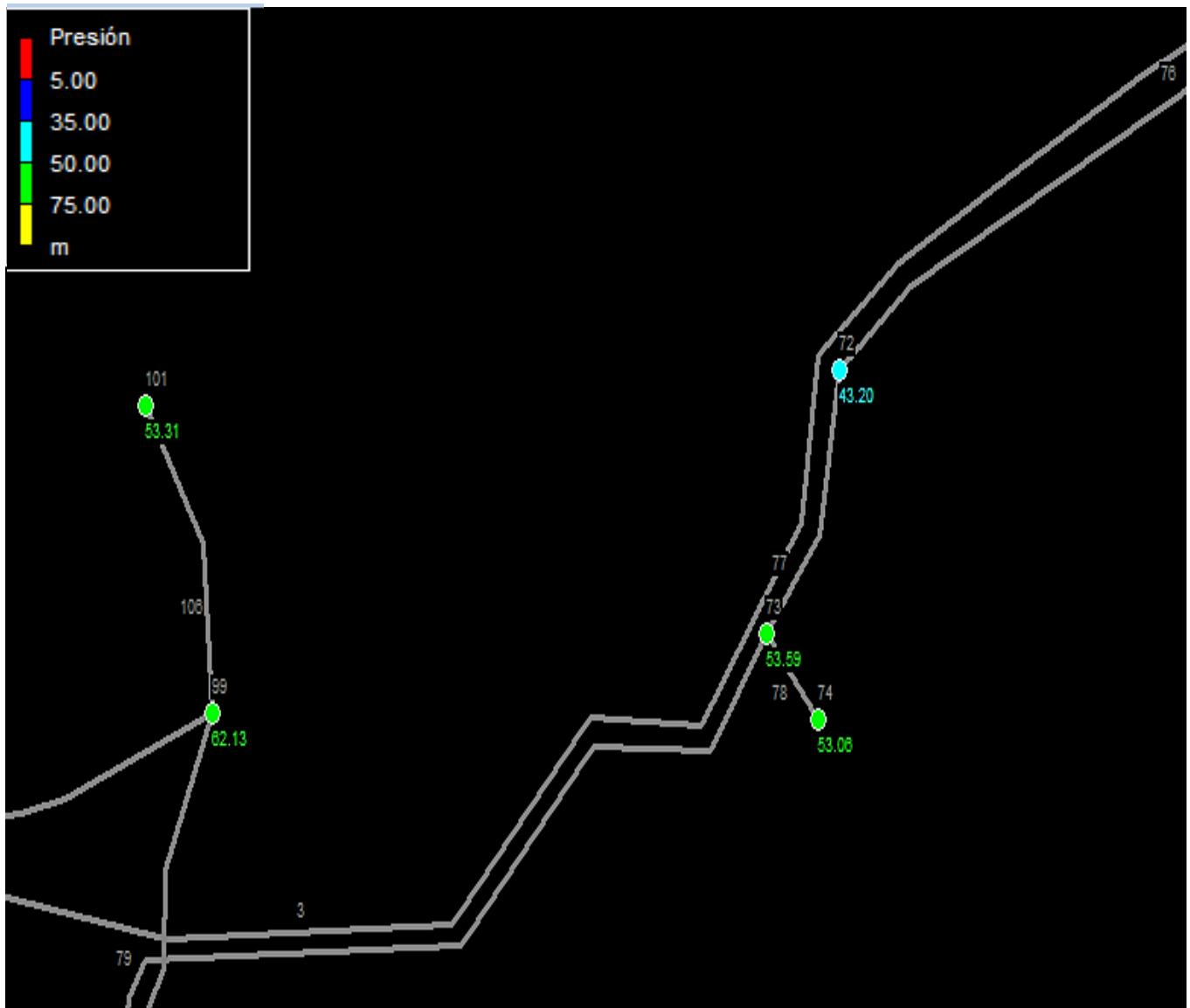
Fuente: Elaboración propia mediante software EPANET 2.0

Figura 17 Condición de CMH con tanque lleno (Parte superior derecha, No. 3)



Fuente: Elaboración propia mediante software EPANET 2.0

Figura 18 Condición de CMH con tanque lleno (Parte superior media)



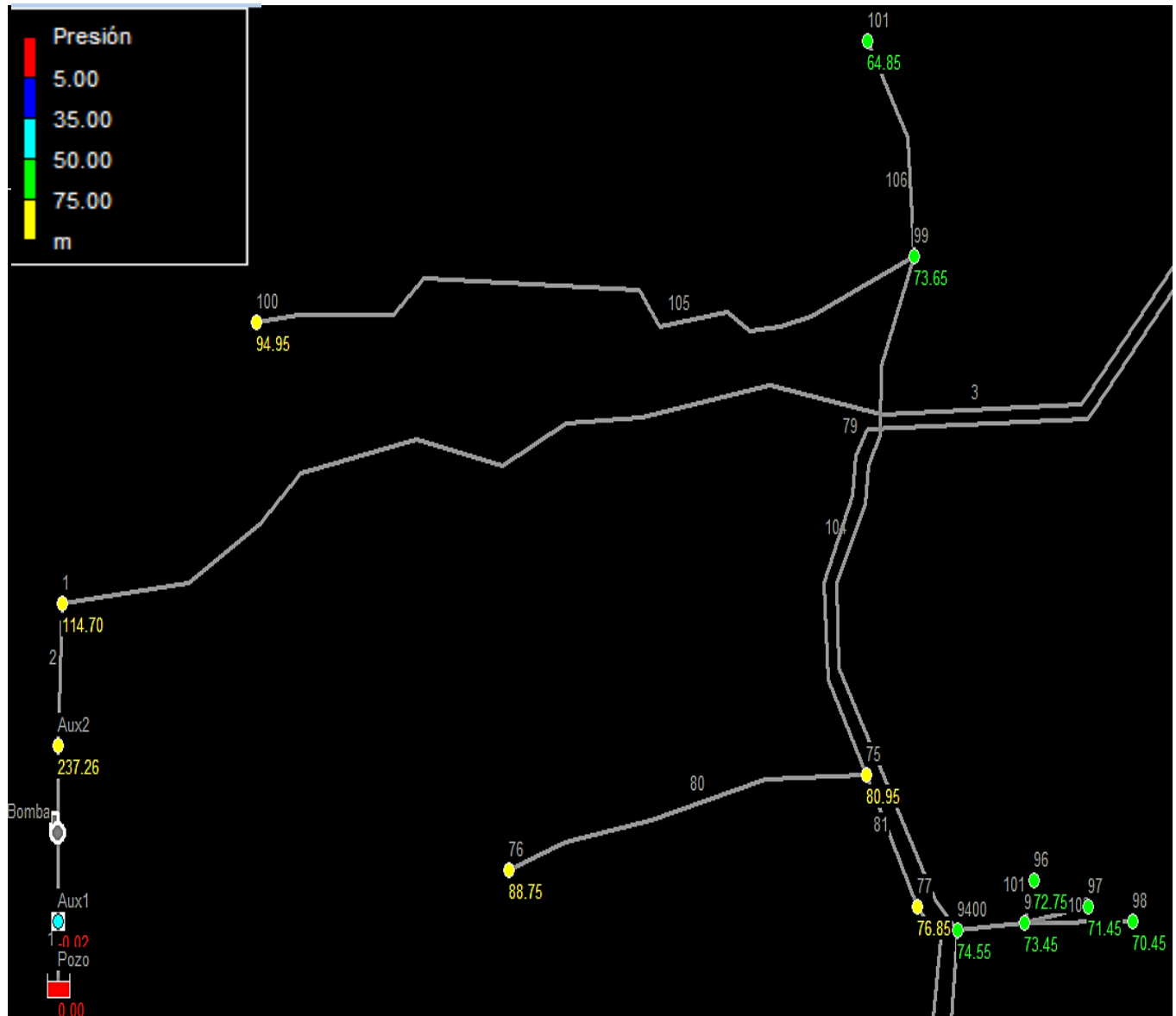
Fuente: Elaboración propia mediante software EPANET 2.0

Como se puede notar en los esquemas anteriores del sistema de abastecimiento actual de la comunidad La Escoba, para la condición de CMH con tanque lleno, se presentan presiones por encima de los 50 m.c.a., resultando un promedio de presiones igual a 42.43 m.c.a., con una presión máxima de 84.37 m.c.a. en el modo 76, y una presión mínima de 2.24 m.c.a. en el nodo 4, la cual está por debajo del mínimo de 5 m.c.a. recomendado por la norma.

En cuanto a las velocidades para esta condición, el promedio es igual a 0.19 m/s, con un máximo de 1.22 m/s y un mínimo de 0.01 m/s, los cuales se encuentran también fuera del rango de velocidades permisibles según la NTON 19. Ver **Figura 72** y

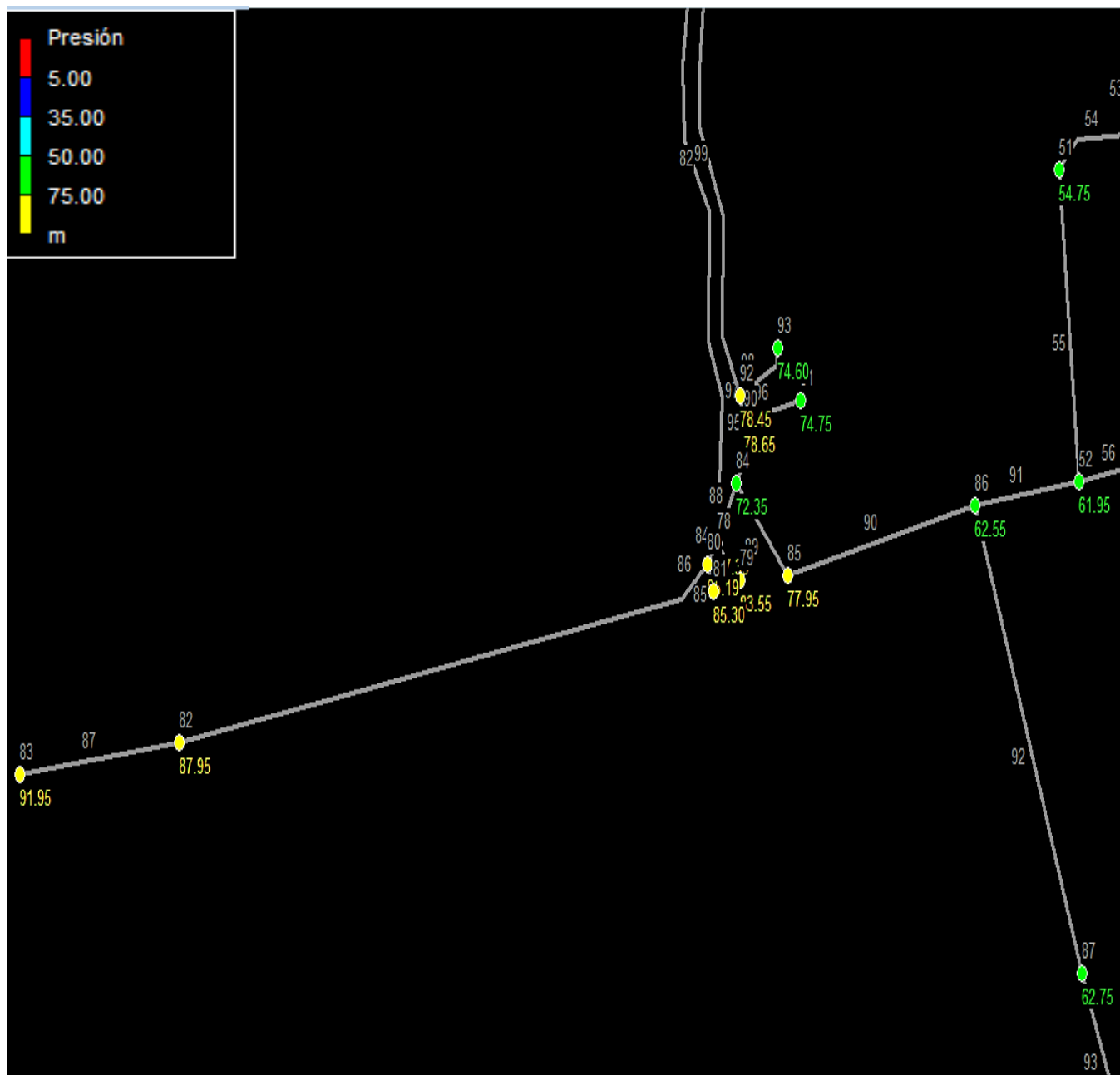
Figura 73 en Anexo XXV y Anexo XXVI .

Figura 19 Condición sin consumo con tanque lleno (parte superior izquierda)



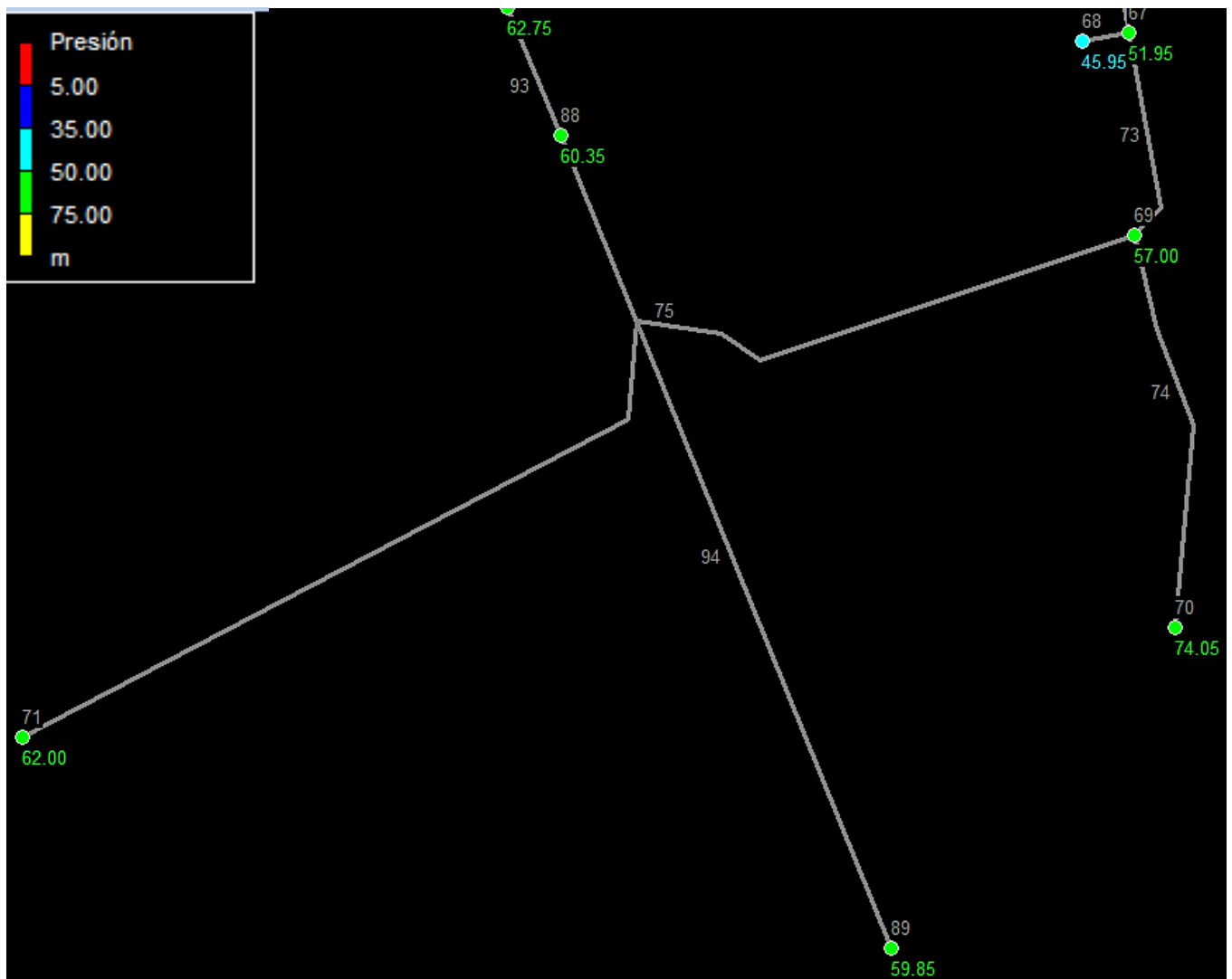
Fuente: Elaboración propia mediante software EPANET 2.0

Figura 20 Condición sin consumo con tanque lleno (parte media izquierda)



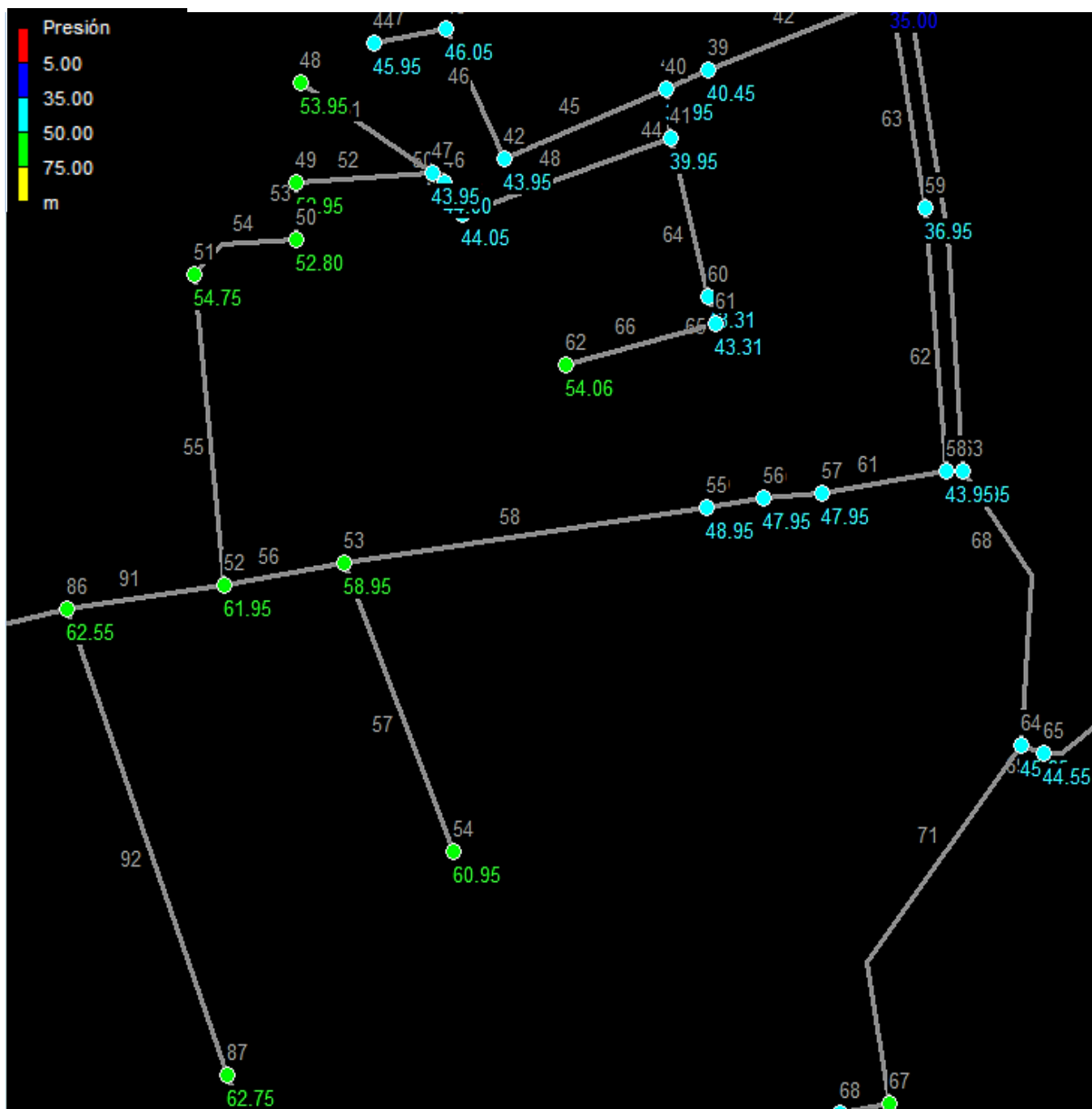
Fuente: Elaboración propia mediante software EPANET 2.0

Figura 21 Condición sin consumo con tanque lleno (parte inferior izquierda)



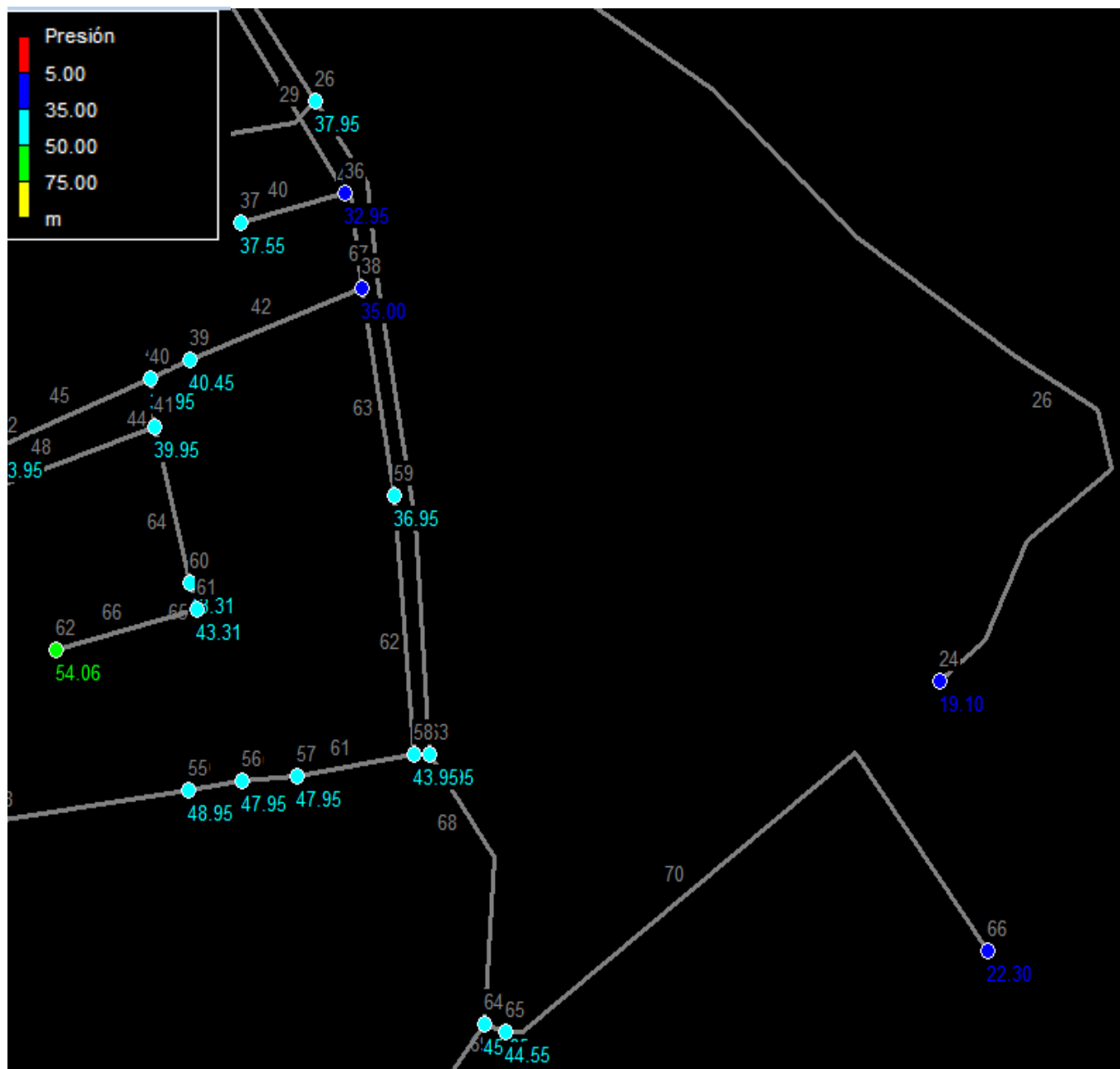
Fuente: Elaboración propia mediante software EPANET 2.0

Figura 22 Condición sin consumo con tanque lleno (parte media)



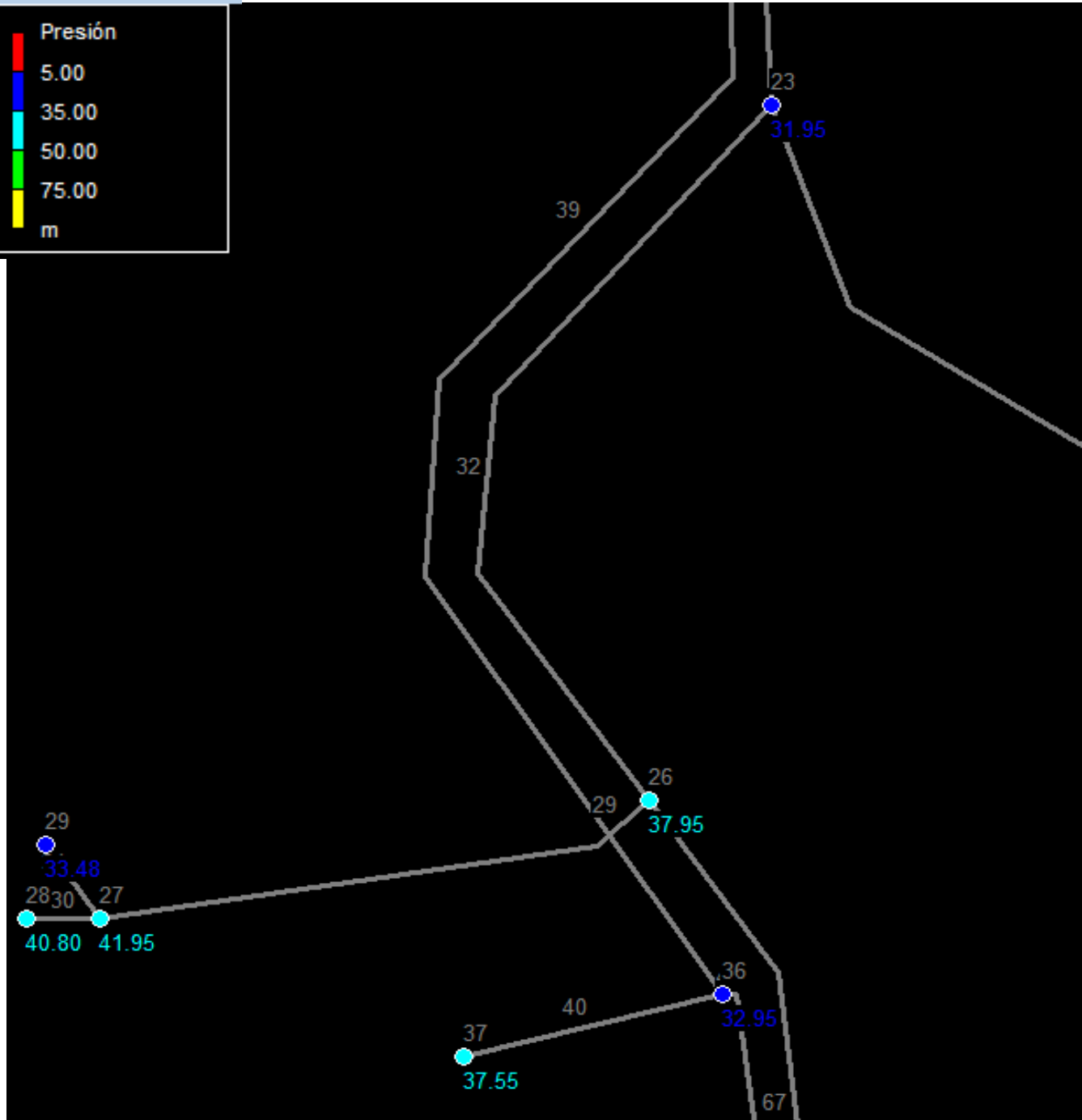
Fuente: Elaboración propia mediante software EPANET 2.0

Figura 23 Condición sin consumo con tanque lleno (parte inferior derecha)



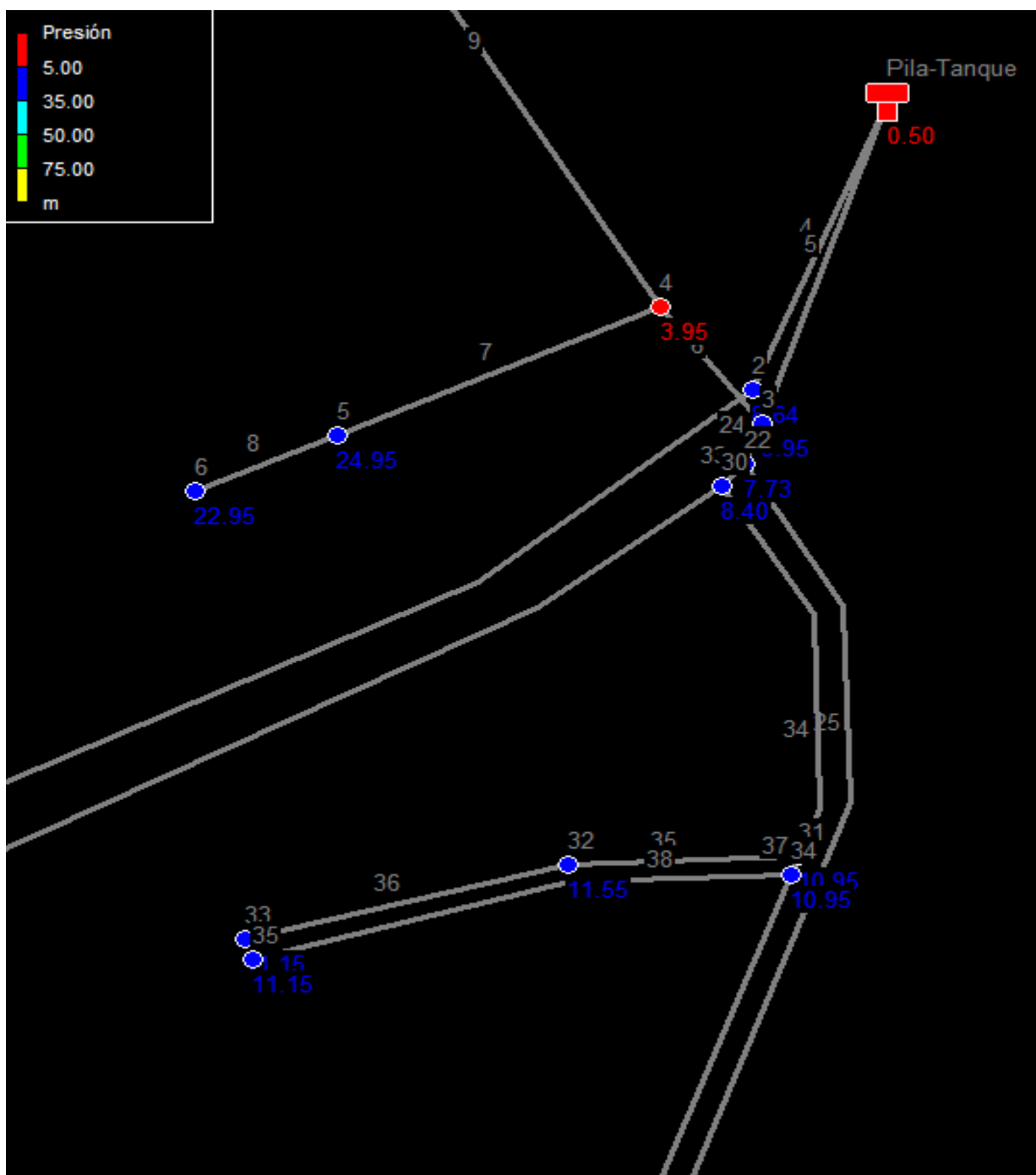
Fuente: Elaboración propia mediante software EPANET 2.0

Figura 24 Condición sin consumo con tanque lleno (parte media derecha, No. 1)



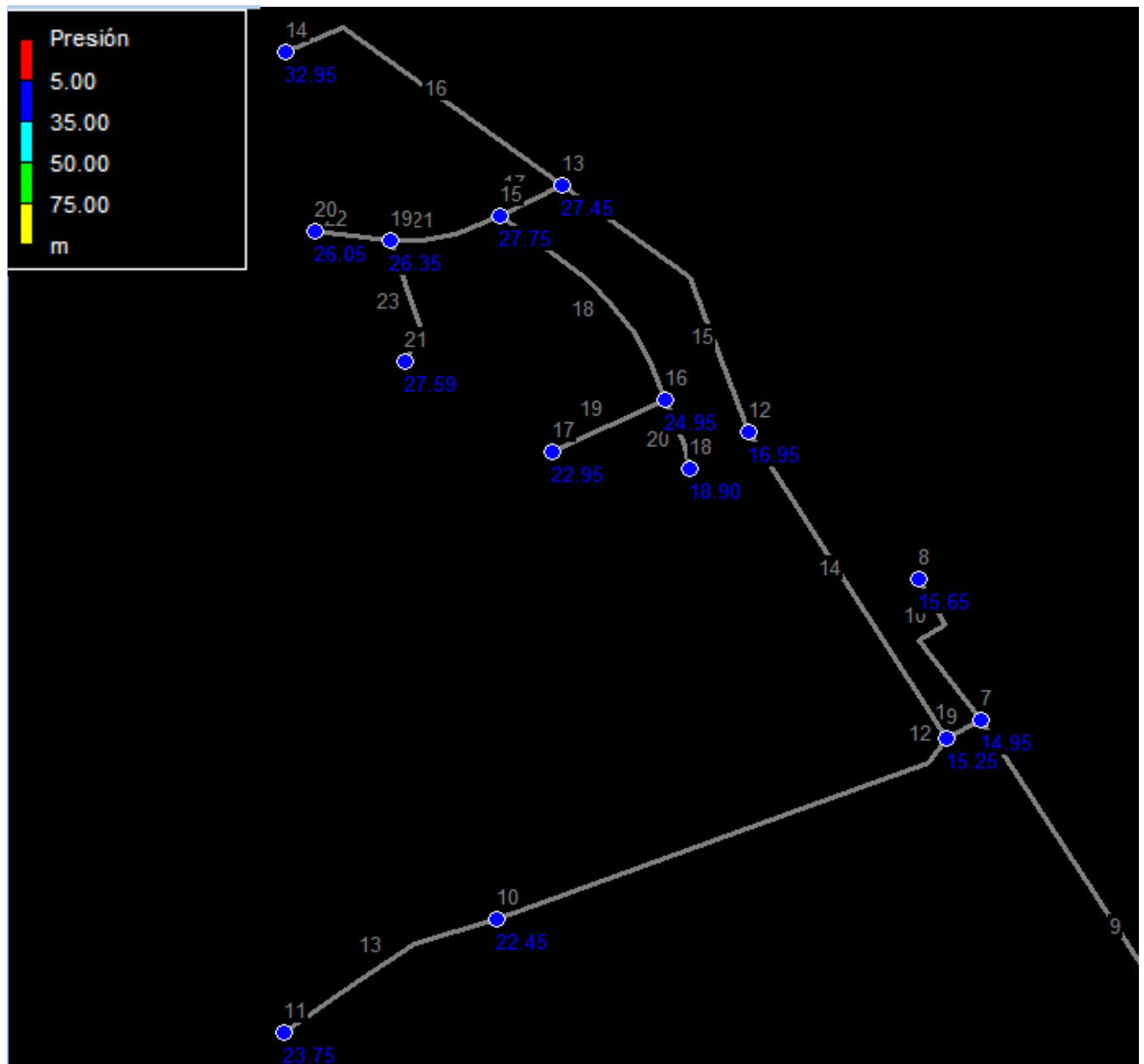
Fuente: Elaboración propia mediante software EPANET 2.0

Figura 25 Condición sin consumo con tanque lleno (parte inferior derecha, No. 2)



Fuente: Elaboración propia mediante software EPANET 2.0

Figura 26 Condición sin consumo con tanque lleno (parte superior derecha)

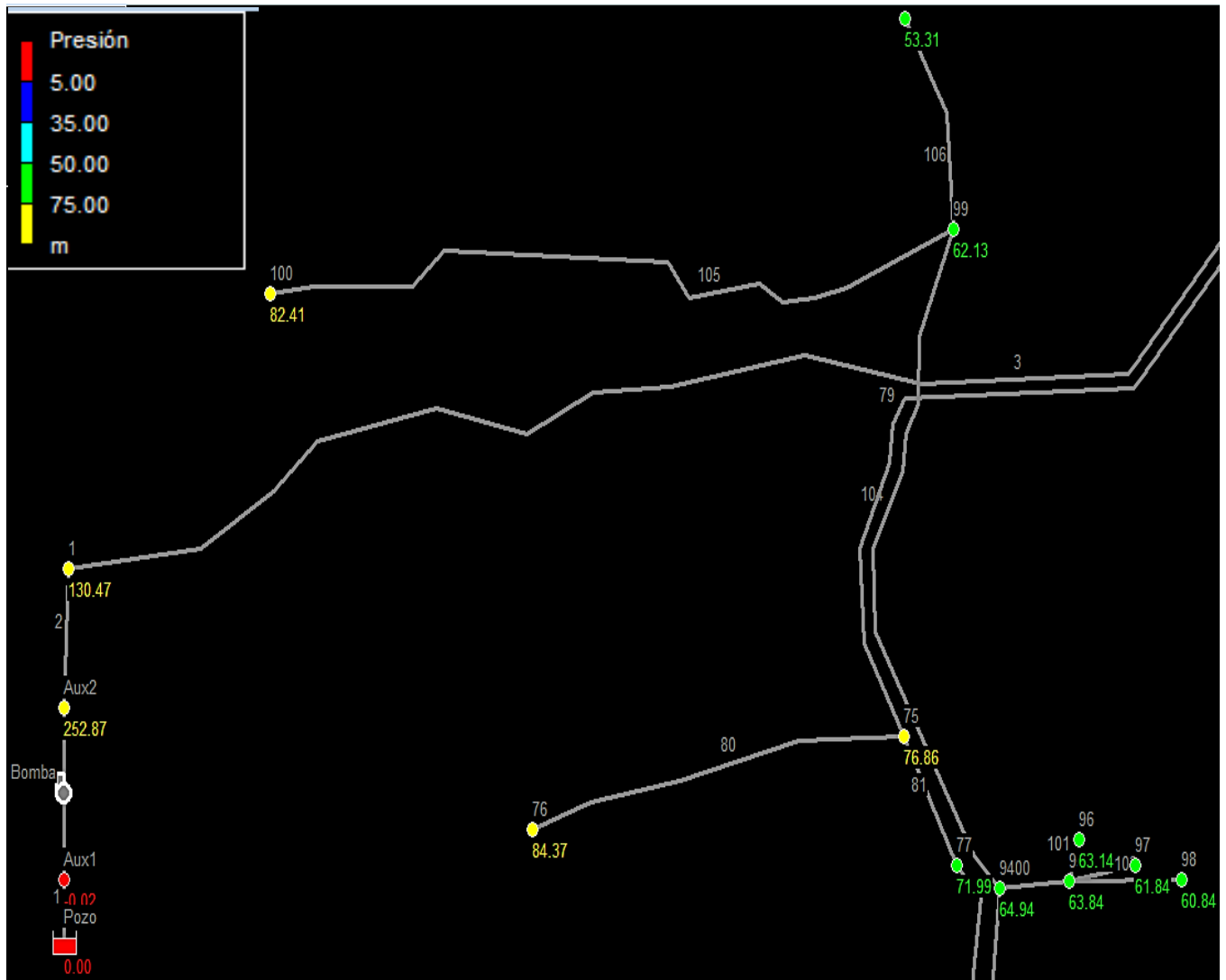


Fuente: Elaboración propia mediante software EPANET 2.0

En los esquemas anteriores, pertenecientes a la condición sin consumo con tanque lleno, se presentan también presiones por encima de los 50 m.c.a., resultando un promedio de presiones igual a 45.15 m.c.a., con una presión máxima de 94.95 m.c.a.

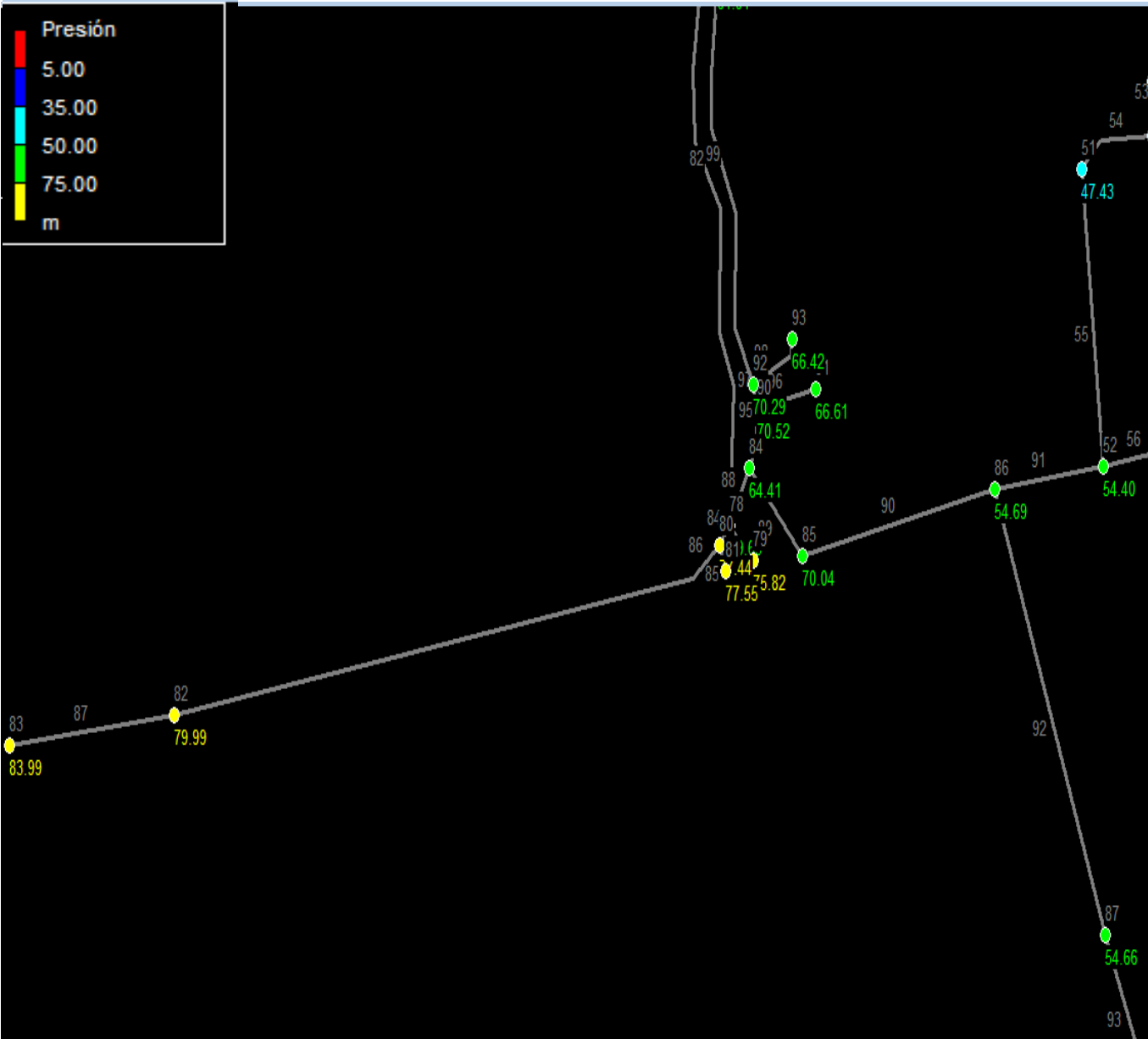
en el modo 100, y una presión mínima de 3.95 m.c.a. en el nodo 4. En cuanto a las velocidades para esta condición, el promedio es igual a 0.44 m/s, con un máximo de 2.91 m/s y un mínimo de 0.01 m/s. Ver **Figura 75** y **Figura 76** en Anexo XXVIII.

Figura 27 Condición CMH con tanque a un tercio (parte superior izquierda)



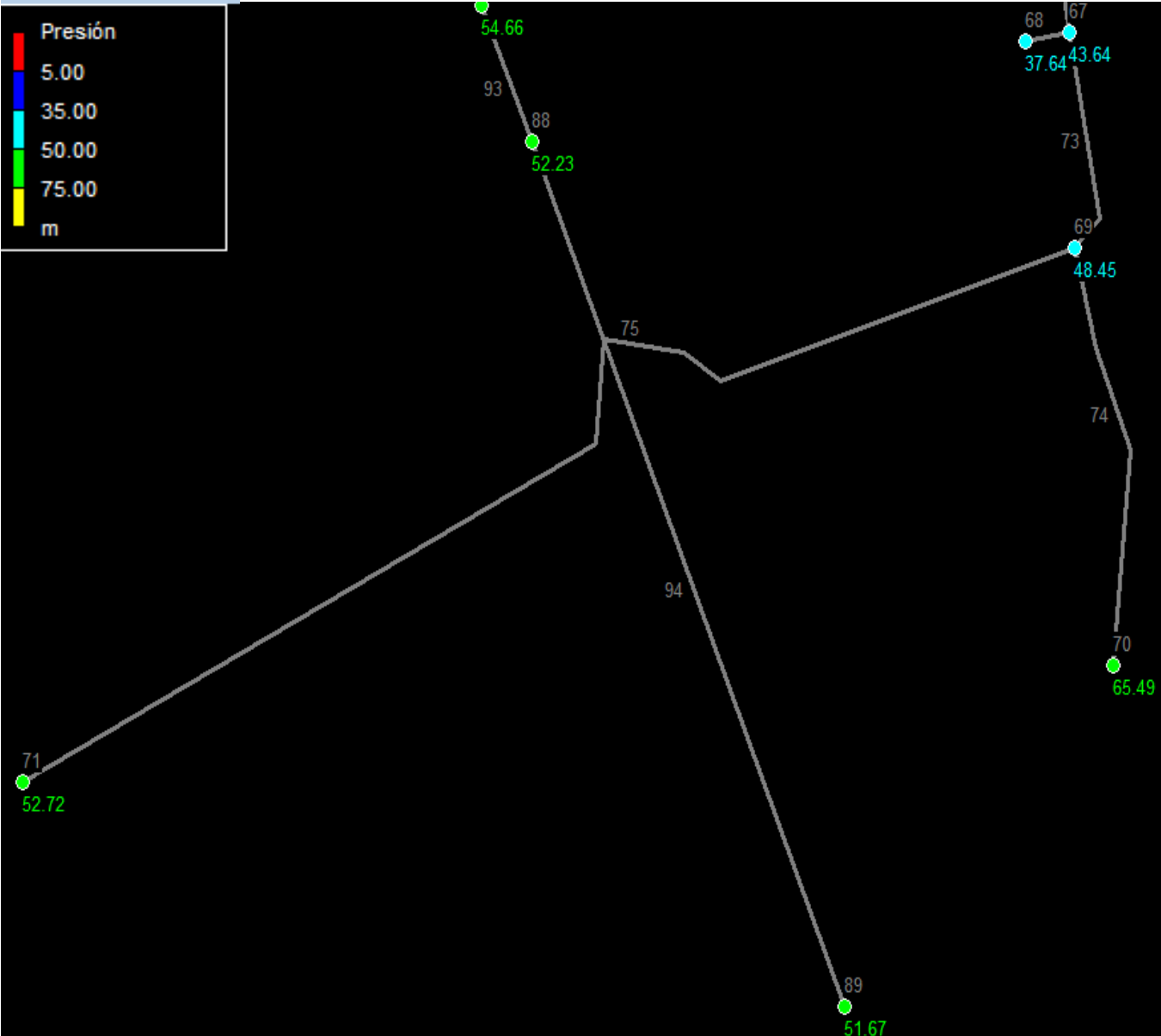
Fuente: Elaboración propia mediante software EPANET 2.0

Figura 28 Condición CMH con tanque a un tercio (parte media izquierda)



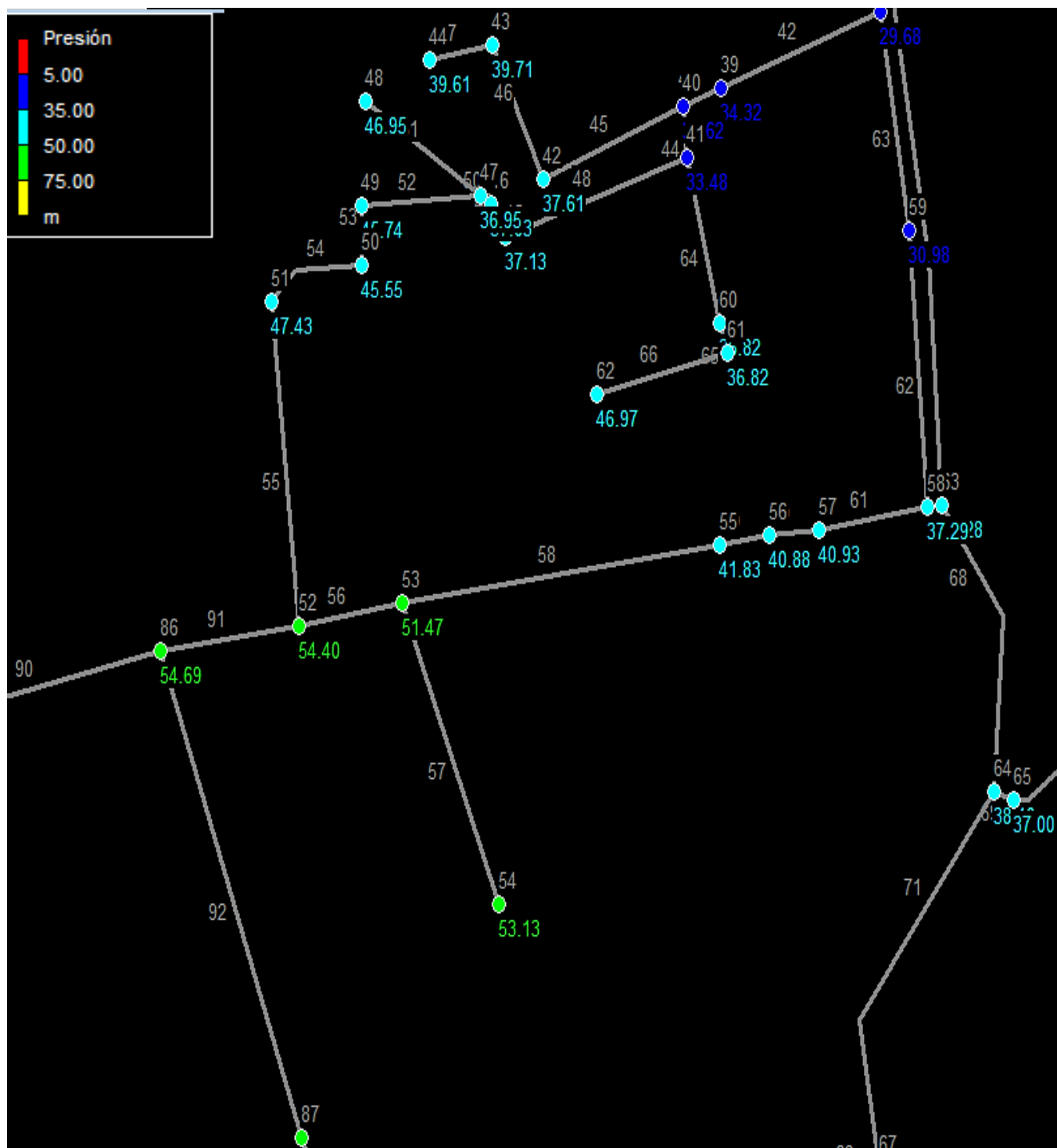
Fuente: Elaboración propia mediante software EPANET 2.0

Figura 29 Condición CMH con tanque a un tercio (parte inferior izquierda)



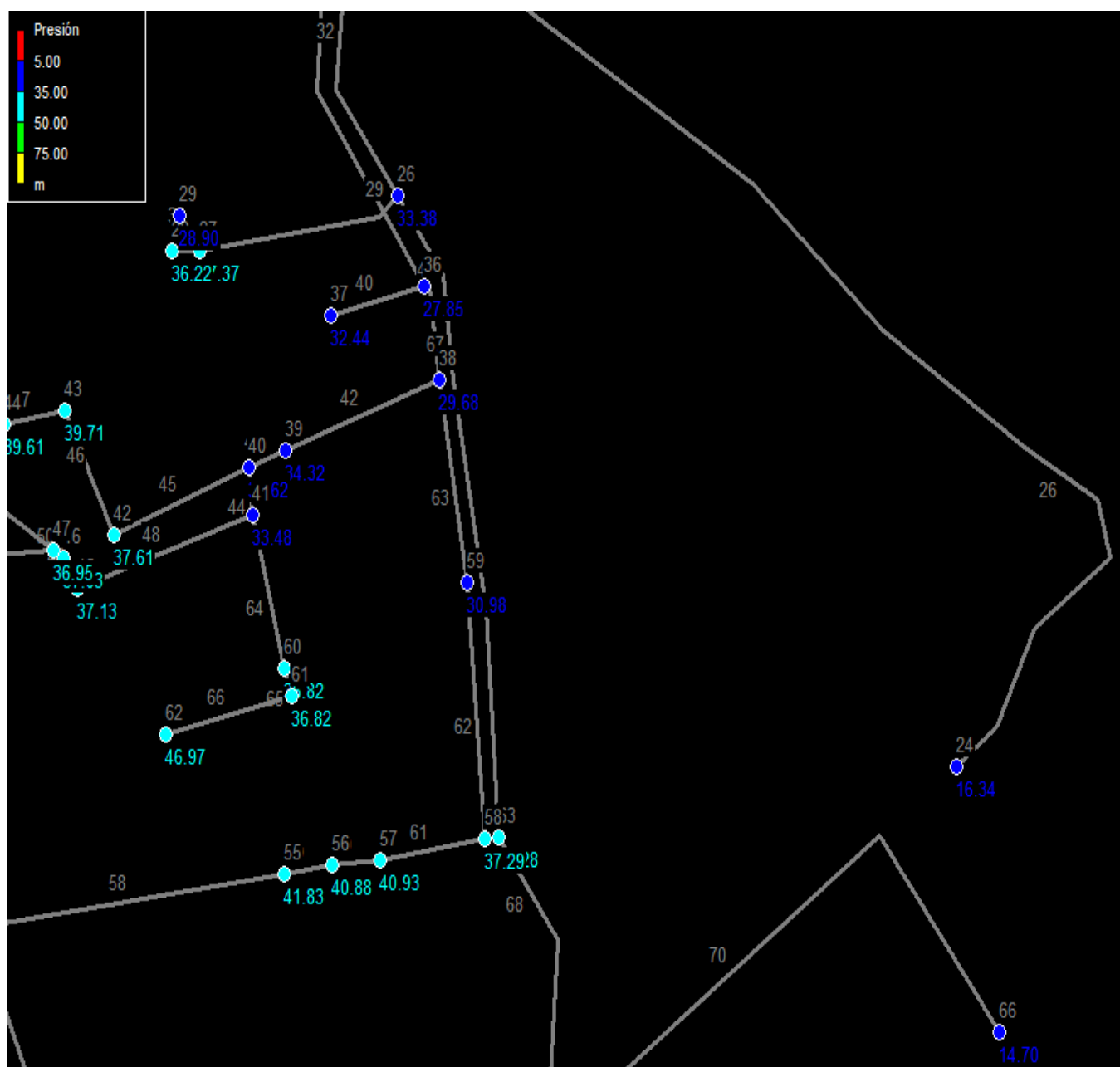
Fuente: Elaboración propia mediante software EPANET 2.0

Figura 30 Condición CMH con tanque a un tercio (parte media)



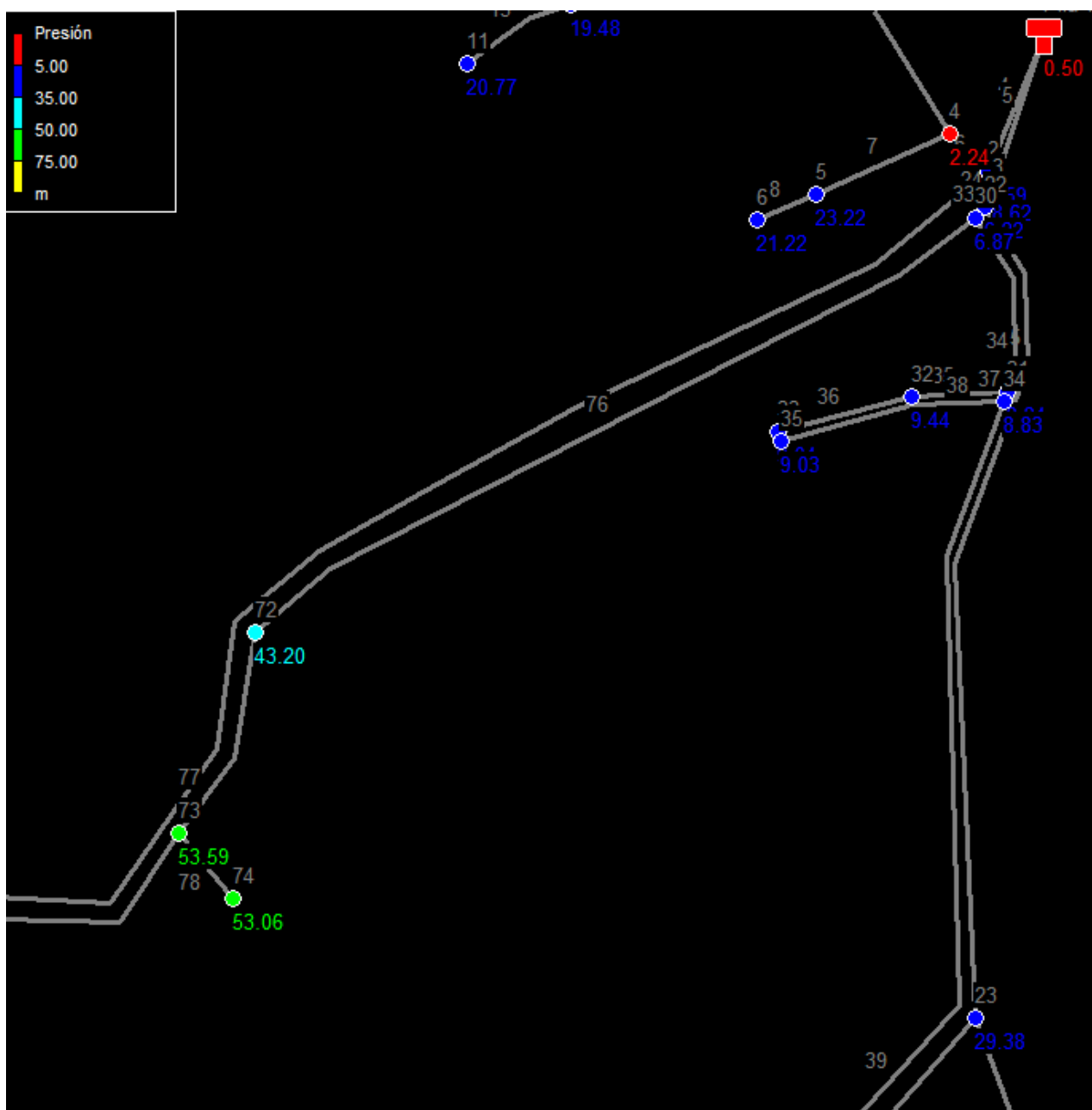
Fuente: Elaboración propia mediante software EPANET 2.0

Figura 31 Condición CMH con tanque a un tercio (parte inferior derecha)



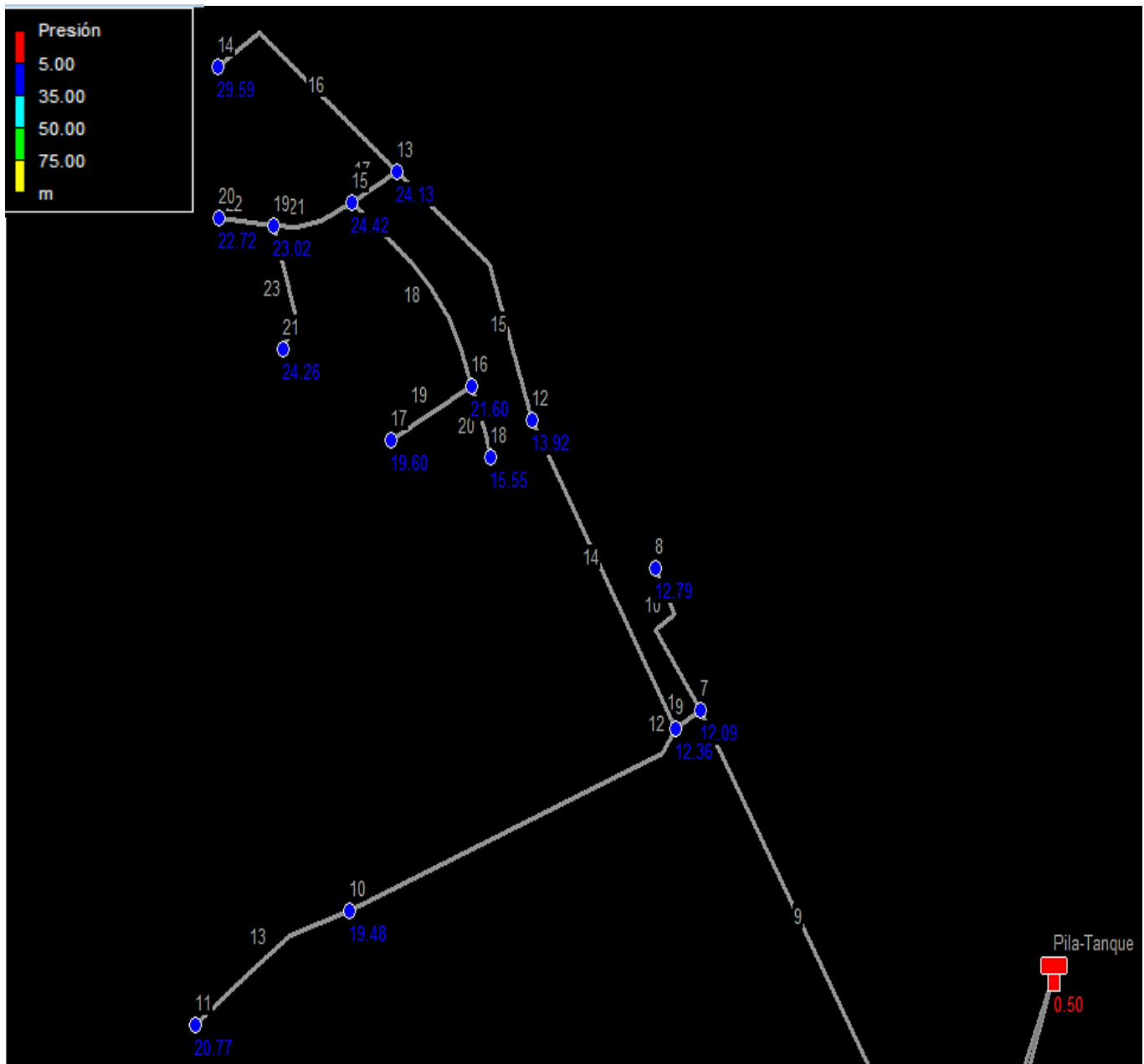
Fuente: Elaboración propia mediante software EPANET 2.0

Figura 32 Condición CMH con tanque a un tercio (parte media derecha)



Fuente: Elaboración propia mediante software EPANET 2.0

Figura 33 Condición CMH con tanque a un tercio (parte superior derecha)



Fuente: Elaboración propia mediante software EPANET 2.0

Los esquemas anteriores, simulan la condición CMH con tanque a un tercio, en la cual se presentan presiones por encima de los 50 m.c.a., resultando un promedio de presiones igual a 42.43 m.c.a., con una presión máxima de 84.37 m.c.a. en el modo 76, y una presión mínima de 2.24 m.c.a. en el nodo 4.

En cuanto a las velocidades para esta condición, el promedio es igual a 0.19 m/s, con un máximo de 1.22 m/s y un mínimo de 0.01 m/s.

Según los análisis de las tres condiciones detalladas anteriormente, debido a las altas presiones que se generan en 40 nodos de la red de distribución actual de la comunidad La Escoba, se hace necesario cambiar la tubería perteneciente a los tramos donde se generan estas presiones, razón por la cual son las que presentan mayores daños físicos.

5.3.7 Conexiones domiciliarias

El nivel de servicio adoptado es de conexiones de patio con medidor con su respectiva caja y tapa. Sin embargo, en el sector Los Pavones están instalados tubos de 1/2" que no cumplen con la normativa y poseen pérdidas por fricción muy grandes, por ello deben ser reemplazados.

En cuanto a puestos públicos, existe nada más uno ubicado en el sector Waslala, el cual posee sus grifos de 12.5 mm de diámetro y con su respectivo medidor de flujo y válvula de pase a como se recomienda en la normativa. Actualmente se encuentran 206 conexiones domiciliarias con su respectivo medidor, las cuales no dan cobertura a todas las viviendas pertenecientes a la comunidad La Escoba, haciendo falta 281 conexiones domiciliarias con su respectivo medidor para abastecer a las 487 viviendas pertenecientes al sistema de abastecimiento actual.

5.3.8 Diagnóstico del tanque de almacenamiento existente

Los tanques de almacenamiento se diseñan con el objetivo de suplir una cantidad de agua para compensar las máximas demandas que se presenten durante la vida útil del sistema, brindar las presiones adecuadas y disponer de una reserva ante eventualidades e interrupciones que puedan darse en el suministro de agua.

Por tales razones, surge la necesidad de realizar un diagnóstico del tanque de almacenamiento existente en la comunidad La Escoba, diseñado hace más de 40

años y que consiste en una pila-tanque de mampostería en forma de prisma trapezoidal, y de esa manera verificar si este tiene la capacidad de cubrir la demanda horaria del sistema para abastecer a dicha comunidad.

5.3.8.1 Dimensiones del tanque de almacenamiento existente

Tabla 13 Dimensiones del tanque de almacenamiento existente.

Datos Técnicos de la Pila-Tanque	
Capacidad	30,000 Glns (114 m ³)
Estructura	Concreto
Forma	Prisma trapezoidal
Altura del tanque (h)	2.20 m
Altura de agua en el tanque (h _a)	2.00 m
Borde libre del tanque (Y ₁)	0.20 m

Fuente: Elaboración propia.

Figura 34 Tanque de almacenamiento existente.



Fuente: Fotografía propia

5.3.8.2 Verificación del almacenamiento del tanque existente

Según el consumo promedio diario calculado, para que se cumpla con la demanda proyectada para el periodo de diseño, la capacidad del tanque de almacenamiento debe ser:

$$Capacidad_{tanque\ almacenamiento} = 114.93\ m^3$$

$$Capacidad_{tanque\ almacenamiento} = 30,363.49\ glns$$

La capacidad requerida del tanque de almacenamiento según la demanda poblacional para el año 2024 es de 30,363.49 galones equivalentes a 114.93 m³, y la pila-tanque existente tiene una capacidad de 30,000 galones equivalentes a 114 m³, lo que significa que no tiene una capacidad suficiente para abastecer a la comunidad, y se encuentra en mal estado por ser de vieja data, ya que se encuentra fisurado en diferentes partes de su área y presenta fugas representativas, además de ello, según entrevista realizada al ex presidente del CAPS de la comunidad, dicha pila se posiciona por encima de una falla volcánica y por su estado físico ya no admite rehabilitación, por lo cual este tanque de almacenamiento debe ser reemplazado en el rediseño del sistema.

5.4 Estudio topográfico

En Nicaragua, los estudios topográficos deben cumplir con las normas y regulaciones establecidas por el Colegio de Ingenieros de Nicaragua (CIN). Dichas regulaciones detallan los requisitos técnicos para la ejecución de levantamientos topográficos (equipos, métodos de medición, precisión, representación gráfica y documentación). Así mismo, los requisitos para la presentación de planos topográficos. Define los elementos gráficos que deben incluirse en los planos, como las curvas de nivel, los puntos de control, los límites de propiedad y las características físicas relevantes.

5.4.1 Evaluación del levantamiento topográfico

El estudio topográfico realizado por el FISE ha sido elaborado respetando los estándares de calidad y cumpliendo con las tolerancias permisibles para levantamientos topográficos de este tipo.

Para un diseño de un mini acueducto por bombeo eléctrico, se realizó por medio de métodos de altiplanimetría.

Uno de estos métodos fue el de los mínimos cuadrados, que es la parte de la topografía que se usa para ajustar todo tipo de medición topográfica, incluyendo diferencias de elevación, distancias horizontales, ángulos verticales y ángulos horizontales. Este método se basa fundamentalmente en calcular la corrección aplicada a las latitudes y longitudes de la poligonal mediante términos que contienen varias magnitudes de las que intervienen en el cálculo. Estas correcciones calculadas se realizan en dichas magnitudes obteniéndose así la compensación total de la poligonal, ideal para establecer la configuración actual del terreno y calles y así como la ubicación de cada una de las estructuras existentes (Pozo, tanques, alcantarillas) así como también la alineación de la tubería existentes. Ver **Figura 86** y **Figura 87** en Anexo XXXIX.

Así mismo, se establecieron la poligonal auxiliar y poligonal base mediante un levantamiento de una poligonal cerrada con chequeo lineal y angular. **Tabla 64** y **Tabla 65** en Anexo LVI.

En cuanto a los equipos utilizados para el levantamiento topográfico, se utilizaron dos, la Estación Total **TOPCON GTS -230** y Estación Total **Nikon DTM-322**, las cuales combinan la confiabilidad de una estación total mecánica con el potente software funcional y modular que los usuarios modernos necesitan en la actualidad.

5.5 Estudio geotécnico

Para poder determinar tanto las condiciones del subsuelo, como su capacidad de soporte, nivel de desplante de fundaciones y características físico-mecánicas y estratigráficas, se deben realizar exploraciones de campo, muestreo del subsuelo,

ensayos de laboratorio y análisis e interpretación de los resultados, por ello se revisó y utilizó el estudio geotécnico realizado por el FISE en el 2018.

Todas las obras de ingeniería civil descansan sobre el suelo, además, utilizan la tierra como elemento de construcción; por lo que su estabilidad y comportamiento funcional estarán regidos por la conducta del material de asiento. Las condiciones del suelo como elemento de sustentación y construcción han de ser observadas a través de una investigación de mecánica de suelo, para esto se realiza el estudio geotécnico cuya finalidad es analizar y cuantificar las características geomecánicas de los terrenos, por tales razones, es importante la revisión del estudio geotécnico realizado por el FISE, como a continuación se detalla.

Un correcto estudio geotécnico debe señalar las unidades geomorfológicas presentes y llevar a cabo la investigación sistemática de los terrenos, además, suministrar información para la selección de banco de préstamos de materiales, para ello se utilizan mapas geológicos publicados por INETER y fotografías aéreas de la zona en estudio para delinear dichas unidades.

El FISE en su formulación del proyecto Agua y Saneamiento de la comunidad La Escoba, realizó diferentes estudios en el que se incluye un estudio geotécnico de la zona.

Según el “Manual para la Revisión de Estudios Geotécnicos” realizado con la colaboración y financiamiento del Real Gobierno de Dinamarca y dirección del Ministerio de Infraestructura y Transporte, se deben realizar los ensayos de laboratorio correspondientes al estudio de suelos conforme a las normas AASHTO o ASTM, con las cuales se clasifican visualmente las muestras y se realicen los ensayos de muestras representativas provenientes de los sondeos efectuados como: análisis granulométrico de los suelos, límite líquido de los suelos, límite plástico e índice de plasticidad de los suelos, clasificación Highway Research Board o

clasificación AASHTO, humedad natural, CBR (California Bearing Ratio), peso volumétrico.

El informe del estudio de suelo debe contener una descripción de las actividades realizadas durante el desarrollo del estudio geotécnico, así como el perfil estratigráfico de los sondeos realizados con su clasificación correspondiente (HRB) de cada uno de las capas encontradas e indicando su espesor, análisis de resultados de los ensayos de laboratorio indicando las condiciones de los suelos existentes, se debe presentar localización de las fuentes de materiales indicando los volúmenes aproximados de cada una de ellas y tablas resumen de los resultados de los ensayos de laboratorio realizado, tanto de los sondeos, como de la fuente de materiales.

Se debe verificar el grado en que los objetivos del estudio han sido cumplidos, para ello se comprobará que incluya: la caracterización geotécnica, niveles de espesores de los suelos encontrados, profundidad a la que se detectó el nivel freático, en caso de que se haya encontrado y el perfil estratigráfico de cada uno de estos sondeos; debe haber una descripción de los bancos de préstamos recogidos en los mapas geológicos, referencia de localización y accesos a la fuente de materiales en donde se incluyan las coordenadas geodésicas de ubicación y de la fuente investigada, y una propuesta de utilización de bancos de préstamos.

Según lo anterior, se realizó una revisión del estudio geotécnico del FISE para verificar cómo está organizado, considerando si existen omisiones de información y si estas son esenciales, de igual manera que los suelos existentes hayan sido debidamente caracterizados, a continuación, el análisis.

En cuanto a trabajos de campo se realizaron dos sondeos SPT de los cuales se extrajeron cuatro muestras de cada uno y fueron trasladadas al laboratorio, donde se realizaron ensayos como: análisis granulométrico, límites de Atterberg, clasificación SUCS y humedad natural, que son los que se deben realizar según el Manual para Revisión de Estudios Geotécnicos.

Con respecto a bancos de materiales su ubicación está claramente definida por un mapa de geolocalización y coordenadas UTM, también presenta una tabla con las distancias aproximadas de cada banco de material al proyecto. De igual manera realizaron una descripción detallada de dichos bancos de préstamos en la que se incluye su volumen aproximado, espesor de descapote, porcentajes de humedad óptima y pesos volumétricos, tanto seco máximo como seco suelto.

A las muestras representativas obtenidas de cada banco se le realizó ensayos de CBR, tanto a cada uno de los bancos, como a la mezcla de ambos; así mismo se le determinó la humedad natural a cada tipo de material existente en la fuente.

Según el manual antes mencionado, se debe determinar el nivel freático en cada sondeo en caso de ser encontrado; en el informe del estudio geotécnico realizado por el FISE se indica que no se encontró la presencia de flujos de agua subterránea o el nivel de agua freático dentro del área investigada y en el rango de la profundidad explorada por medio de los sondeos mecánicos realizados, sin embargo se pudo determinar la humedad natural de los materiales existentes en cada sondeo y se realizaron ensayos de CBR a muestras representativas de los materiales encontrados, a como se indica también en dicho manual.

Según lo anterior, se concluye que el estudio geotécnico para el proyecto La Escoba proporcionado por el FISE, está realizado de manera correcta, puesto que cumple con todos los criterios para revisión de estudios de suelos de acuerdo al Manual para Revisión de Estudios Geotécnico.

5.6 Evaluación socio-económica

El FISE realizó en el año 2018 una encuesta a 574 personas de la comunidad de La Escoba, sobre la calidad del agua que se consume, la situación ocupacional y habitacional, ingreso mensual de las familias, nivel de escolaridad y disponibilidad de pago por el servicio; en cuyos resultados se obtuvo un total de 632 familias, 337 mujeres jefas de familia, en un total de 604 viviendas, sin embargo en el año 2021 la

alcaldía de Diriomo contabilizó un total de 612 viviendas que es la cantidad utilizada en cálculos por ser la más actualizada.

Debido a la situación socio-política que vivió nuestro país en el año 2018, algunas familias decidieron emigrar, así mismo en el año 2020 ingresó al país el virus de COVID-19, el cual desató una pandemia, provocando el aislamiento social y un sinnúmero de muertes alrededor de todo el país. Por esta razón, es necesario realizar nuevas encuestas para obtener resultados acordes a la realidad.

5.7 Rediseño del sistema de distribución de agua potable

Una vez que se evaluó el sistema de abastecimiento existente, se propuso alternativas de solución al problema, reutilizando los componentes que están en óptimas condiciones de operación, con el fin de reducir costos y garantizar el funcionamiento del sistema, de manera que se diseñaron los nuevos componentes del sistema de abastecimiento de agua potable de la comunidad La Escoba, cumpliendo con las normas vigentes del ANA.

5.8 Estudio demográfico

Con la realización de este estudio se estima la tasa de crecimiento (T/C) poblacional de la comunidad La Escoba, con el fin de proyectar la población al horizonte del proyecto (20 años). El crecimiento histórico de la localidad en estudio se analizó en base a datos recopilados de censos nacionales efectuados en 1995 y 2005 por INIDE para el municipio de Diriomo y departamento de Granada.

Tabla 14 Tasa de crecimiento de población, comunidad La Escoba.

Año	Población del Departamento de Granada	Población del Municipio de Diriomo	Población Rural del Municipio de Diriomo
1995	155,683	20,102	13,024
2005	190,604	26,133	16,000

Fuente: Censo INIDE 1995-2005

Para corroborar si la tendencia es de crecimiento positivo se revisó las proyecciones de población para el periodo 2005 – 2020 para el departamento de Granada y para el municipio de Diriomo, reflejando las tasas de crecimiento 0.8% para el departamento de Granada y 0.9% para el municipio de Diriomo. También para efectos de análisis y cálculos se tomó en consideración un listado de protagonistas del proyecto # 19900 realizado en 2021 por la alcaldía de Diriomo y en colaboración del entonces presidente del CAPS Sr. Junior Reyes, quién nos facilitó dicha información.

5.8.1 Tasa de crecimiento utilizada

De acuerdo a lo establecido anteriormente, la tasa de crecimiento que describe el comportamiento del movimiento poblacional es la tasa a la baja del municipio de Diriomo de 0.9%, para efectos de diseño y proyección de población de la comunidad La Escoba se usa una tasa de crecimiento aritmética de 2.5 % que corresponde al último período intercensal.

Tabla 15 Tabla de crecimiento.

Localidad	Censo 1995			Censo 2005			Tasa de crecimiento
	Hombre	Mujer	Total	Hombre	Mujer	Total	
Diriomo	9,966	10,136	20,102	12,069	12,111	24,180	1.07%
Censo 2018							
La Escoba				1,172	1,192	2,316	2.5%

Fuente: FISE

5.8.2 Entrevista y encuestas

Para escoger una muestra cuyo tamaño garantice la representatividad del resto de la población en estudio, se utilizó la fórmula siguiente:

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

Ecuación 24 Fórmula para cálculo de la muestra a poblaciones finitas

Donde:

N: Total de la población

Z α : 1.96 (si la seguridad es del 95%)

p: proporción esperada (5%)

q: 1 – p

d: precisión (5% a 10%)

$$n = \frac{2,686 * (1.96)^2 * 0.05 * (1 - 0.05)}{(0.05)^2 * (2,686 - 1) + (1.96)^2 * 0.05 * (1 - 0.05)}$$

$$n = 71 \text{ hab}$$

5.8.2.1 Encuestas

Se encuestaron a 71 hogares pertenecientes a la comunidad La Escoba, obteniendo así los siguientes resultados

- **Descripción del sistema actual**

La comunidad La Escoba, está conformada por 17 sectores, las que son atendidas actualmente con un sistema de abastecimiento de agua potable por bombeo eléctrico, sus habitantes se abastecen en un 89.5% de este sistema. A pesar de la gran cobertura, este sistema en época de verano es muy deficiente, surgiendo la necesidad de racionar el servicio, entregando en este periodo hasta 2 - 5 horas por día cada 3 - 4 días por sector.

- **Calidad del agua**

Al entrevistar sobre la percepción de la calidad de agua que actualmente consumen los habitantes de La Escoba, el 7.5% de los entrevistados afirman que consumen un agua de excelente calidad, el 56.7% considera que el agua es buena, el 26.9% opinó que es regular y un 9% que es mala.

- **Saneamiento**

El acceso a los servicios de saneamiento se refiere a la cantidad de personas con acceso al menos a una letrina utilizada por los beneficiarios. Se registra un

89.6% de familias que afirman tener alguna opción de saneamiento, frente a 10.4% que no tienen. Este tipo de disposición son: letrinas hidráulicas y compostera, letrina de hoyo seco y pozo ciegos. De los que afirman tener saneamiento, el 2.4% están en mal estado, el 58.2% están regular y el 19.4% en buen estado.

- **Situación ocupacional**

La economía y empleo de los miembros de las familias está mayormente basada en la agricultura, mostrando un 25.4% de la población encuestada dedicada a esta actividad, ya sea que siembran su propia huerta o como jornaleros; un 19.4% son asistentes del hogar, el 9% son vendedores, entre otras actividades.

El ingreso mensual de las familias de estas comunidades se estructura de la siguiente manera: 1.5% no tiene ningún ingreso, el 7.5% gana de C\$800 a C\$1,999, el 32.8% gana de C\$2,000 a C\$4,000.00 y el 58.2% tienen ingresos mayores a C\$4,000.00.

- **Situación habitacional**

De las viviendas encuestadas el 97% aseguran ser propietarios de las viviendas en que residen, un 1.5% dicen que es prestada y un 1.5% es alquilada.

El 31.3% de las viviendas están en buen estado, el 41.8% están en regular estado y el 26.9 % están en mal estado.

En cuanto a la cantidad de personas que habitan los hogares, en un 55.2% viven de 4 a 6 personas por hogar, un 34.3% de 1 a 3 y un 10.4% habitan más de 6 personas.

- **Educación**

Los niveles de escolaridad de los pobladores de estas comunidades se estructuran de la siguiente manera: 11.9% son iletrados, 46.3% nivel de primaria, 34.4% son bachilleres, 3% nivel técnico y 4.5% nivel universitario.

- **Disponibilidad de pagos**

El 100% de los pobladores de la comunidad La Escoba, están dispuestos a pagar por el servicio de agua potable. Cuando se consultó sobre los montos que estarían dispuestos a pagar por el servicio, el 1.5% refiere que entre C\$0 a C\$99, el 32.8% entre C\$100 y C\$199, el 13.4% entre C\$200 y C\$299 y el 32.9% más C\$300.

5.8.2.2 Entrevistas

Se entrevistó al ex presidente del CAPS de La Escoba, el señor Junior Reyes Zapata, quien nos contó un poco de la historia de la comunidad y expresó que hace 30 años la empresa Industria Frutera del Gran Lago S.A (IFRUGALASA) que producía refrescos a base de frutas, poseía su propio pozo para el riego de sus cultivos, sin embargo, en el año 1990 cerró sus operaciones.

El señor Carlos Ramírez quien fue uno de los fundadores principales del proyecto de agua potable La Escoba, expresó que se le envió una carta al presidente Daniel Ortega exponiendo la necesidad de la comunidad, la cual fue respondida el 28 de octubre de 1984, por el presidente, quien envía al secretario político regional Jaime Wheelock a inspeccionar el pozo perforado por IFRUGALASA, ya que los terrenos ocupados por dicha empresa pertenecían al gobierno y se los habían dado en arriendo por un tiempo. Una vez realizados los estudios para conocer su capacidad y estado del agua, se determina que se encuentra en perfectas condiciones, y es entonces cuando se decide instalar un motor y bomba de 20 HP para abastecer a las comunidades: San Caralampio, Guillermo Roncalys y La Escoba, ya que en ese tiempo solo existían 13 puestos de venta de agua, sin embargo fue hasta 1990 cuando se entregaron los materiales para la realización de dicho proyecto, y se continuó utilizando los puestos de venta de agua hasta 2005 que finalizó la rehabilitación del sistema, a cargo del FISE, en la cual se cambia la bomba a una con capacidad de 25 HP, y para ese mismo año se compra el terreno donde está la pila-tanque hoy existente al señor Juan Jaime; tiempo después se descubre que el pozo debe ser clausurado ya que está siendo carcomido y eventualmente todo el equipo

caerá al río, razón por la cual en el año 2021 la empresa Turcio Flores en sociedad con la empresa Valerio perforó un nuevo pozo en el mismo predio del pozo anterior.

5.9 Proyección de población

Tabla 16 Proyección de la población.

Proyección de población de comunidad La Escoba				
Municipio		Diriomo - Granada		
Año		2019 - 2024		
No.	Año	Población Inicial	T/C	Población Final
0	2019	2374	2.5%	2374
1	2024			2686

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17 Proyección de población para 20 años.

Proyección de población de comunidad La Escoba				
Municipio		Diriomo - Granada		
Año		2024 - 2044		
Periodo de diseño		20 años		
No.	Año	Población Inicial	T/C	Población Final
0	2024	2,686	2.5%	2,686
1	2025	2,686	2.5%	2,686
2	2026			2,753
3	2027			2,822
4	2028			2,893
5	2029			2,965
6	2030			3,039
7	2031			3,115
8	2032			3,193
9	2033			3,273
10	2034			3,354
11	2035			3,438
12	2036			3,524
13	2037			3,612
14	2038			3,703

15	2039			3,795
16	2040			3,890
17	2041			3,987
18	2042			4,087
19	2043			4,189
20	2044			4,294

Fuente: Elaboración propia a partir de fuentes de información.

Los cálculos para el rediseño de los componentes del sistema de abastecimiento de agua potable de la comunidad La Escoba, se realizaron para una población de 4,294 habitantes, ya que es la población del final del periodo de diseño para el año 2044.

5.9.1 Estimación de caudal de diseño

Se descartó la necesidad de incorporar consumos adicionales, ya que el caudal para incendios, según la norma NTON 09 007-19, no se considera para un rango de 0 a 5,000 habitantes, por lo que la estimación del consumo para el periodo de diseño, considera únicamente el volumen de agua por posibles pérdidas en el sistema.

Tabla 18 Proyecciones de consumo de la comunidad La Escoba

Año	Proyección de Población	Dotación	CPD	Pérdidas 20%CPD	Consumo Máximo Día (CMD)		Consumo Máxima Hora (CMH)	
		lppd	lpd	lpd	gpm	l/s	gpm	l/s
2024	2686	70964.33	268600.00	18802.00	287402.00	57480.40	89.63	5.65
2029	2965	78332.07	296486.90	20754.08	317240.99	63448.20	98.94	6.24
2034	3354	88625.55	335447.72	23481.34	358929.06	71785.81	111.94	7.06
2039	3795	100271.68	379528.30	26566.98	406095.28	81219.06	126.65	7.99
2044	4294	113448.20	429401.44	30058.10	459459.54	91891.91	143.29	9.04

Fuente: Elaboración propia

5.10 Fuente de abastecimiento y obra de captación

De acuerdo a la información facilitada por el FISE y la alcaldía municipal de Diriomo, se determinó que la fuente de abastecimiento del sistema rehabilitado seguirá siendo las aguas subterráneas del acuífero confinado Las Sierras, explotadas mediante un

pozo perforado en un diámetro de 16" adorado en 10" PVC, con una profundidad total de 625.62 pies (190.69 m), 361.71 pies (110.25 m) de tubería ciega y 263.91 pies (80.44 m) de tubería ranurada. Con su respectiva obra de protección (cabezal y delantal), con capacidad 150 gpm, dicha captación se encuentra ubicada en un predio de posesión comunal, a la par del pozo existente, cuenta también con la instalación de una bomba sumergible de 30 HP.

Uno de los principales criterios de aceptación de una fuente para un MABE, es que el caudal máximo recomendado de la explotación de un pozo deberá ser igual o superior a 1.5 del CPD. El pozo experimenta un rendimiento de 150 gpm, por tanto:

$$\begin{aligned}CPD &= 459,459.54 \text{ lpd} = 84.31 \text{ gpm} \\1.5 \text{ CPD} &= 126.47 \text{ gpm}\end{aligned}$$

Debido a que el rendimiento del pozo (150 gpm) es mayor a 1.5CP (126.47 gpm), este presenta el potencial suficiente para abastecer la demanda del sistema propuesto

.

5.10.1.1 Diámetro de ademe

Según la Tabla 2, para una capacidad del pozo de 160 gpm se recomienda un diámetro mínimo del ademe de 6 pulg., sin embargo, debido a que la bomba será de 6 pulg., el ademe debe ser dos números mayor que el diámetro nominal de la bomba, por lo tanto, el diámetro será de 10 pulg.

5.10.1.2 Diámetro de perforación

El diámetro de perforación debe ser tal que permita dejar un espacio de 3 pulg a cada lado del ademe para poder colocar el filtro de grava, por lo tanto, el diámetro de perforación será de 16 pulg.

5.10.1.3 Profundidad del pozo

Para determinar la profundidad del pozo se sumaron los siguientes datos:

- La profundidad del nivel estático del agua en el pozo cercano (pozo existente) es de 65 m
- El descenso es de 84.69 m
- La sumergencia se fijó en 6 m
- La variación estacional es de 10 m
- Profundidad libre de 25 m

Resultando una profundidad total del pozo de 190.69 m.

5.10.1.4 Nivel mínimo de bombeo

El nivel mínimo de bombeo será igual a la cota del terreno menos los siguientes valores:

- La profundidad del nivel estático del agua igual a 172.94 m
- El descenso del pozo de 84.69 m

$$\text{Nivel mínimo de bombeo} = 20 \text{ mbnm}$$

5.10.1.5 Volumen del filtro de grava

$$V_{gr} = ((Dp^2 - Da^2) \pi * h)$$

Ecuación 25 Volumen del filtro de grava

Donde:

Dp: diámetro de perforación (m)

Da: diámetro ademado (m)

Di: diámetro interno ademado (m)

h: profundidad del pozo (m)

$$V_{gr} = ((16 \text{ pulg.})^2 - (10 \text{ pulg.})^2) \pi * 190.69 \text{ m}$$

$$V_{gr} = 60.29 \text{ m}^3$$

Tabla 19 Características estructurales del nuevo pozo de la comunidad La Escoba

Características del nuevo pozo de la comunidad La Escoba		
Descripción	Medida	Unidad
Caudal de diseño	150	gpm
Diámetro de revestimiento	10	Pulg.
Diámetro de perforación	16	Pulg.
Profundidad total del pozo	190.69	m
Nivel del fondo	57.25	m
Nivel estático del agua	172.94	m
Rebajamiento regional estacionario	10	m
Descenso por bombeo	84.69	m
Nivel dinámico del agua	88.25	m
Sumergencia de la bomba	6	m
Nivel de ubicación de la bomba	82.25	m
Tubería ciega PVC	110.25	m
Tubería ranurada PVC	80.44	m
Sello sanitario	9.14	m

Fuente: Elaboración propia

El sitio de ubicación de esta obra dista unos 2,668.10 metros de donde se proyecta construir el tanque de almacenamiento.

Mediante los datos de la prueba de bombeo proporcionada por el FISE, se realizaron los cálculos de coeficiente de almacenamiento, caudal específico y coeficiente de transmisividad resultando lo siguiente:

- El coeficiente de almacenamiento para un acuífero libre según Johnson SCREMS varía en un rango de 0.1 a 0.35.

- Caudal específico (q) = $2.46 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$, este valor obtenido cumple con el rango de caudal específico (q) según Johnson SCREMS, el cual varía entre 0.36 y $3.6 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$.
- Coeficiente de transmisividad (T) = $68.42 \text{ m}^2/\text{d}$, este valor se encuentra dentro del rango de coeficiente de transmisividad de clase III, que varía entre 10 y $100 \text{ m}^2/\text{d}$, y según Johnson SCREMS se clasifica como transmisividad moderada. Ver **Tabla 56** en Anexo XIX.

5.11 Equipo de bombeo

Se diseñó un solo equipo de bombeo, calculado para el caudal de máximo día para el final del periodo de diseño de 20 años (9.04 lps), con un periodo de bombeo de 16 horas resultando un caudal de bombeo total de 13.56 lps. Dicho equipo consiste en una bomba centrífuga de eje vertical con motor sumergible. Ver

Figura 90 en Anexo XLIII.

5.11.1 Diámetro interno de la tubería de descarga

Aplicando la **Ecuación 8 Diámetro técnico económico preliminar**, para el caudal de consumo máxima hora, tenemos:

$$D = 5.12 \text{ pulg} \approx \mathbf{6 \text{ pulg}} \text{ (comercialmente)}$$

5.11.2 Carga total dinámica

- Nivel más bajo del agua durante el bombeo

$$NB = (\text{Elevacion de la fuente} - NEA) + (NEA - NDA)$$

$$NB = (237.94 \text{ m} - 172.94 \text{ m}) + (172.94 \text{ m} - 88.25 \text{ m})$$

$$\mathbf{NB = 149.69 \text{ m}}$$

- Carga estática de la descarga

$$CED = \text{Elevacion del tanque} - \text{elevacion de la fuente}$$

$$CED = 348.1 \text{ m} - 237.94 \text{ m}$$

$$CED = 110.16 \text{ m}$$

▪ **Longitud de la columna**

$$Lc = NB + Sumergencia$$

$$Lc = 149.69 \text{ m} + 6 \text{ m}$$

$$Lc = 155.69 \text{ m}$$

▪ **Pérdidas de la columna dentro del pozo**

$$hf_{columna} = 5\% Lc$$

$$hf_{columna} = 5\% * 155.69 \text{ m}$$

$$hf_{columna} = 7.78 \text{ m}$$

▪ **Pérdidas en la descarga**

Considerando una tubería con un diámetro de descarga de 6 pulg., y utilizando la tabla de pérdidas localizadas en longitudes equivalentes en metro de tubería recta.

Tabla 20 Longitud equivalente de los accesorios de la sarta del equipo de bombeo

Sarta de equipo de bombeo	
Accesorios	L. equivalente
2 codo de 3"x 45° H. G de extremos roscados	2.4
1 medidor maestro de 3" extremos bridados	0.12
Válvula de aire PVC 3/4" rosca macho	5.6
Válvula de pase 3" HoFo extremos bridados	0.5
Válvula de check 2" HF extremos bridados	0.4
Tee de 3" HoGo de extremos bridados	2.1
Unión brida acero de 3"	1.1
Conjunto manómetro de presión de 150 PSI	0.12
Válvula de alivio de 1"	0.2

Longitud equivalente total	22.54
-----------------------------------	--------------

Fuente: Elaboración propia

La trayectoria de descarga correspondiente a la línea de conducción equivale a una longitud de 2,668.10 m, pero para obtener la longitud equivalente total se le adiciona la longitud equivalente de los accesorios.

$$\text{Longitud equivalente total} = 2,668.10 \text{ m} + 22.54 \text{ m} = 2,690.64 \text{ m}$$

$$H = \frac{10.679 \times L \times Q^{1.85}}{C^{1.85} \times D^{4.87}}$$

Con 16 horas de bombeo, se obtiene un caudal de:

$$Q = CMD * \left(\frac{24}{16}\right)$$

$$Q = 9.04 \text{ L/s} * \left(\frac{24}{16}\right)$$

$$Q_{\text{bombeo}} = 13.56 \frac{\text{L}}{\text{s}} = 0.01356 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 214.93 \text{ gpm}$$

Entonces:

$$H_{\text{desc}} = \frac{10.679 \times (2,690.64 \text{ m}) \times (0.01356 \frac{\text{m}^3}{\text{s}})^{1.85}}{(140)^{1.85} \times (0.1524 \text{ m})^{4.87}}$$

$$H_{\text{desc}} = 10.30 \text{ m}$$

$$H_{\text{total}} = hf_{\text{columna}} + H_{\text{desc}}$$

$$H_{\text{total}} = 7.78 \text{ m} + 10.30 \text{ m}$$

$$H_{\text{total}} = 18.09 \text{ m}$$

▪ Carga total dinámica

$$CTD = CED + H_{\text{total}}$$

$$CTD = 110.16 \text{ m} + 18.09 \text{ m}$$

$$CTD = 128.25 \text{ m} = 420.79 \text{ ft}$$

5.11.3 Potencia de la bomba

- **Potencia hidráulica de la bomba**

$$Pb = \frac{CTD * Q}{3960}$$
$$Pb = \frac{420.79 \text{ ft} * 150 \text{ gpm}}{3960}$$
$$**Pb = 15.94 HP**$$

Se requiere un equipo de bombeo con una potencia hidráulica superior a los 15.94 HP.

- **Potencia analítica del equipo de bombeo**

Eficiencia del motor de la bomba = 70%

$$PEB = \frac{Pb}{e}$$
$$PEB = \frac{15.94 \text{ HP}}{70\%}$$
$$**PEB = 22.77 HP**$$

Por tal razón, se debe utilizar una bomba de 25 HP ya que es una medida comercial.

5.11.4 Selección del equipo de bombeo

Se seleccionó el equipo de bombeo para un caudal de 150 gpm y un CTD de 420.79 pies. Como referencia se utilizó el catálogo de bombas sumergibles catálogo FPS, serie SSI de 6 pulg, 150 gpm, resultando la elección de la bomba 150SSI25F66-1363 de eje vertical sumergible. Ver **Figura 88** en Anexo XLI y **Figura 89** en Anexo XLII.

Las características de la bomba a instalar son:

- Bomba tipo turbina de eje vertical sumergible con capacidad de 150 gpm

- Motor: 25 HP trifásico 3/60/230 volts
- Diámetro de bomba 6 pulg.
- Tubería de descarga o columna de bombeo 3" H.G

Tabla 21 Características del equipo de bombeo a instalar en el nuevo pozo.

Características de la bomba a instalar en el nuevo pozo	
Diámetro	6 pulg.
Capacidad	150 gpm
CTD	435 pies
Potencia (P)	25 HP
Eficiencia (e)	75%
Columna	3 pulg.

Fuente: Elaboración propia

5.11.5 Potencia del motor

Para este cálculo se utilizó un factor de 1.15 según la NTON 09 007-19 el cual es suficiente para cubrir las pérdidas mecánicas por fricción en el eje y cabezal de descarga de la bomba.

$$P_m = 1.15 * PEB$$

$$P_m = 1.15 * 22.77 \text{ HP}$$

$$\mathbf{P_m = 26.19 \text{ HP}}$$

Se seleccionó un motor sumergible de 30 HP de potencia, con energía trifásica 3/60/230 volts de la marca Franklin Electric, con un diámetro de 4 pulg. y giro de 3450 RPM. Ver

Figura 90 en Anexo XLIII, Figura 91 en Anexo XLIV y Figura 92 en Anexo XLV.

5.11.6 Accesorios para conexión de bomba

La sarta de 3 pulg. de diámetro es la conexión de bomba que incluye, una tubería de descarga del pozo con sus accesorios, un medidor de caudal de eje horizontal, válvula de retención, conjunto de válvula de aislamiento y manómetro, válvulas de compuerta, todos apoyados sobre sus respectivos bloques de reacción de concreto de 2,500 PSI.

5.12 Línea de conducción

Se propuso una línea de conducción por bombeo que conducirá el caudal de bombeo desde el pozo proyectado hasta el tanque de almacenamiento, y comprende una longitud total de 2,668.10 m de PVC cédula SDR 17.

5.12.1 Diámetro

Con la **Ecuación 8** de diámetro económico preliminar, se obtuvo un diámetro teórico requerido de:

$$D = 5.12 \text{ pulg.} \approx 6 \text{ pulg.}$$

Sin embargo, se debe realizar un análisis económico para la determinación del diámetro, tomando los costos anuales del consumo de energía y costos de tuberías. La solución a adoptar será aquella que resulte más económica y que satisfaga los criterios de diseño.

Antes de proceder al análisis de costos es necesario revisar si los diámetros propuestos satisfacen el criterio de velocidad.

5.12.2 Velocidad

En base al resultado obtenido del diámetro económico preliminar para la línea de conducción, se revisó el criterio de velocidad para una tubería de 4 pulg., 5 pulg., 6 pulg., 8 pulg. y 10 pulg. de diámetro, cuyo rango debe oscilar entre 0.6 y 1.5 m/s según la norma NTON 01 007 – 19. Con la Ecuación 9 Velocidad dentro de la tubería se obtuvo un resultado de:

▪ **Criterio de Velocidades**

Para Ø de 4 pulg.

$$V = \frac{4Q}{\pi D^2} = \frac{4 * (0.01390 \frac{m^3}{s})}{\pi * (0.10161 m)^2}$$

$$V = 1.80 m/s$$

No cumple con el criterio de velocidades permisibles.

Para Ø de 5 pulg.

$$V = \frac{4 * (0.01390 \frac{m^3}{s})}{\pi * (0.1270 m)^2}$$

$$V = 1.10 m/s$$

Cumple con el criterio de velocidades permisibles.

Para Ø de 6 pulg.

$$V = \frac{4 * (0.01390 \frac{m^3}{s})}{\pi * (0.1524 m)^2}$$

$$V = 0.80 m/s$$

Cumple con el criterio de velocidades permisibles.

Para Ø de 8 pulg.

$$V = \frac{4 * (0.01390 \frac{m^3}{s})}{\pi * (0.2032 m)^2}$$

$$V = 0.50 m/s$$

No cumple con el criterio de velocidades permisibles.

Para Ø de 10 pulg.

$$V = \frac{4 * (0.01390 \frac{m^3}{s})}{\pi * (0.2540 m)^2}$$

$$V = 0.30 m/s$$

No cumple con el criterio de velocidades permisibles.

Los diámetros de 4 pulg., 8 pulg. y 10 pulg., no cumplen con el criterio de velocidades permisibles, por lo que únicamente se analizarán los diámetros de 5 pulg. y 6 pulg.

Para el cálculo hidráulico las pérdidas por fricción se determinaron por la Ecuación 7 obteniendo los siguientes resultados:

▪ **Pérdidas por fricción**

Para Ø de 5 pulg.

$$H = \frac{10.679 \times L \times Q^{1.85}}{C^{1.85} \times D^{4.87}}$$
$$H_{desc} = \frac{10.679 \times 2,692.90 \text{ m} \times \left(0.01390 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right)^{1.85}}{(140)^{1.85} \times (0.1270 \text{ m})^{4.87}}$$
$$H = 26.13 \text{ m}$$

Para Ø de 6 pulg.

$$H_{desc} = \frac{10.679 \times 2,692.90 \text{ m} \times \left(0.01390 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right)^{1.85}}{(140)^{1.85} \times (0.1524 \text{ m})^{4.87}}$$
$$H = 10.75 \text{ m}$$

5.12.3 Golpe de ariete

Se revisó la tubería a través del golpe de ariete para determinar la sobrepresión en la línea de conducción, y así asignarle la cédula más adecuada.

5.12.4 Celeridad

Considerando una línea de conducción de PVC SDR-17 de los diámetros que cumplieron con el criterio de velocidad.

La K para tubos plásticos es de 33.33. (Ver Tabla 57 en Anexo XX). Aplicando la Ecuación 21 Celeridad, se obtuvo:

Para Ø de 5 pulg.

Espesor del tubo: 8.55 mm

$$C = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + K * \frac{D}{e}}}$$

$$C = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + 33.33 * \frac{0.1270 \text{ m}}{0.00855 \text{ m}}}}$$

$$C = 424.70 \text{ m/s}$$

Para Ø de 6 pulg.

Espesor del tubo: 9.91 mm

$$C = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + 33.33 * \frac{0.1524 \text{ m}}{0.00991 \text{ m}}}}$$

$$C = 418.03 \text{ m/s}$$

5.12.5 Tiempo de cierre

- Tiempo de parada de la bomba (T)

$$T_c = \frac{C + K * L * V}{g * CTD}$$

Ecuación 26 Tiempo de parada de la bomba, Mendiluce

Donde:

L: Longitud hasta el depósito

V: Velocidad del flujo

g: Gravedad (9.81 m/s²)

CTD: Carga total dinámica

C y K: Coeficientes de ajuste empírico según Mendiluce

C = 1; K = 1. Ver Tabla 62 y Tabla 63 en Anexo XXIV.

Para Ø de 5 pulg.

$$T_c = \frac{1 + 1 * 2,692.90 \text{ m} * 1.10 \text{ m/s}}{9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 128.25 \text{ m}}$$

$$T_c = 4.71 \text{ seg}$$

Para Ø de 6 pulg.

$$T_c = \frac{1 + 1 * 2,692.90 \text{ m} * 0.80 \text{ m/s}}{9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 128.25 \text{ m}}$$

$$T_c = 3.42 \text{ seg}$$

- Tiempo de propagación de la onda (Tp)

El tiempo de propagación de la válvula hasta la embocadura de la tubería

$$T_p = \frac{2 L}{C}$$

Ecuación 27 Tiempo de propagación de la onda

Donde:

C: Celeridad

Para Ø de 5 pulg.

$$T_p = \frac{2 * (2,692.90 \text{ m})}{424.70 \text{ m/s}}$$

$$T_p = 12.68 \text{ seg}$$

Para Ø de 6 pulg.

$$T_p = \frac{2 * (2,692.90 \text{ m})}{418.03 \text{ m/s}}$$

$$T_p = 12.88 \text{ seg}$$

Si $T_c \leq T_p$ equivale a un cierre instantáneo. Y si $T_c > T_p$ equivale a un cierre lento. Ya que en ambos casos el tiempo de parada de la bomba es menor que el tiempo de propagación de la onda, se concluye que es un cierre de maniobra rápida, debido a que el tiempo de recorrido de ida y vuelta de la onda de presión es superior al de cierre. Alcanzándose la sobrepresión máxima en algún punto de la tubería, por lo tanto, se producirá el golpe de ariete y se utilizará la fórmula de Allieve.

5.12.6 Sobrepresión

Mediante la Ecuación 22 Sobrepresión máxima, se obtiene el valor de sobrepresión

Para Ø de 5 pulg.

$$G.A = \frac{CV}{g}$$

$$G.A = \frac{424.70 \frac{m}{s} * 1.10 m/s}{9.81 \frac{m}{s^2}}$$

$$G.A = 47.62 m$$

Para Ø de 6 pulg.

$$G.A = \frac{424.70 \frac{m}{s} * 0.80 m/s}{9.81 \frac{m}{s^2}}$$

$$G.A = 34.09 m$$

5.12.7 Presiones

La presión máxima ejercida en las paredes de la tubería está dada por la sumatoria de la carga estática y la sobrepresión ocasionada por golpe de ariete. Con la Ecuación 23, se obtuvo:

Para Ø de 5 pulg.

$$PT = CED + G.A$$

$$PT = 110.16 m + 47.62 m$$

$$PT = 157.78 \text{ m}$$

Para Ø de 6 pulg.

$$PT = 110.16 \text{ m} + 3.094 \text{ m}$$

$$PT = 144.25 \text{ m}$$

Considerando que la presión de servicio ofrecida por la tubería PVC cédula SDR-17 es aproximadamente 175 m.c.a., se concluye que es factible usar esta clase de tubería en la línea de conducción. Ver Tabla 31 en Anexo IV.

5.12.8 Diámetro económico

Pasando el análisis económico de los dos diámetros que cumplieron con el criterio técnico de velocidad, se presenta lo siguiente:

En lo que se refiere al VPT (Valor Presente Total), se calculó sumando los resultados de VP (Valor Presente) para cada año del periodo de diseño, más el costo de tubería, según los precios establecidos en la Guía de Costo No. 16 de abril de 2023 del FISE.

En la tabla siguiente se presentan los costos obtenidos de la guía de costos del FISE, según sus diámetros, lo cual servirá para seleccionar la mejor opción económica. No se obtuvo el costo de tubería para el diámetro de 5 pulg, debido que no se contemplaba el costo en la guía del FISE para este diámetro en específico, y no se encuentra comercialmente disponible en el mercado. Sin embargo, se realizó el análisis de costo de energía para ambos diámetros.

Tabla 22 Costo de línea de conducción

Tipo	Diámetro (pulg)	Costo de tubería
PVC SDR-17	5"	No encontrado
	6"	C\$ 3,294.5216

Fuente: Elaboración propia mediante datos del FISE

Para determinar el valor presente de los costos de energía a lo largo del periodo de diseño, se considerará una tasa de interés del 12% anual. (Talavera Nicaidis, 1983). El Costo Anual de Energía se calculó utilizando la siguiente ecuación:

$$CAE = \frac{31.0876 * Q^{2.85}}{C^{1.85} * D^{4.87}} \times \text{costo de energía (C\$/kWh)}$$

Ecuación 28 Costo anual de energía

Donde:

CAE: Costo anual de energía

Q: CMD (gpm)

C: Coeficiente de rugosidad (140)

D: Diámetro (pulg.)

Ahora teniendo un costo de energía C\$ 6.9730/kWh tomado de la actualización de tarifa del 01 de febrero de 2024 autorizada por INE Figura 96 en Anexo XLIX, para finalmente obtener un VP con la siguiente ecuación:

$$VP = \frac{CAE}{(1 + i)^n}$$

Ecuación 29 Valor Presente

Donde:

VP: Valor Presente

i: tasa de interés anual (12%)

n: Año de periodo de diseño

Tabla 23 Resumen de costo total de energía y tubería según diámetros

Diámetro	Energía	Tubería	Total
5	C\$ 47.47	-	C\$ 47.47
6	C\$ 19.54	C\$ 3,294.52	C\$ 3,314.06

Fuente: Elaboración propia

Ver Tabla 61 en Anexo XXIII. Como se puede apreciar en la tabla anterior, el costo más bajo en cuanto a energía pertenece a la tubería de 6 pulg. de diámetro, por lo tanto, este será el diámetro de la línea de conducción por bombeo.

5.13 Tanque de almacenamiento

El tanque de almacenamiento tendrá una construcción de estructura circular metálica A-36, ubicado a una elevación de 348.10 msnm (Cota de nivel de terreno natural), diseñada para cumplir con las presiones establecidas en las normas vigentes del ANA. Este depósito recepcionará las aguas provenientes del nuevo pozo propuesto a construir en la comunidad La Escoba, situado en el mismo predio del pozo existente, a unos 10 metros del mismo.

5.13.1 Volumen del tanque

Según la capacidad de almacenamiento calculada con una proyección de población para el año 2044, que es el final del periodo de diseño, se obtiene un almacenamiento necesario de 59,723.11 galones, por lo cual se diseñó un tanque con un almacenamiento de 60,000 galones, equivalentes a 227 m³, este volumen fue el utilizado para calcular las dimensiones de dicho tanque.

5.13.2 Dimensionamiento

Para obtener una simetría en las dimensiones del tanque, se igualó el diámetro y la altura en la ecuación de volumen de un cilindro y se despejó el diámetro, teniendo como resultado:

- **Diámetro**

Haciendo $D = H$, en la ecuación de volumen de un cilindro, tenemos:

$$Vol. = \frac{\pi D^3}{4}$$

Ahora, despejando el diámetro en la ecuación anterior, tenemos:

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 * Vol.}{\pi}}$$

Sustituyendo el volumen de almacenamiento deseado en la ecuación resultante, tenemos:

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 * (227 \text{ m}^3)}{\pi}}$$

$$D = 6.60 \text{ m.}$$

- **Altura de rebose propuesta**

$$H_{rebose} = 0.20 \text{ m}$$

- **Altura total del tanque**

Ya que $D = H$, la altura del agua en el tanque es igual a 6.60 m, y la altura total del tanque es:

$$H_{total} = H_{agua} + H_{rebose}$$

$$H_{total} = 6.60 \text{ m} + 0.20 \text{ m}$$

$$H_{total} = 6.80 \text{ m}$$

- **Altura de cono superior propuesta**

$$H' = 0.99 \text{ m}$$

Se propuso no usar estructura soporte del techo, para que sea autoportante, para ello se debe tener una tangente mínima de 9:12, con un espesor propuesto de 3/16 pulg. se obtiene:

$$T_{min} = \frac{D}{400 \sin \theta}$$

Ecuación 30 Espesor mínimo

$$\sin \theta = \frac{D}{400 T_{min}}$$

$$\sin \theta = \frac{6.60 \text{ m}}{400 * (3/16 \text{ pulg.})}$$

$$\sin \theta = 0.2887$$

$$\theta = 16.54^\circ$$

El $\theta_{\max} = 37^\circ$, al ser el valor obtenido, menor que el máximo establecido, el ángulo de 16.54° cumple.

$$\text{Pendiente \%} = \tan 0.2887 * 100$$

$$\textbf{Pendiente \%} = \textbf{29.70 \%}$$

Con una pendiente del 29.70%, se obtiene una tangente de $3\frac{5}{8}$: 12, por lo tanto, no necesita estructura soporte de techo.

Para el diseño del cuerpo, se utilizó un espesor propuesto de $\frac{1}{4}$ pulg. y para el fondo un espesor de $\frac{5}{16}$ pulg.

Para el diseño de todos estos elementos se utilizó como referencia: Api Standard 650, Gaylord & Gaylord "Structural Engineering Handbook" AWWA Stuenol D100-73.

5.13.3 Accesorios complementarios

- **Tubería de llegada**

La tubería de llegada al tanque será de PVC SDR-17, que previo a su entrada se cambia a tubería H.G mediante un codo de 90° de 6 pulg.

- **Tubería de salida**

La tubería de salida del tanque es de H.G de 6 pulg., provista de una válvula de compuerta del mismo diámetro.

- **Tubería de limpieza**

La tubería de limpieza es de 3 pulg., ubicada al fondo del tanque y provista de una válvula de compuerta de 2 pulg de diámetro.

- **Tubería de rebose**

Consiste en una tubería de 4 pulg de H.G, unida a la tubería de limpieza mediante una TEE de 2x2x4 pulg. del mismo material.

- **Válvulas de limpieza**

En toda la extensión de la red de distribución de agua se instalarán 47 válvulas de limpieza, al final de los tramos de tubería donde no se llegue al mínimo de velocidad permisible según la norma NTON 01 007-19, cada una con su respectivo bloque de reacción de concreto de 2500 PSI.

- **Válvulas de compuerta**

Se instalará una válvula de compuerta, a la salida de la tubería de limpieza, de H.F. y de 2 pulg. de diámetro, otra a la salida de la red de distribución, del mismo material que la anterior, pero con un diámetro de 6 pulg.

5.14 Red de distribución

Para el rediseño del sistema de abastecimiento de La Escoba se deberá reemplazar 9,545.63 m de tubería por una nueva de 2 pulg.; 555.52 m de tubería por una nueva de 3 pulg. y 163.77 m de tubería por una nueva de 1 ½ de pulg. Y se agregarán nuevos tramos de 347.03 m de tubería nueva de 3 pulg. y 2,233.44 m tubería de 2 pulg. Así mismo se deberá eliminar un tramo de 64.83 m de 2 pulg.

Se van a reemplazar un total de 10,264.92 m de tubería del sistema existente debido al daño físico que presentan estos tramos de tubería por las altas presiones originadas, y se van a añadir un total de 2,580.47 m de tubería nueva, para abastecer a un total de 125 viviendas adicionales que no poseen actualmente servicio de agua potable.

Al momento de diseñar la tubería de distribución, se consideró el comportamiento de los elementos de la red y se calculó la pérdida de carga en una tubería debido a la fricción por el paso del agua; para esta actividad se aplicó el software EPANET 2.0, usando los principios básicos de Hazen – Williams.

La red de distribución de agua potable de la comunidad La Escoba será del tipo ramal y contará con una longitud aproximada de 24,016.76 m, compuesta por tuberías PVC, sin embargo, para resistir las presiones de más de 50 m.c.a. que se originarán en algunos tramos según el análisis hidráulico de la red de distribución, se evaluarán dos alternativas y se elegirá la menos costosa.

- Alternativa 1: Utilizar tubería PVC cédula SDR-17 en los tramos en los que se presenten presiones que superen los 50 m.c.a.
- Alternativa 2: Utilizar válvulas reductoras de presión en los tramos en los que se presenten presiones que superen los 50 m.c.a.

5.14.1 Alternativa 1

Tabla 24 Longitudes de red de distribución según su diámetro y cédula correspondiente

Rediseño de red de distribución		
Diámetro	Longitud	Cédula
1 ½ pulg. (37.5 mm)	47.67 m	PVC SDR 26
2 pulg. (50 mm)	12,205.62 m	PVC SDR 26
3 pulg. (75 mm)	3,352.77 m	PVC SDR 26
4 pulg. (100 mm)	61.88 m	PVC SDR 26
1 ½ pulg. (37.5 mm)	163.77 m	PVC SDR 17
2 pulg. (50 mm)	7,282.50 m	PVC SDR 17
3 pulg. (75 mm)	902.55 m	PVC SDR 17

Fuente: Elaboración propia

Resultando un total de 15,667.94 m de tubería PVC SDR 26 y 8,348.82 m de tubería PVC SDR 17.

En la tabla siguiente se presentan los costos obtenidos del catálogo de tuberías PVC 2024 de SINSA, según sus diámetros, lo cual servirá para seleccionar la mejor opción económica.

Tabla 25. Costo tubería PVC SDR-17 según su diámetro

Diámetro	Cantidad	Tubería SDR-17	Total
1 ½ pulg. (37.5 mm)	28	C\$ 579.00	C\$ 16,212.00
2 pulg. (50 mm)	1214	C\$ 926.48	C\$ 1,124,746.72
3 pulg. (75 mm)	151	C\$ 2,259.00	C\$ 341,109.00
Total			C\$ 1,482,067.72

Fuente: Elaboración propia

5.14.2 Alternativa 2

En la alternativa 2 se propone utilizar válvulas reductoras de presión, en los tramos cuya presión sea mayor de 50 m.c.a. distribuidos de la siguiente manera:

Tabla 26 Longitudes y diámetro de los tramos donde se requieren válvulas reductoras de presión

Nodo		Long (m)	Diámetro (pulg)
de	a		
30	59	445.92	2
92	94	174.75	2
99	102	52.9	2
122	123	473.34	2
122	124	976.9	2
126	32	771.54	2

Fuente: Elaboración propia

En la tabla siguiente se presenta el costo de válvula reductora de presión obtenida del catálogo 2024 de SINSA.

Tabla 27 Costo válvula reductora de presión

Diámetro	Cantidad	Precio		Total	
2 pulg. (50 mm)	6	C\$	21,098.61	C\$	126,591.68

Fuente: Elaboración propia

Pasando el análisis económico de las dos alternativas propuestas, como se pudo notar la menos costosa es la alternativa 2, en la cual se propone la instalación de 6 válvulas reductoras de presión de 2 pulg. de diámetro.

Así mismo, la red de distribución, estará provista por un tanque rompe presión de concreto, sobre suelo, cuyas dimensiones serán de 1 m de diámetro y 1.20 m de altura incluyendo los 0.20 m de rebose, y estará ubicado en el nodo 119 con un nivel de terreno de 279.1 msnm, perteneciente a la calle No. 4, esto debido a las altas presiones que se originan en tramos inferiores por la altitud de la zona donde se ubicará dicho tanque.

La simulación del sistema se realizó con el software EPANET 2.0, considerando las siguientes condiciones de trabajo:

- **CMH con tanque lleno:** esto se realiza para simular una condición de trabajo exigente, pero con el tanque funcionando en su máxima capacidad.
- **CMH con tanque a un tercio de capacidad:** esta simulación representa una condición de trabajo con un bajo nivel de agua en el depósito, situación en la cual las presiones decaen, y se debe verificar que el sistema provea presiones por encima de 5 m.c.a.
- **Cero consumos con tanque lleno:** simula un sistema sin demanda y es cuando se presentan las mayores presiones, por lo cual es la condición más crítica, esto se da en horas de la madrugada.

- **CMD con tanque lleno:** simula un sistema con tanque funcionando en su máxima capacidad y con las demandas bases utilizando el 150% del consumo total.

5.14.3 Determinación de caudales nodales

Los caudales nodales para el análisis del modelo hidráulico de la red de distribución, fueron calculados a través del método del número de familias, el cual está descrito en la Guía para el Diseño de Redes de Distribución en Sistemas Rurales de Abastecimiento de Agua, emitida por la OPS, como un método para la determinación de caudales en redes cerradas, sin embargo, establece que, si la red abastece a más de 30 conexiones, se podrá utilizar también para redes abiertas, como lo es en este caso.

El método del número de familias, consiste en calcular un caudal unitario, dividiendo el caudal máximo horario, que en este caso fue de 14.35 lps para el final del periodo de diseño, entre el número total de familias de la población, que son 612 familias, y cuyo resultado fue:

$$q_u = 0.0235 \text{ lps/lote}$$

Para obtener el caudal en cada nodo de la tubería, se multiplicó el caudal unitario por el número de familias en su área de influencia. Posteriormente se introdujeron los datos al modelo de la red de distribución elaborado en el software EPANET 2.0.

5.14.4 Análisis hidráulico de la red con la condición CMH y tanque lleno

La velocidad promedio bajo esta condición presenta un valor de 0.41 m/s, una máxima de 4.18 m/s y una mínima de 0.01 m/s, la mayoría de estas muy por debajo de las velocidades recomendadas 0.6 a 5.0 m/s, por lo cual se recomienda la instalación de válvulas de limpieza en los tramos que sean necesarias.

En cuanto a la presión promedio en los nodos de la red es de 21.12 m.c.a., siendo la presión máxima de 48.32 m.c.a. en el nodo 124 y la presión mínima es 5.07 m.c.a.

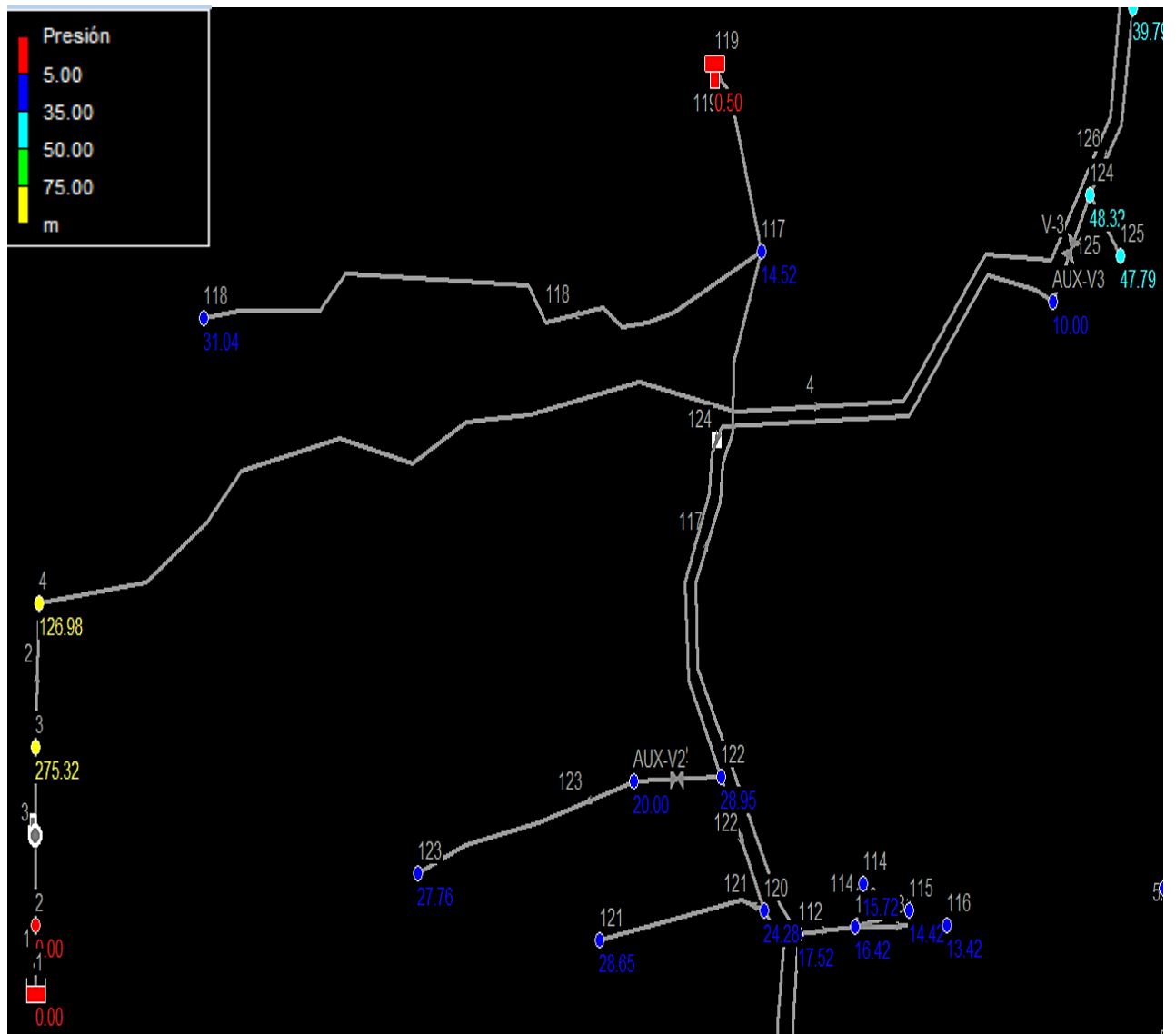
en el nodo 72, debido a las 6 válvulas reductoras de presión ubicadas en los tramos que superaban los 50 m.c.a, las presiones obtenidas a lo largo de toda la red, cumplen con las normas para acueductos rurales, donde la presión mínima es de 5 m.c.a., y la máxima es 50 m.c.a.

Figura 35 Esquema completo del rediseño de sistema de abastecimiento de agua potable de la comunidad La Escoba



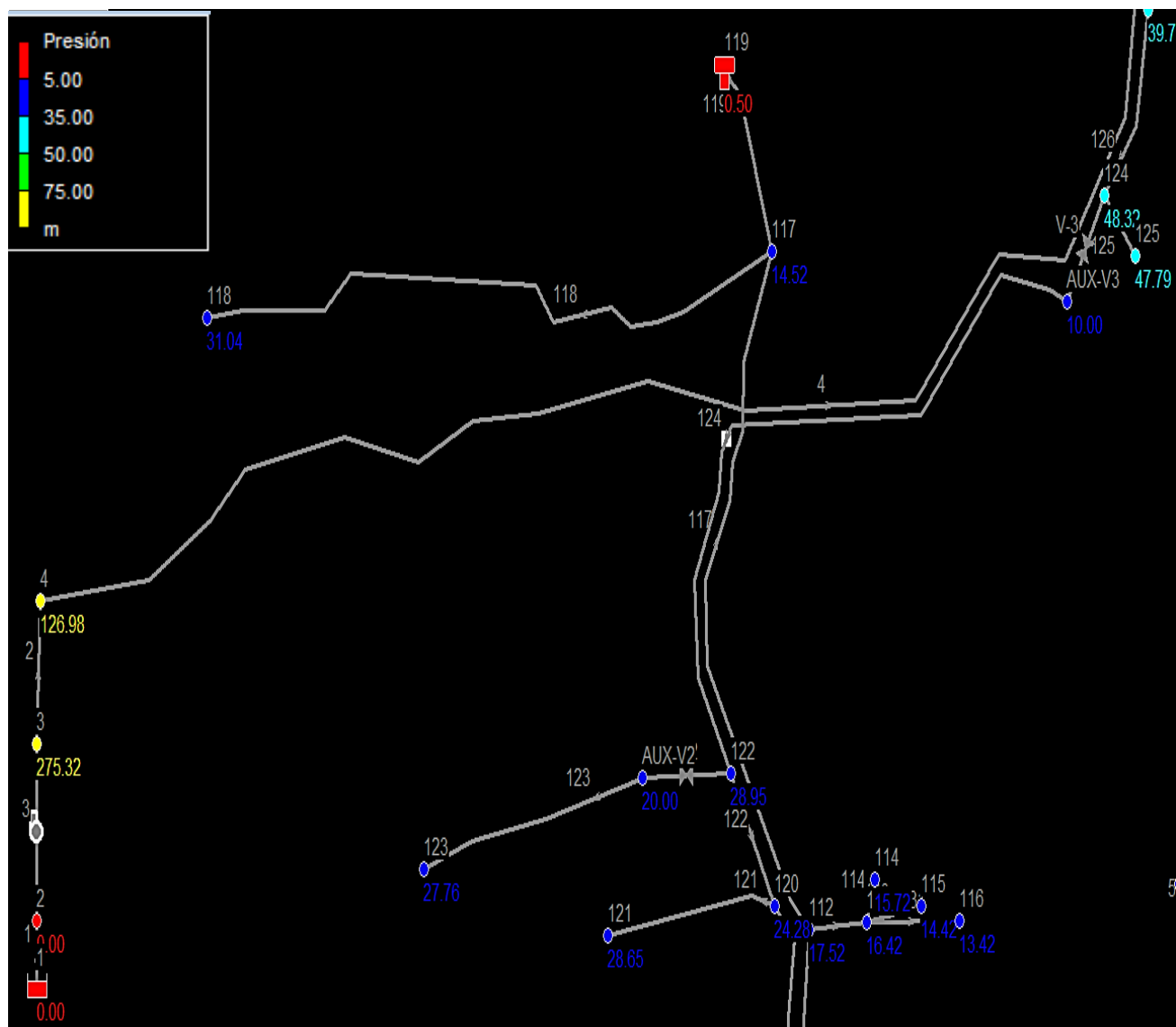
Fuente: Elaboración propia mediante software EPANET 2.0

Figura 36 Condición de CMH con tanque lleno (Parte superior izquierda)



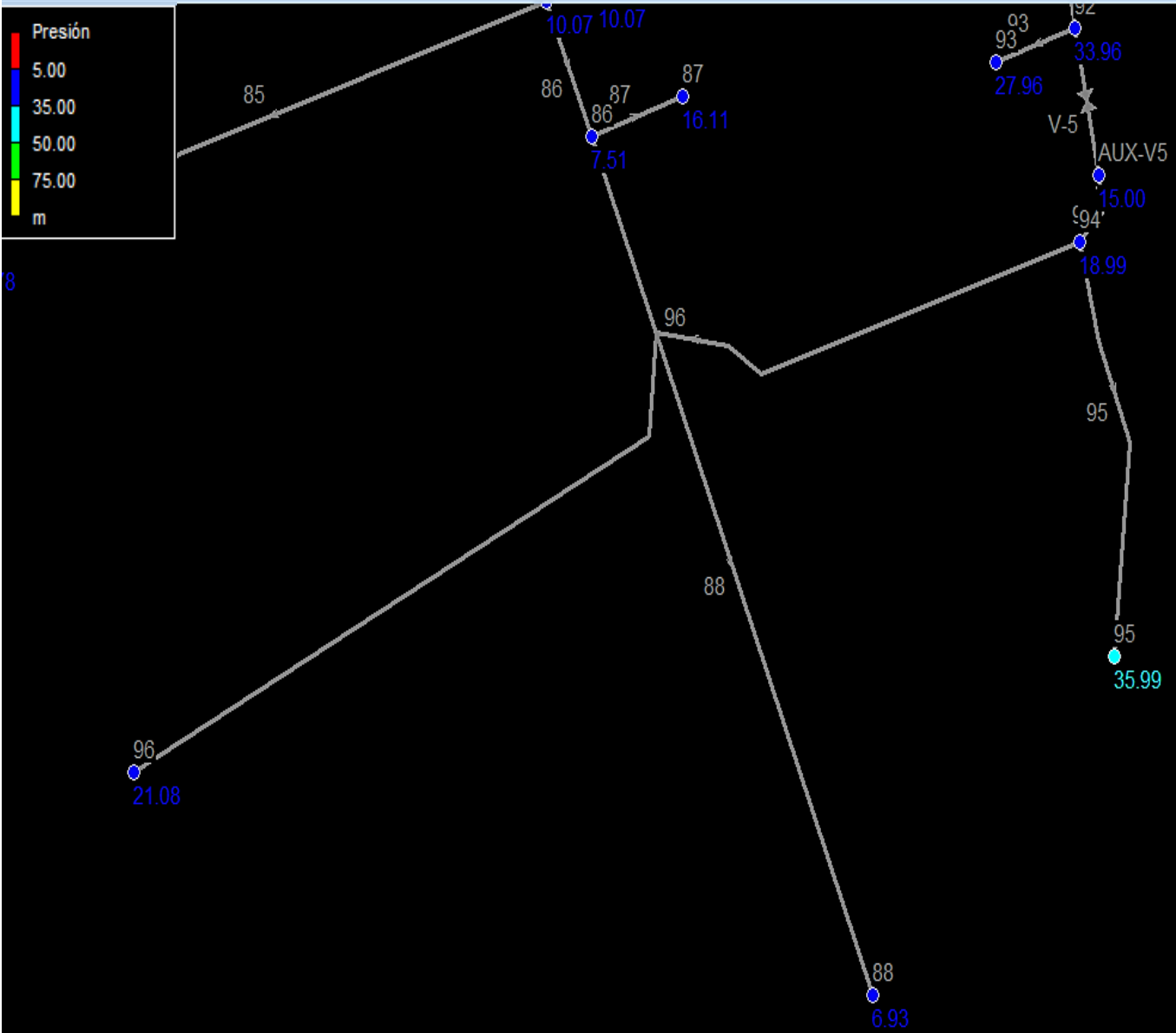
Fuente: Elaboración propia mediante software EPANET 2.0

Figura 37 Condición de CMH con tanque lleno (Parte media izquierda)



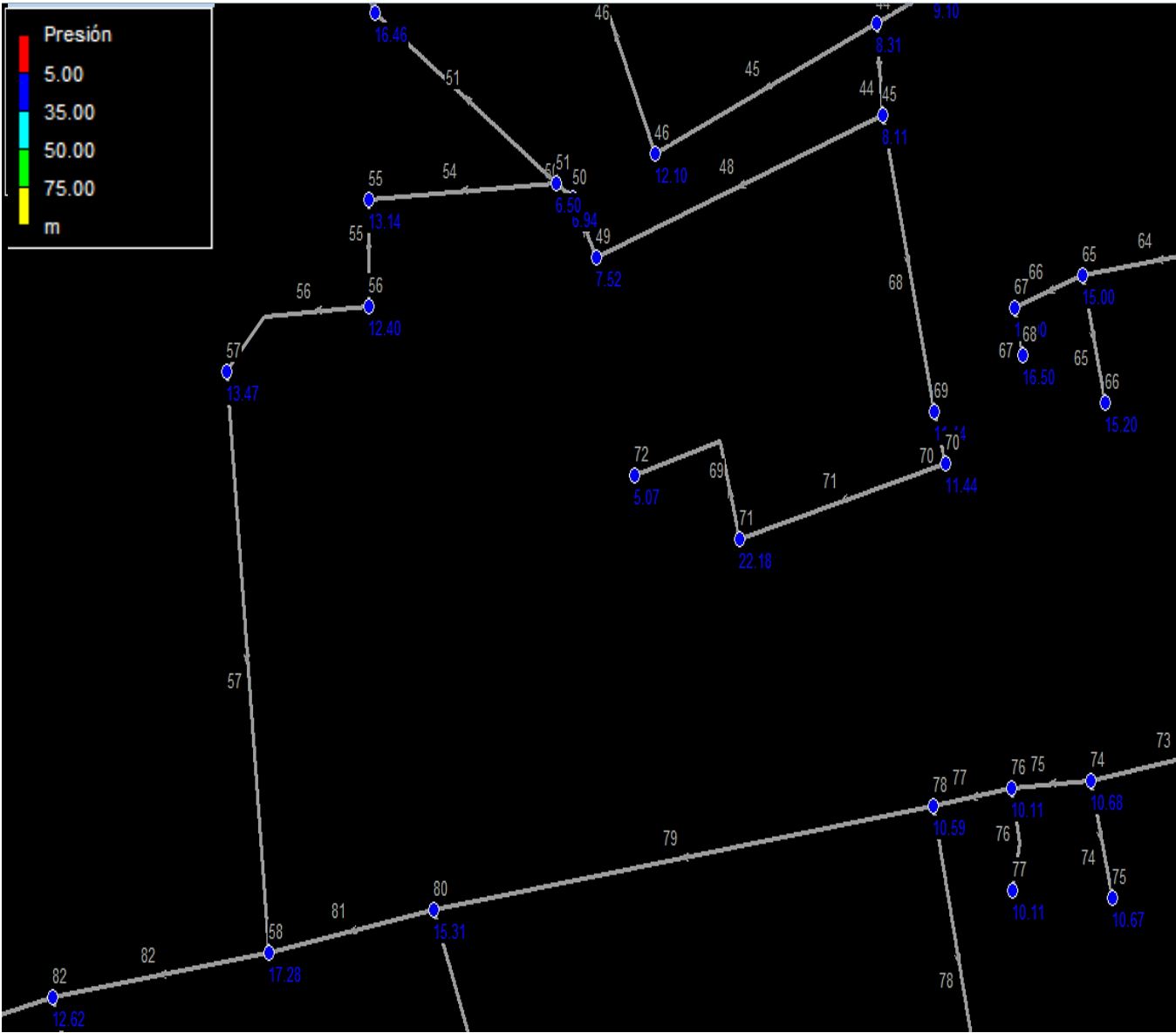
Fuente: Elaboración propia mediante software EPANET 2.0

Figura 38 Condición de CMH con tanque lleno (Parte inferior izquierda)



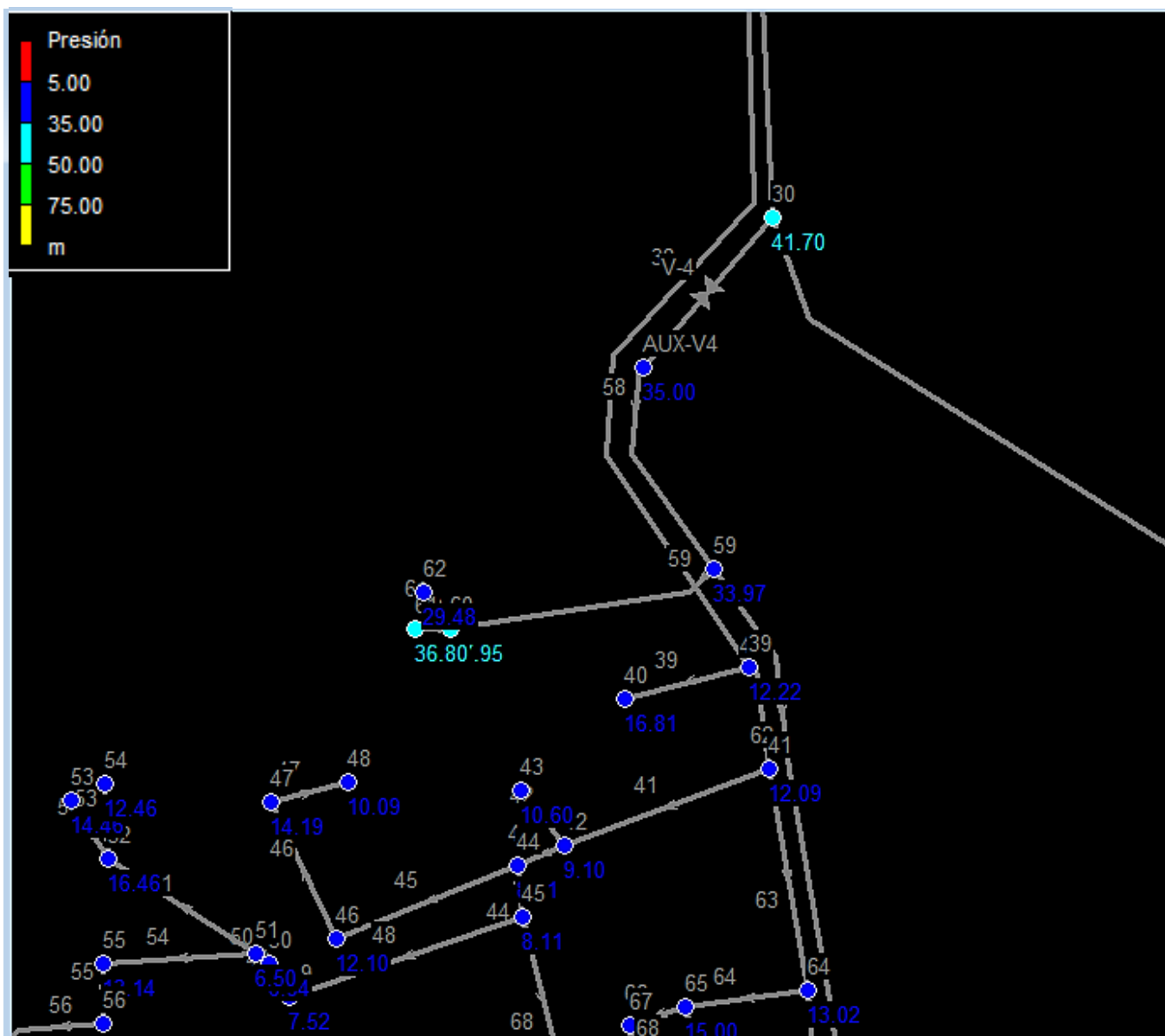
Fuente: Elaboración propia mediante software EPANET 2.0

Figura 39 Condición de CMH con tanque lleno (Parte media inferior)



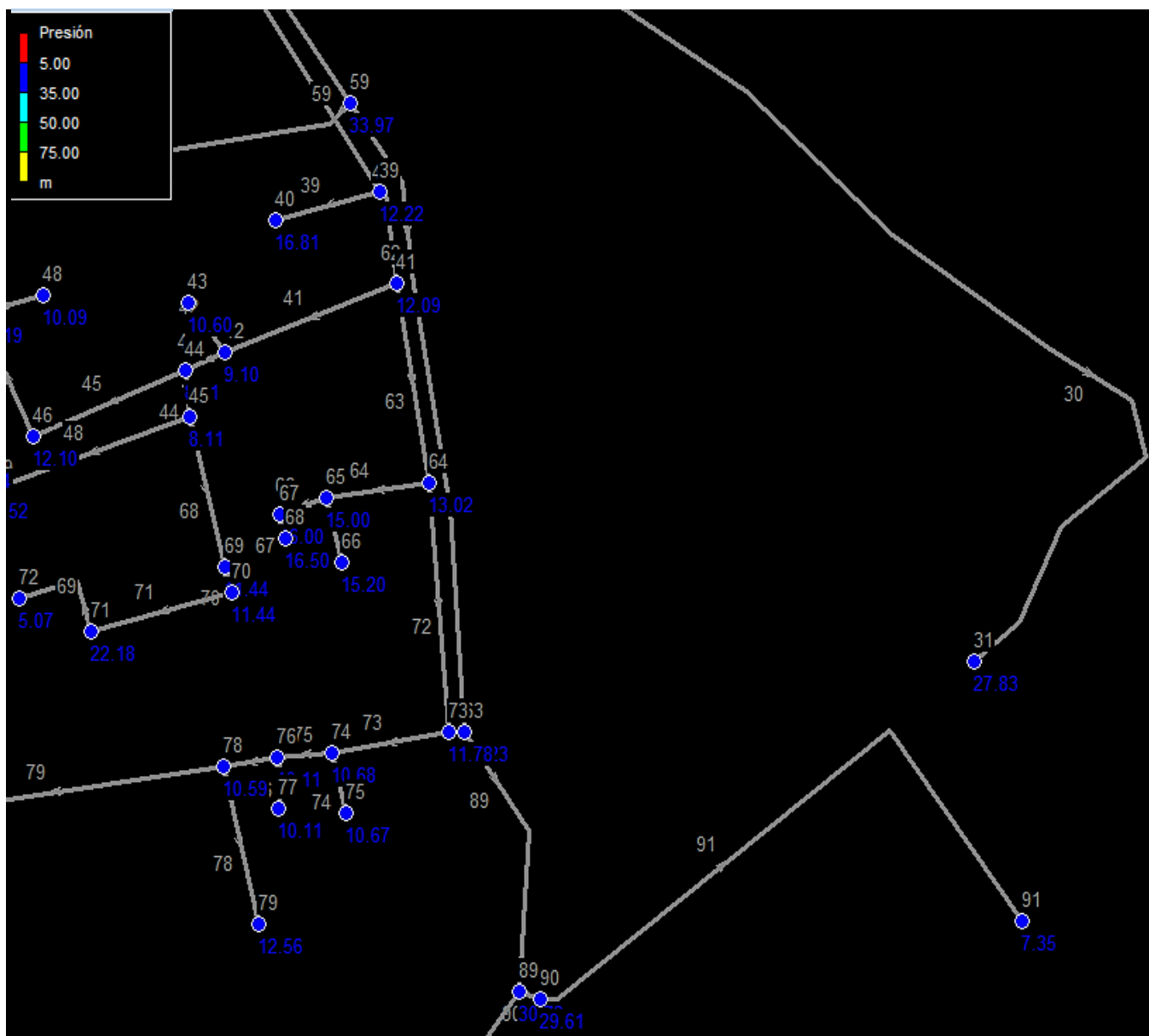
Fuente: Elaboración propia mediante software EPANET 2.0

Figura 40 Condición de CMH con tanque lleno (Parte media superior)



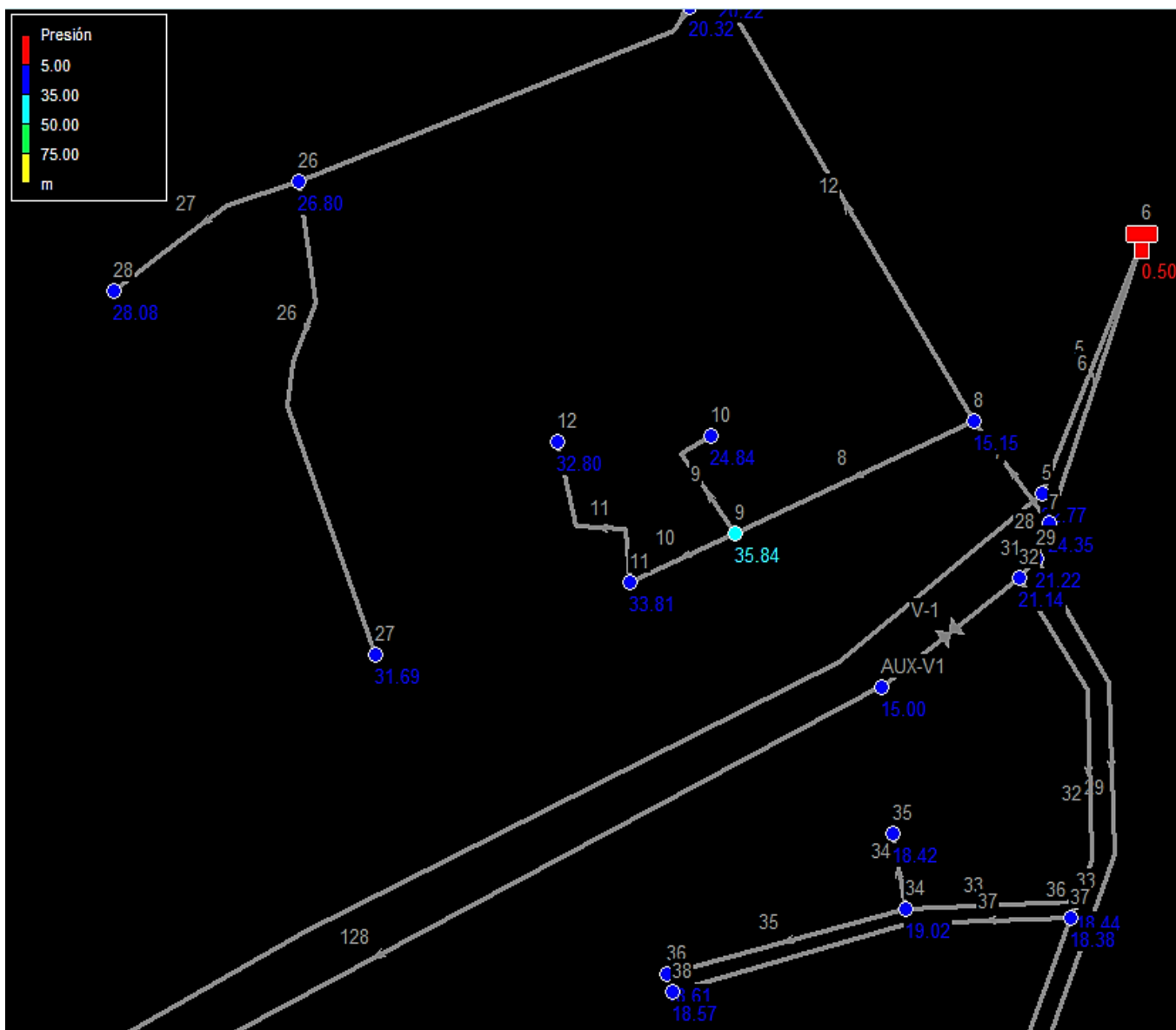
Fuente: Elaboración propia mediante software EPANET 2.0

Figura 41 Condición de CMH con tanque lleno (Parte inferior derecha)



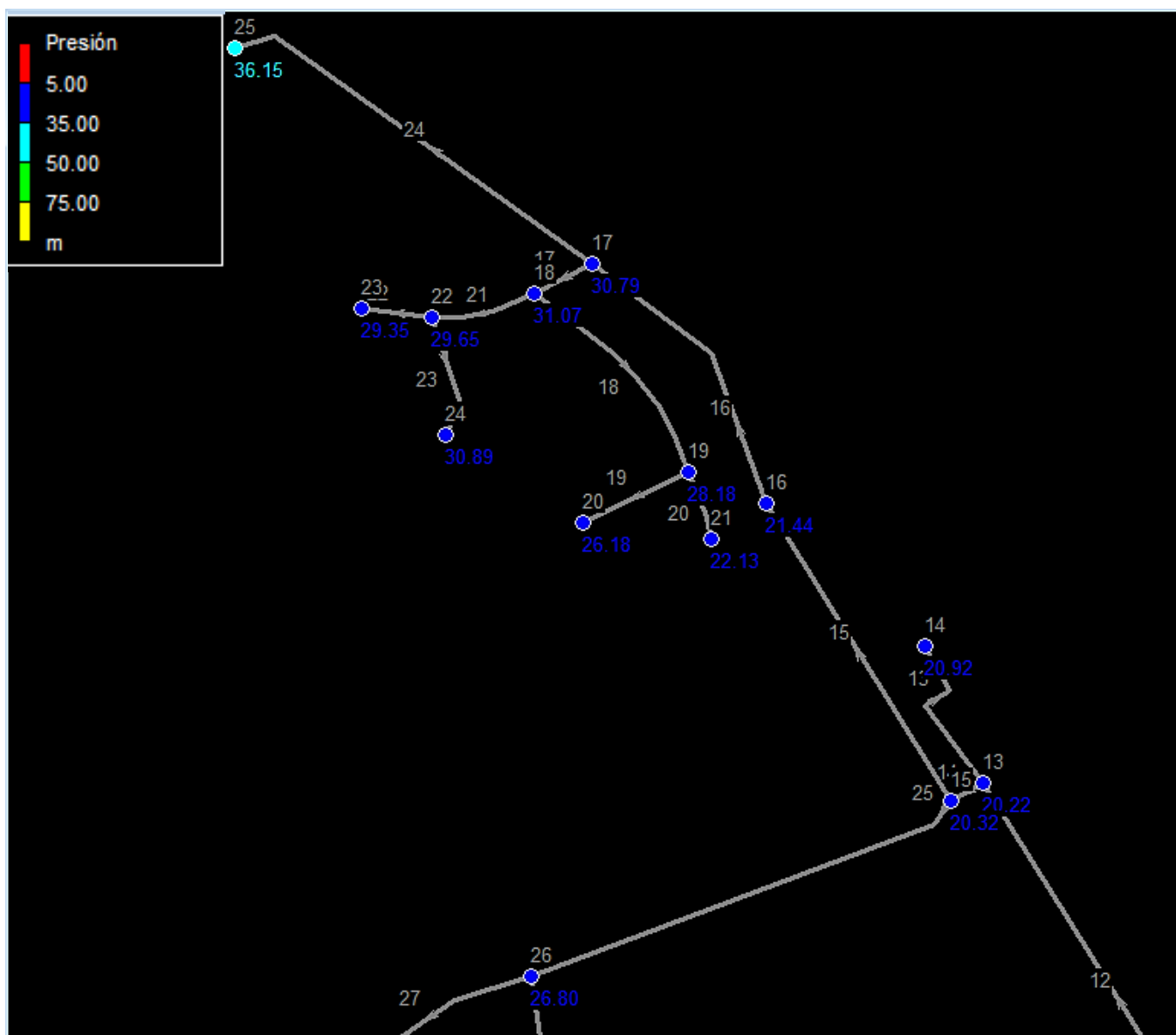
Fuente: Elaboración propia mediante software EPANET 2.0

Figura 42 Condición de CMH con tanque lleno (Parte superior derecha, No. 1)



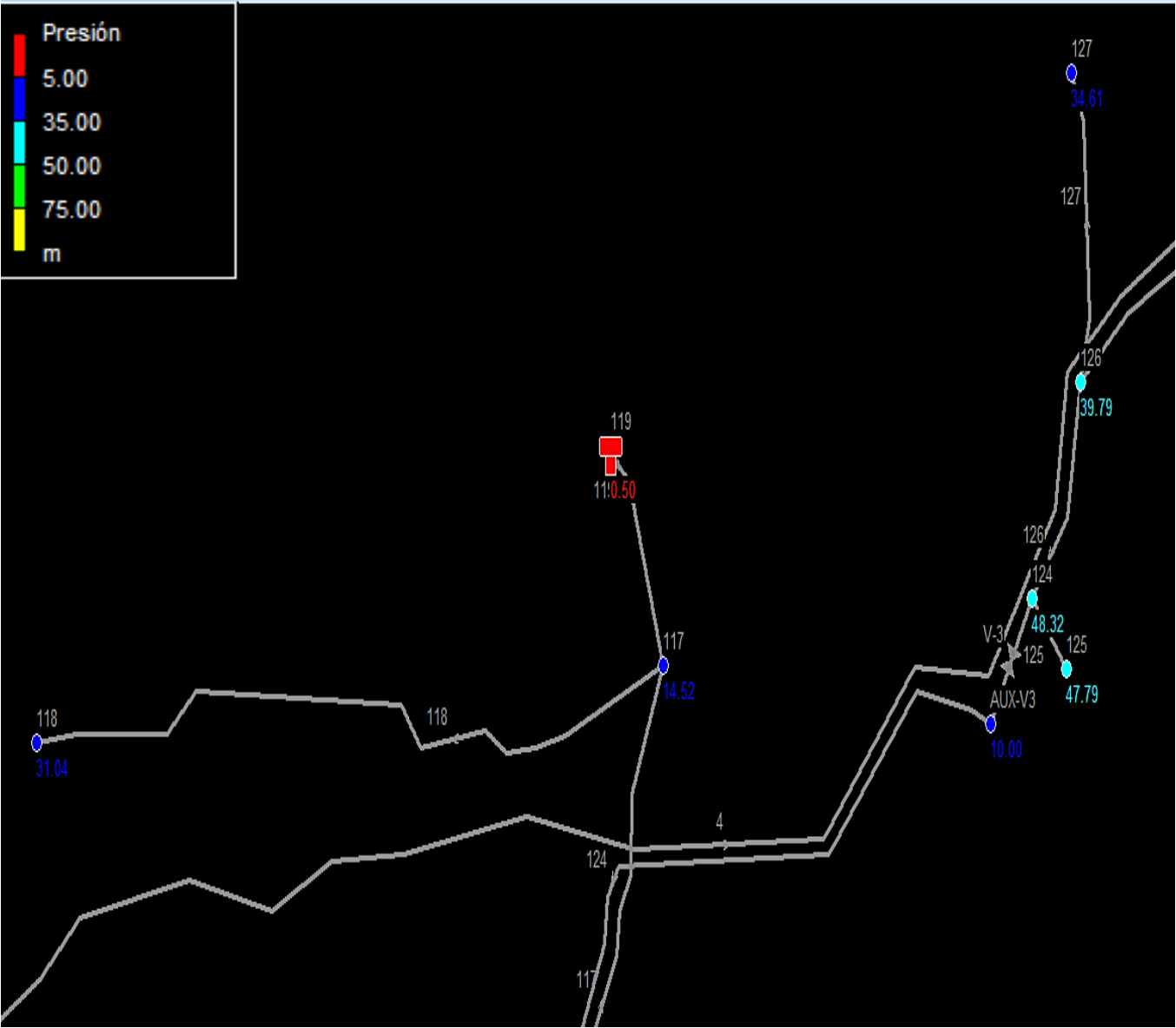
Fuente: Elaboración propia mediante software EPANET 2.0

Figura 43 Condición de CMH con tanque lleno (Parte superior derecha, No. 2)



Fuente: Elaboración propia mediante software EPANET 2.0

Figura 44 Condición de CMH con tanque lleno (Parte superior media)

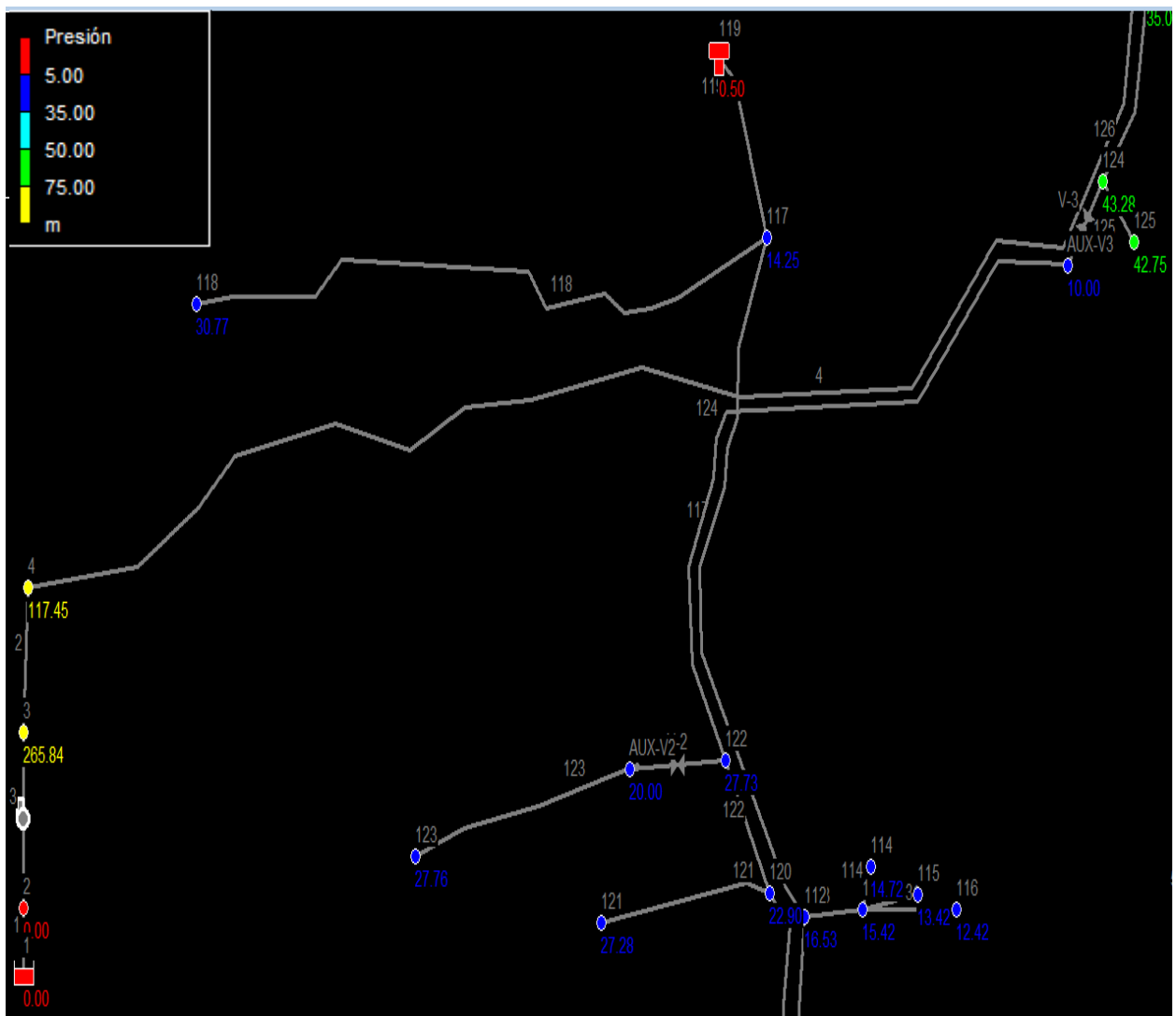


Fuente: Elaboración propia mediante software EPANET 2.0

5.14.5 Análisis hidráulico de la red con la condición CMH con tanque a un tercio

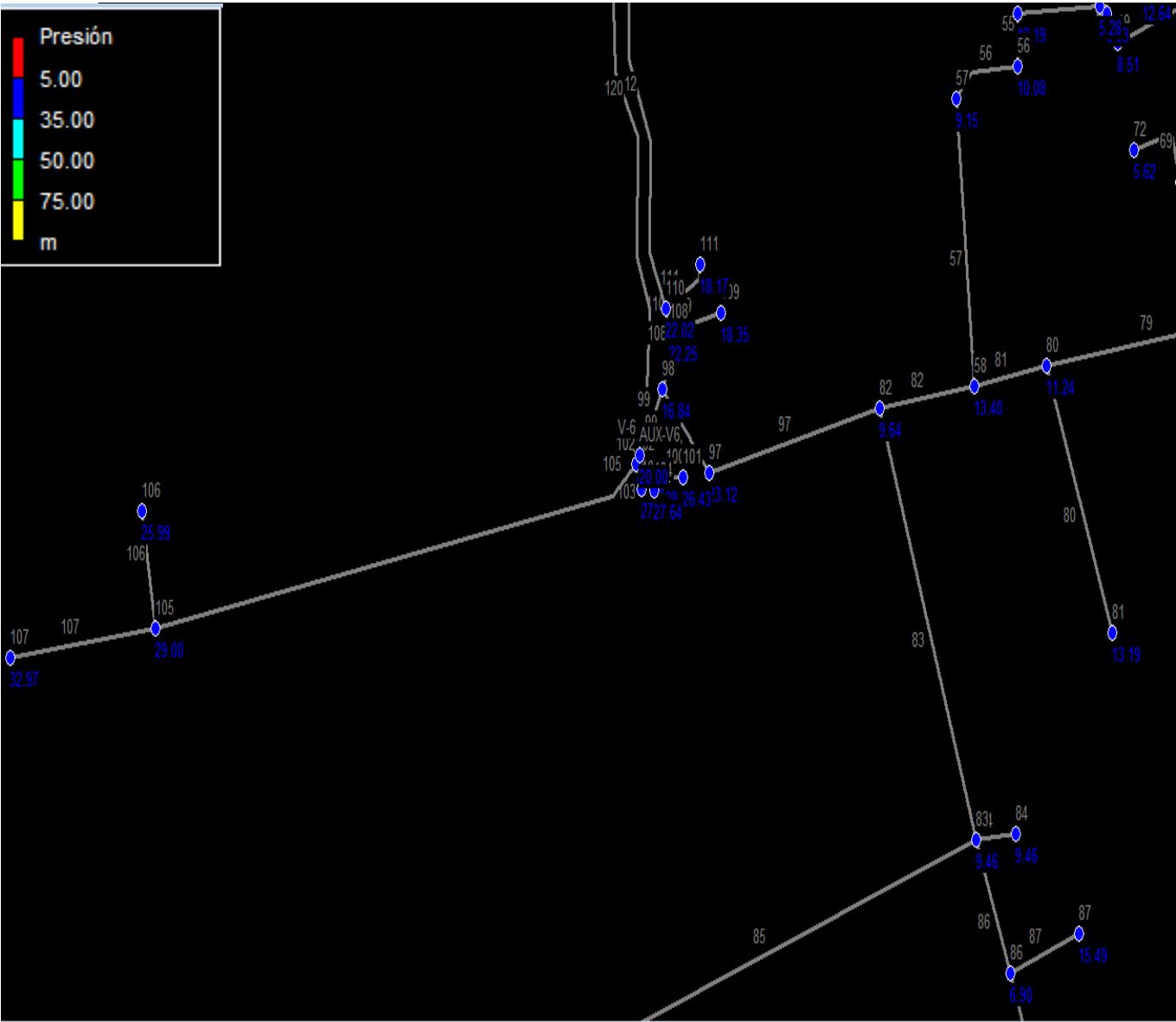
La velocidad promedio bajo esta condición presenta un valor de 0.41 m/s, una máxima de 4.18 m/s y una mínima de 0.01 m/s, la mayoría de estas muy por debajo de las velocidades recomendadas 0.6 a 5.0 m/s, por lo cual se recomienda la instalación de válvulas de limpieza en los tramos que sean necesarias. Ver Figura 82 en Anexo XXXV.

Figura 45 Condición de CMH con tanque a un tercio (Parte superior izquierda)



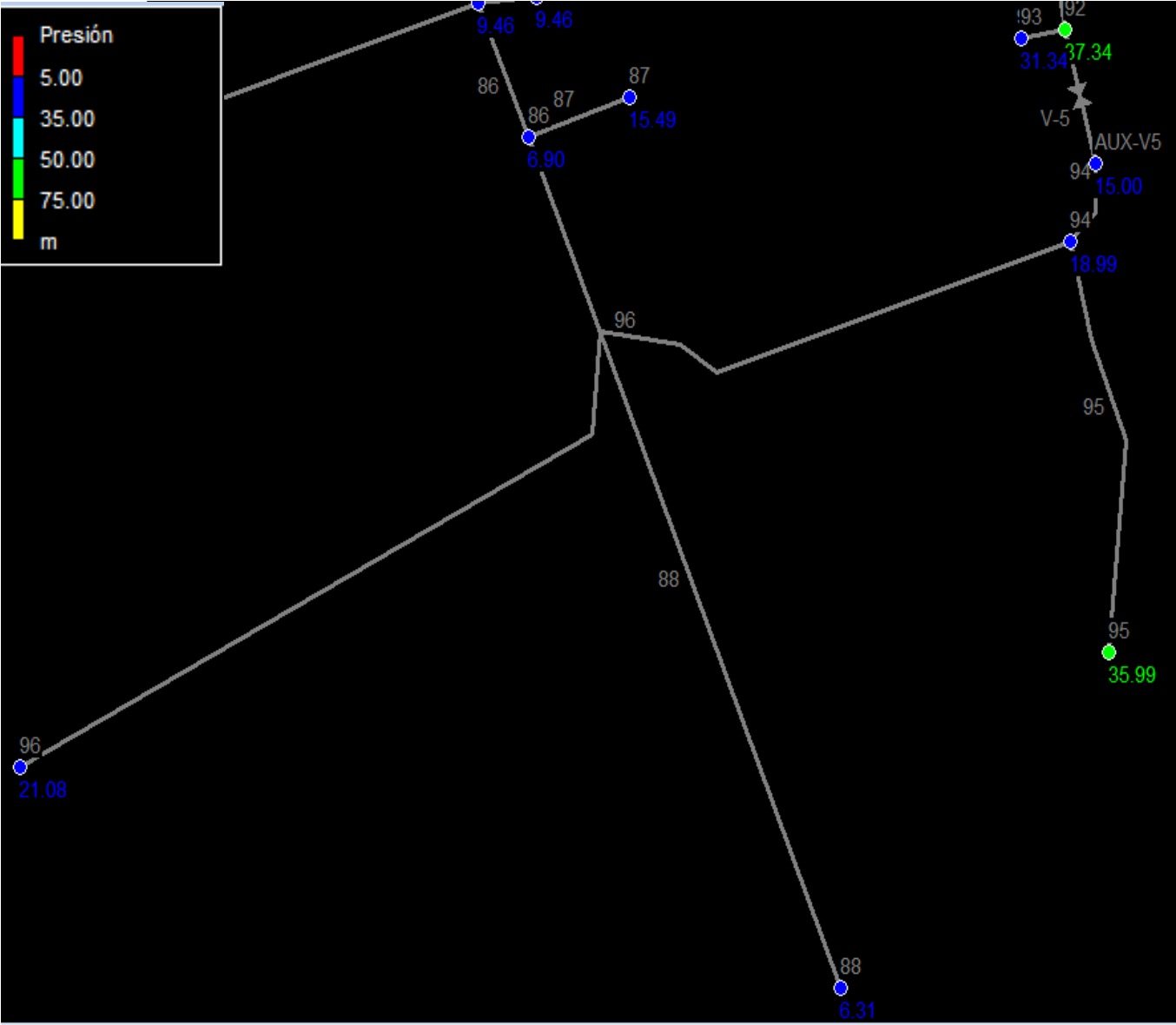
Fuente: Elaboración propia mediante software EPANET 2.0

Figura 46 Condición de CMH con tanque lleno (Parte media izquierda)



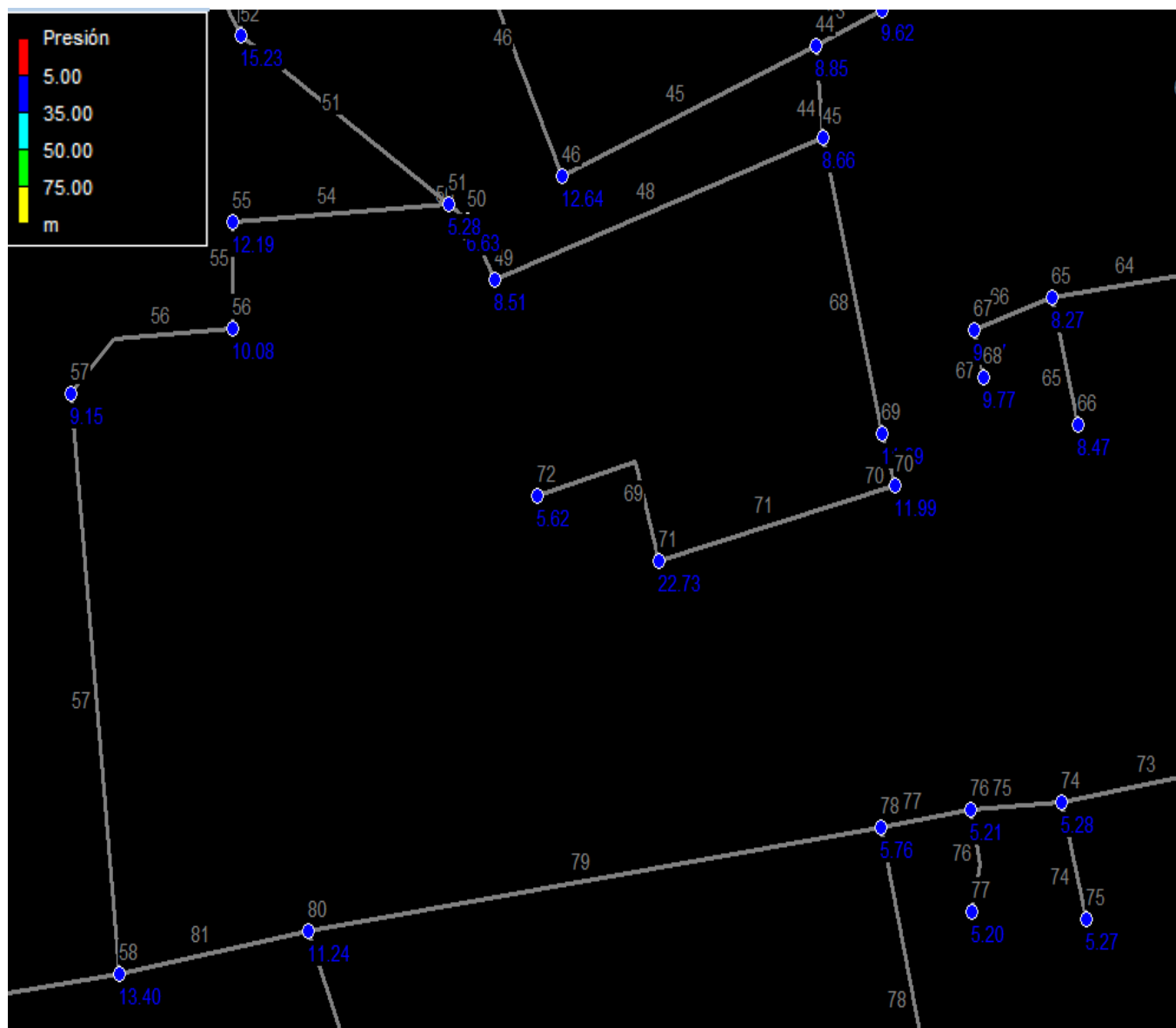
Fuente: Elaboración propia mediante software EPANET 2.0

Figura 47 Condición de CMH con tanque lleno (Parte inferior izquierda)



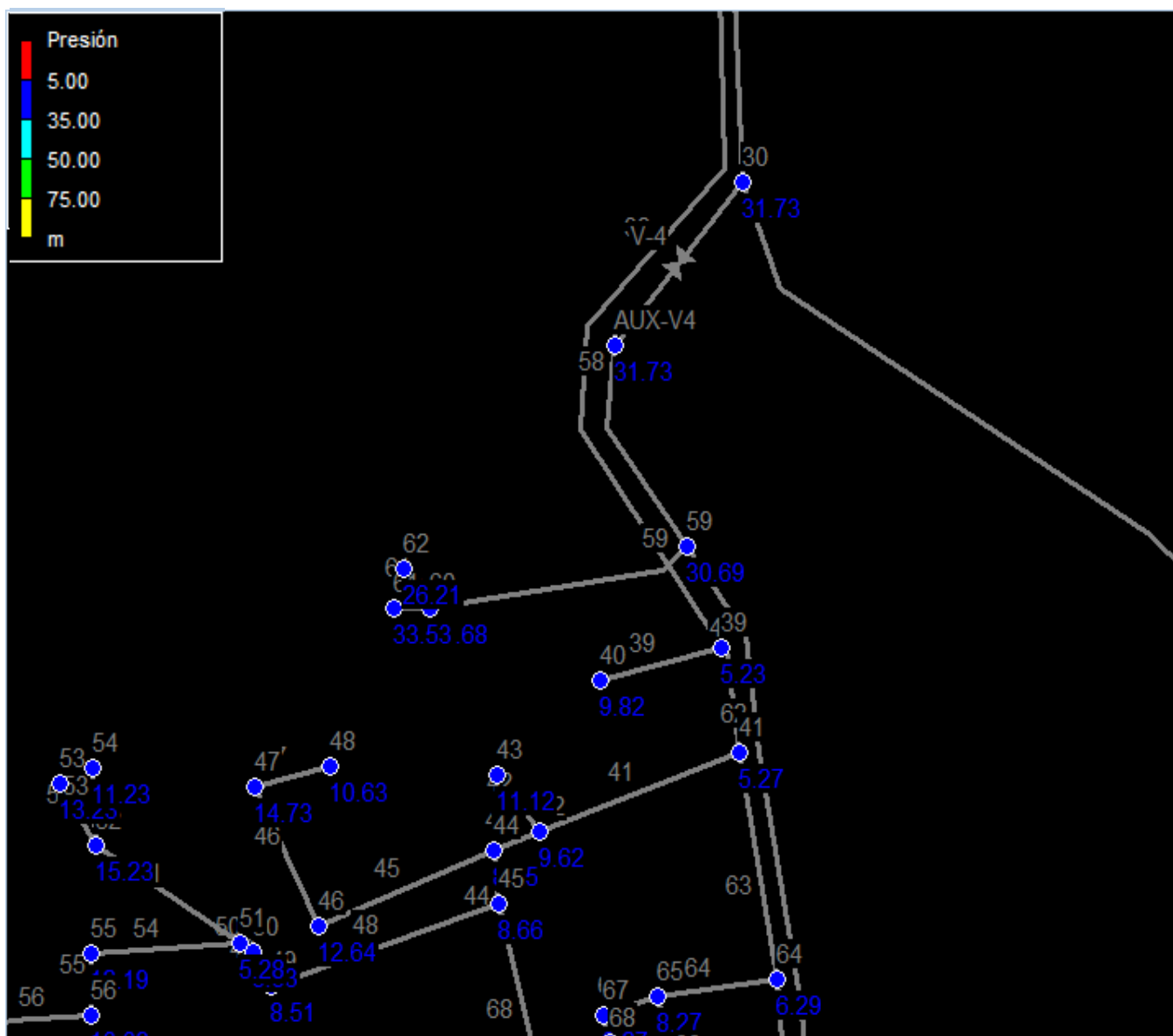
Fuente: Elaboración propia mediante software EPANET 2.0

Figura 48 Condición de CMH con tanque a un tercio (Parte media inferior)



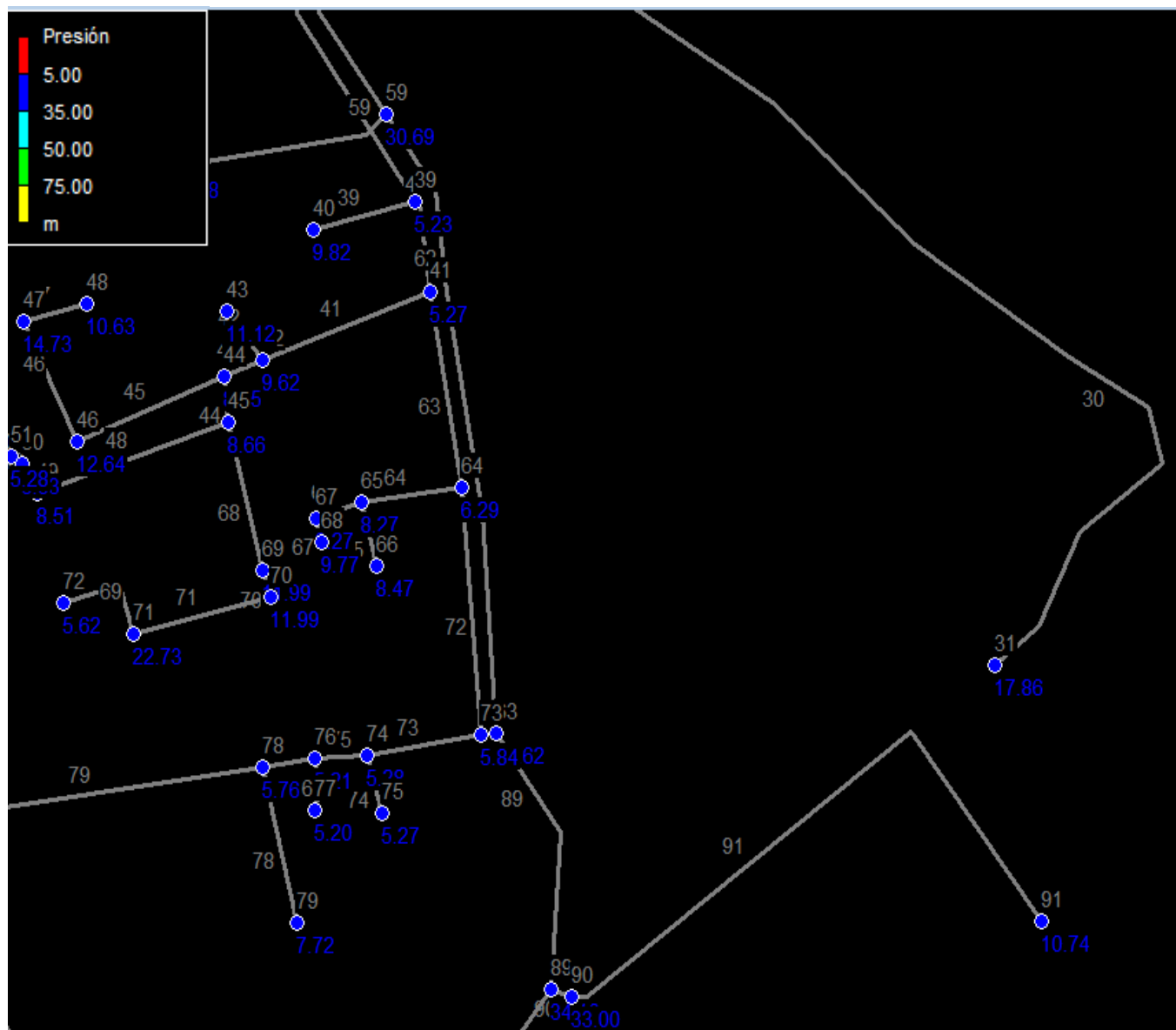
Fuente: Elaboración propia mediante software EPANET 2.0

Figura 49 Condición de CMH con tanque a un tercio (Parte media superior)



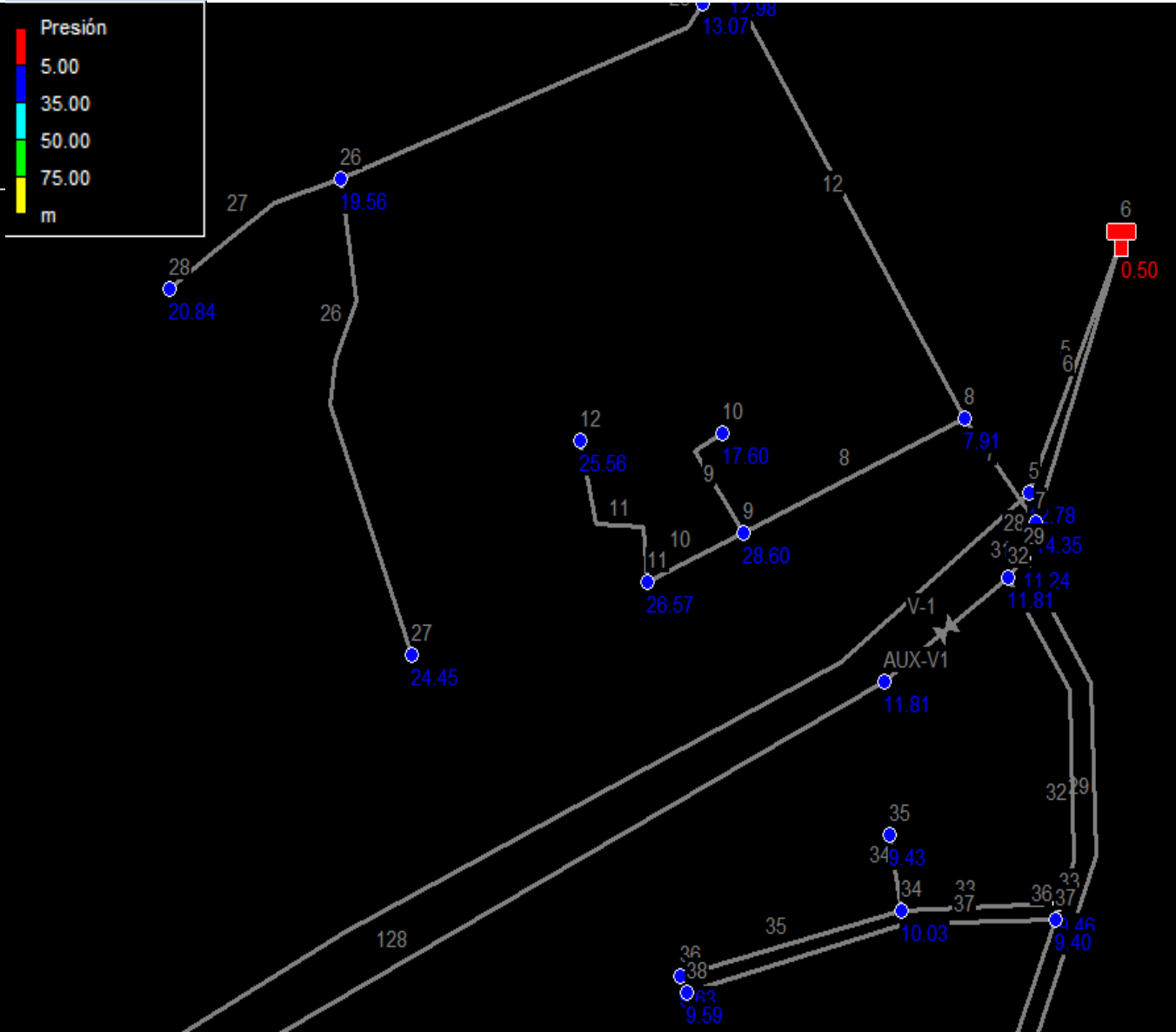
Fuente: Elaboración propia mediante software EPANET 2.0

Figura 50 Condición de CMH con tanque a un tercio (Parte inferior derecha)



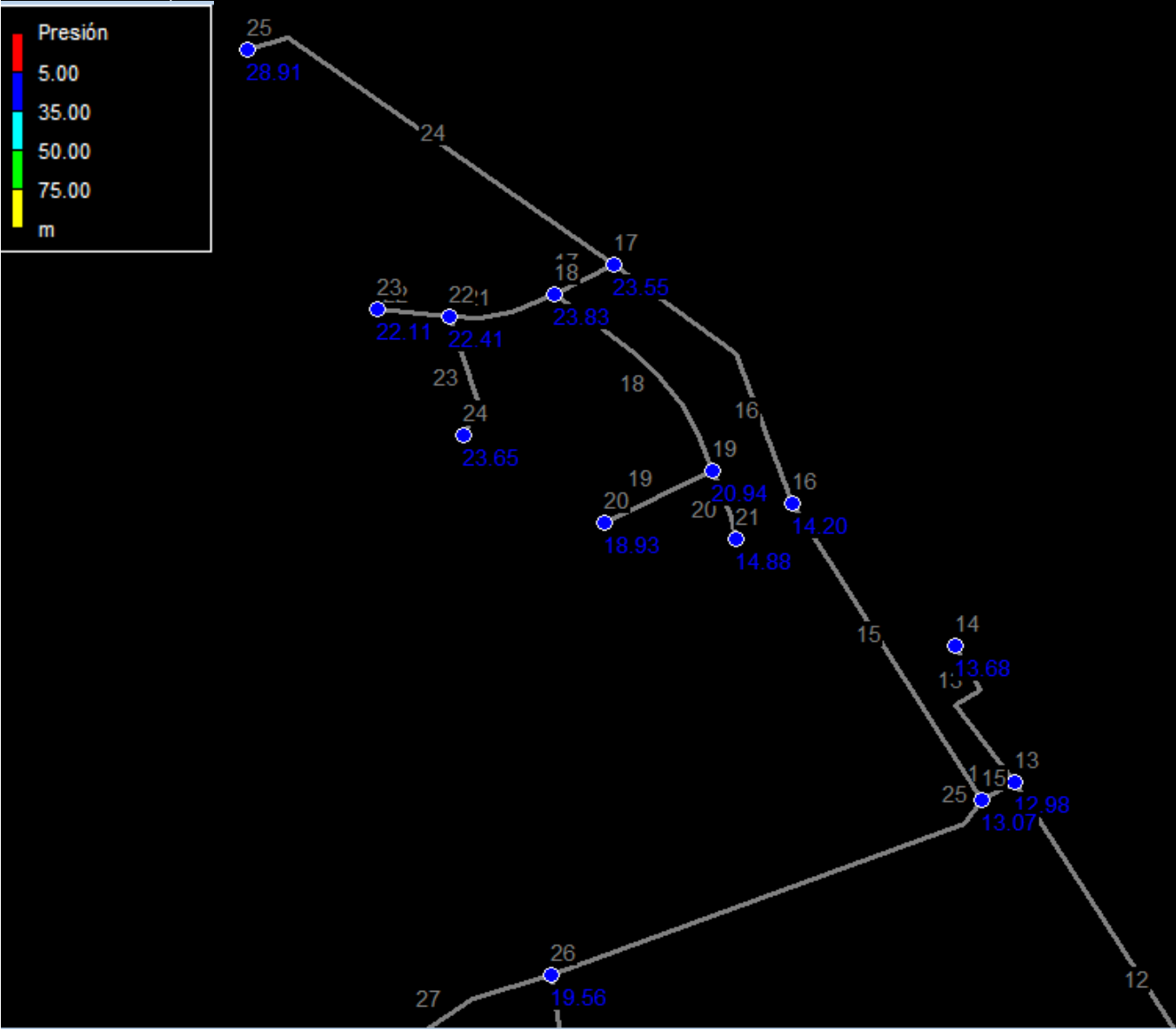
Fuente: Elaboración propia mediante software EPANET 2.0

Figura 51 Condición de CMH con tanque lleno (Parte superior derecha, No. 1)



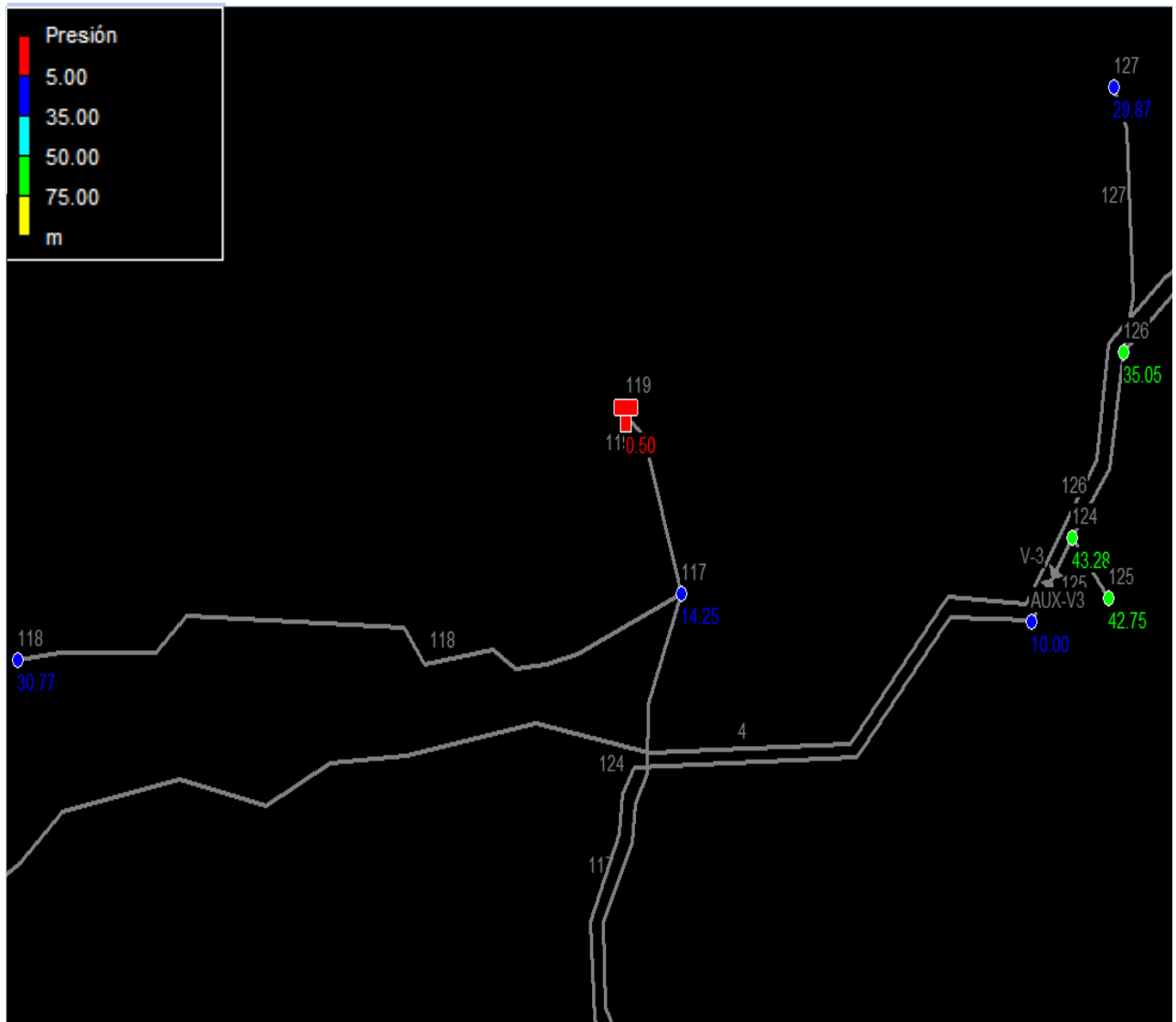
Fuente: Elaboración propia mediante software EPANET 2.0

Figura 52 Condición de CMH con tanque a un tercio (Parte superior derecha, No. 2)



Fuente: Elaboración propia mediante software EPANET 2.0

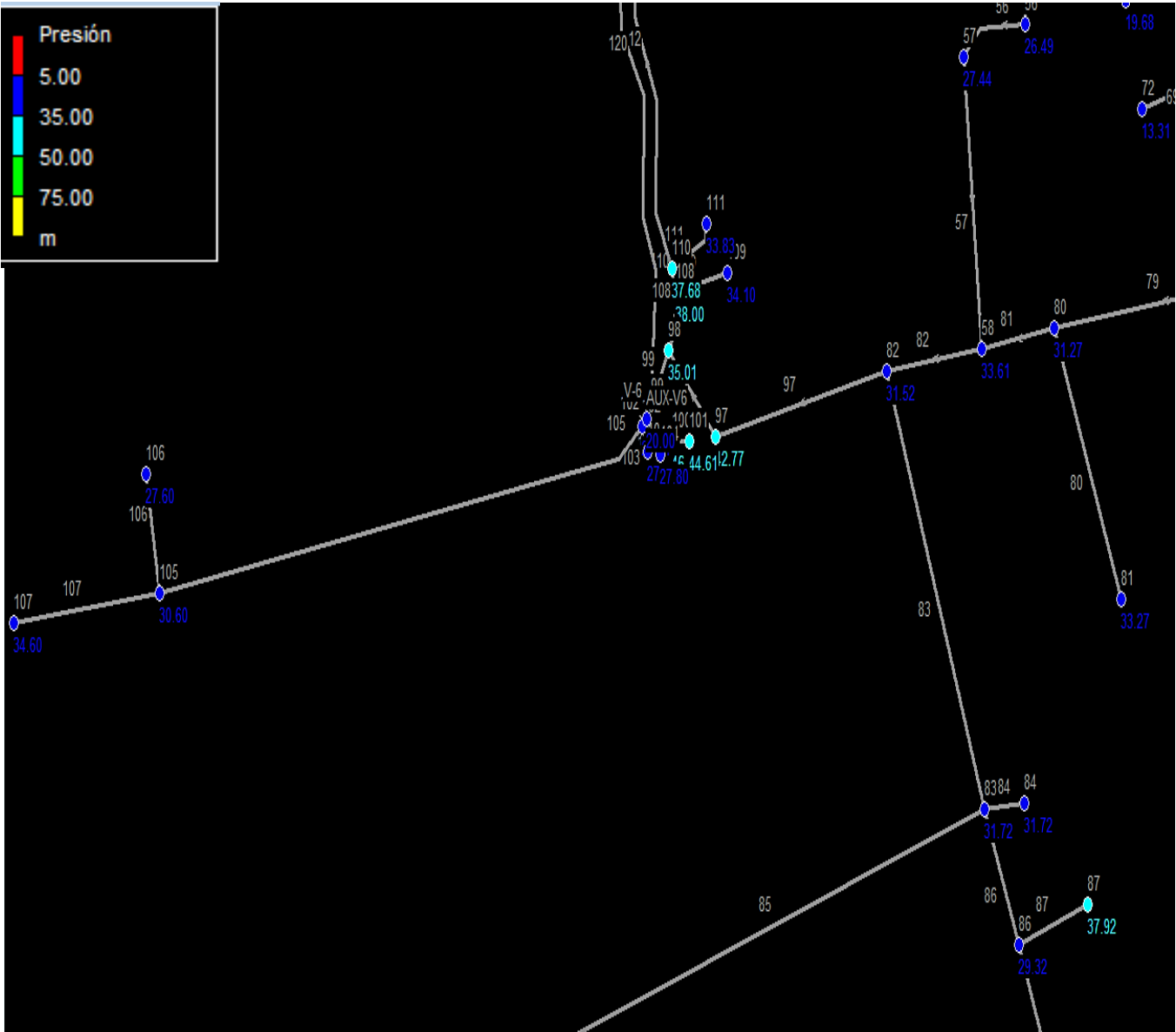
Figura 53 Condición de CMH con tanque lleno (Parte superior media)



Fuente: Elaboración propia mediante software EPANET 2.

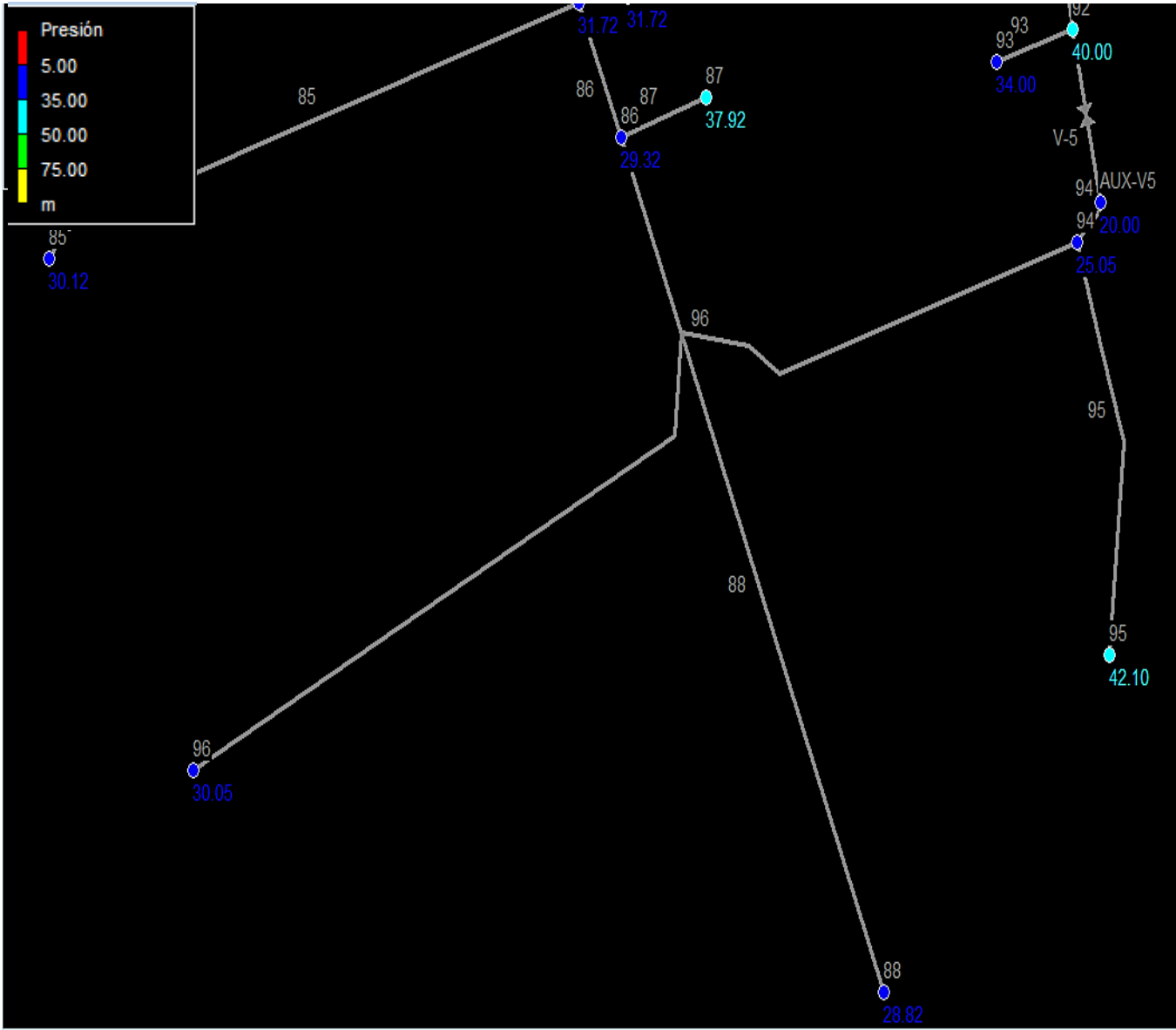
En cuanto a la presión promedio en los nodos de la red es de 21.12 m.c.a., siendo la presión máxima de 48.32 m.c.a. en el nodo 124 y la presión mínima es 5.07 m.c.a. en el nodo 72, debido a las 6 válvulas reductoras de presión ubicadas en los tramos que superaban los 50 m.c.a, las presiones obtenidas a lo largo de toda la red, cumplen con las normas para acueductos rurales, donde la presión mínima es de 5 m.c.a., y la máxima es 50 m.c.a. Ver Figura 81.

Figura 55 Condición sin consumo (Parte media izquierda)



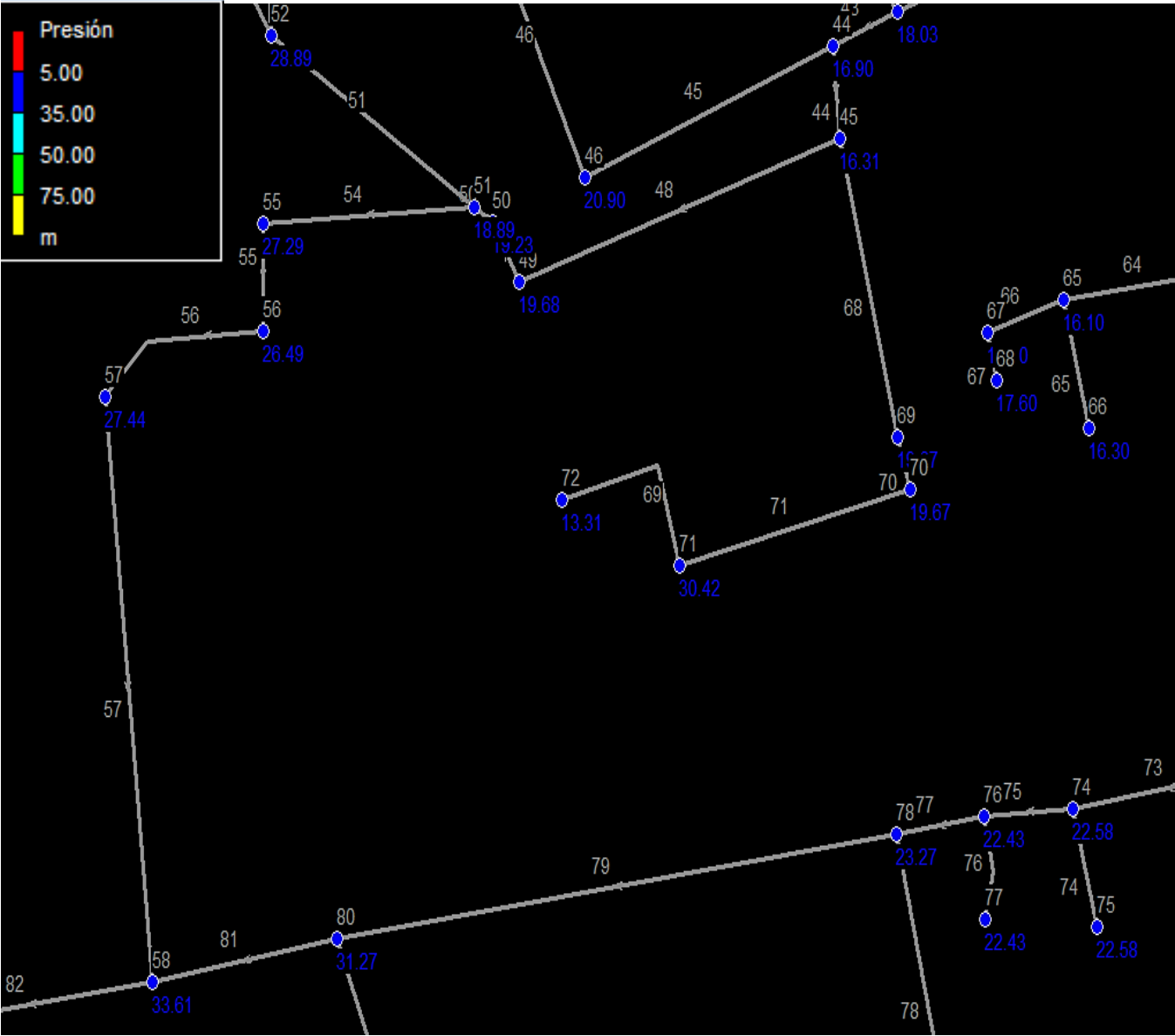
Fuente: Elaboración propia mediante software EPANET 2.0

Figura 56 Condición sin consumo (Parte inferior izquierda)



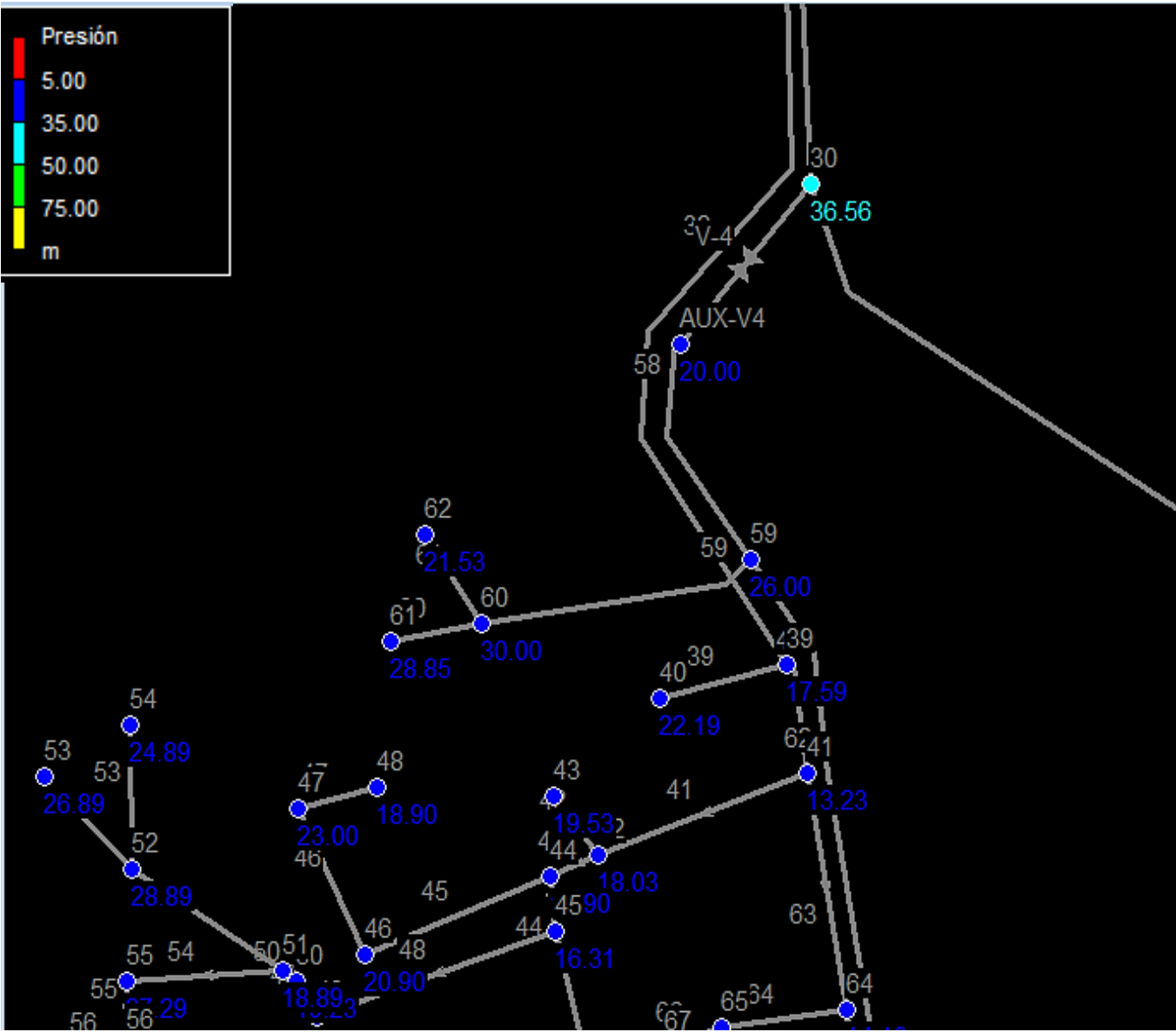
Fuente: Elaboración propia mediante software EPANET 2.0

Figura 57 Condición sin consumo (Parte media inferior)



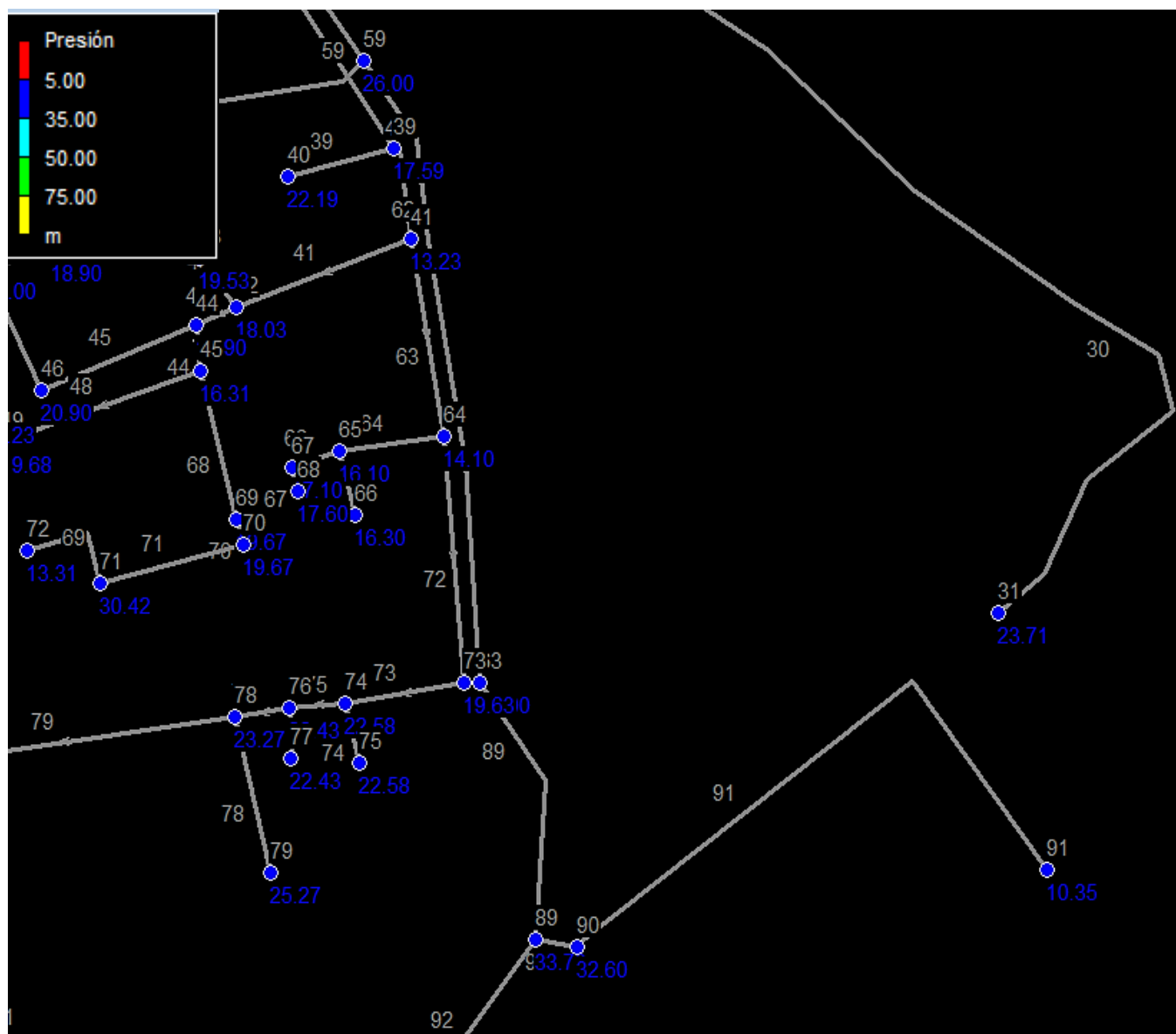
Fuente: Elaboración propia mediante software EPANET 2.0

Figura 58 Condición sin consumo (Parte media superior)



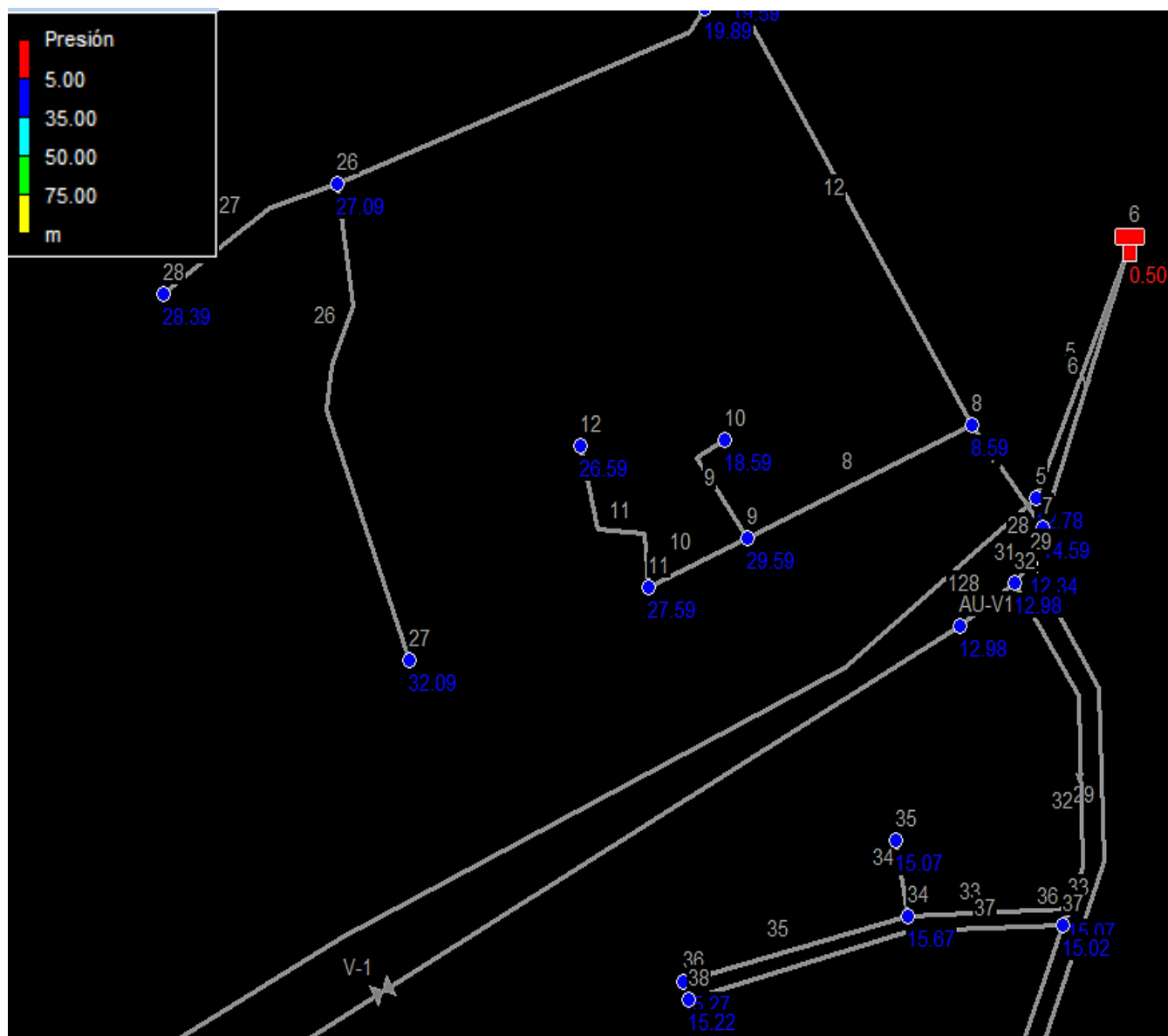
Fuente: Elaboración propia mediante software EPANET 2.0

Figura 59 Condición sin consumo (Parte inferior derecha)



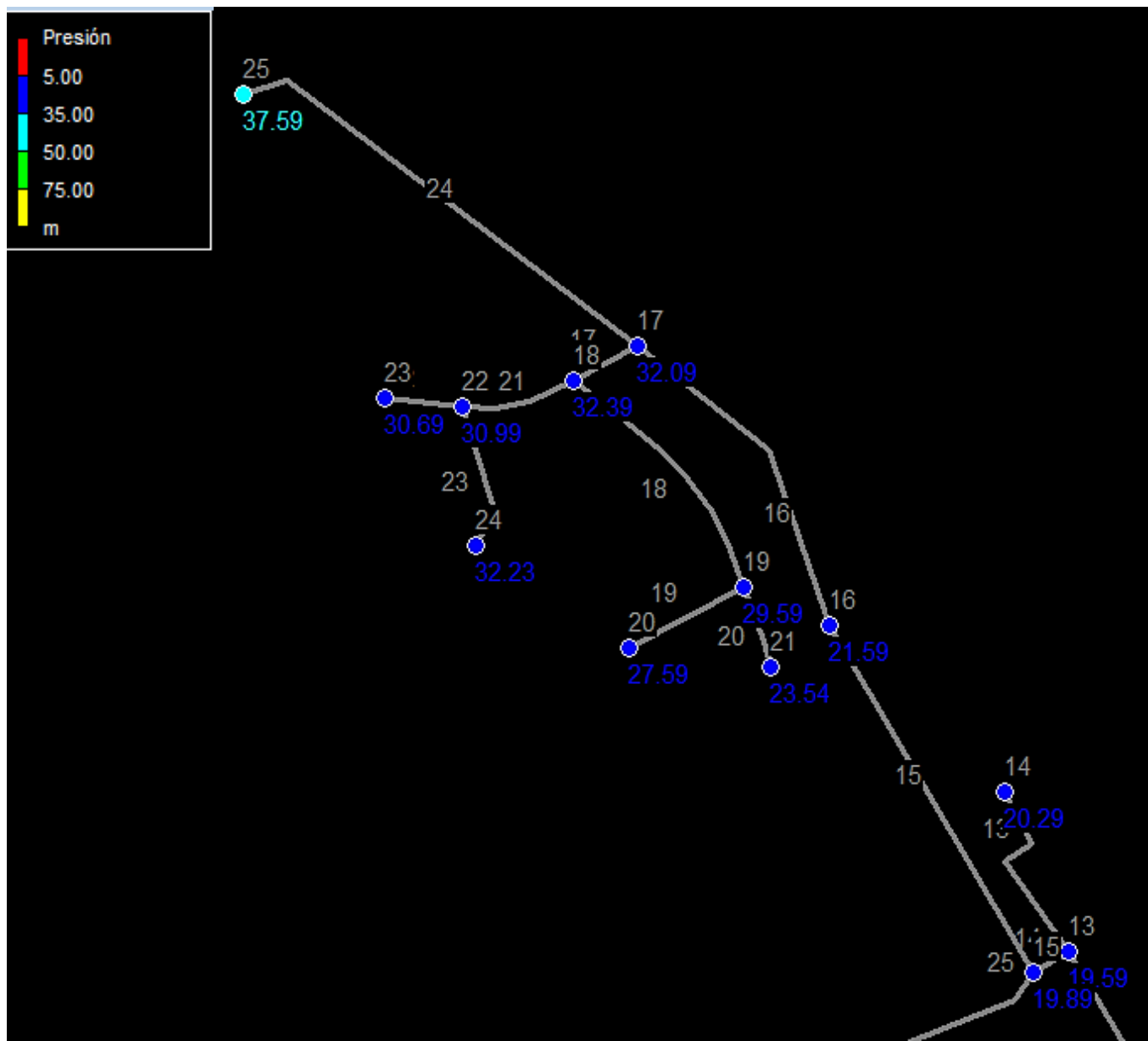
Fuente: Elaboración propia mediante software EPANET 2.0

Figura 60 Condición sin consumo (Parte superior derecha, No. 1)



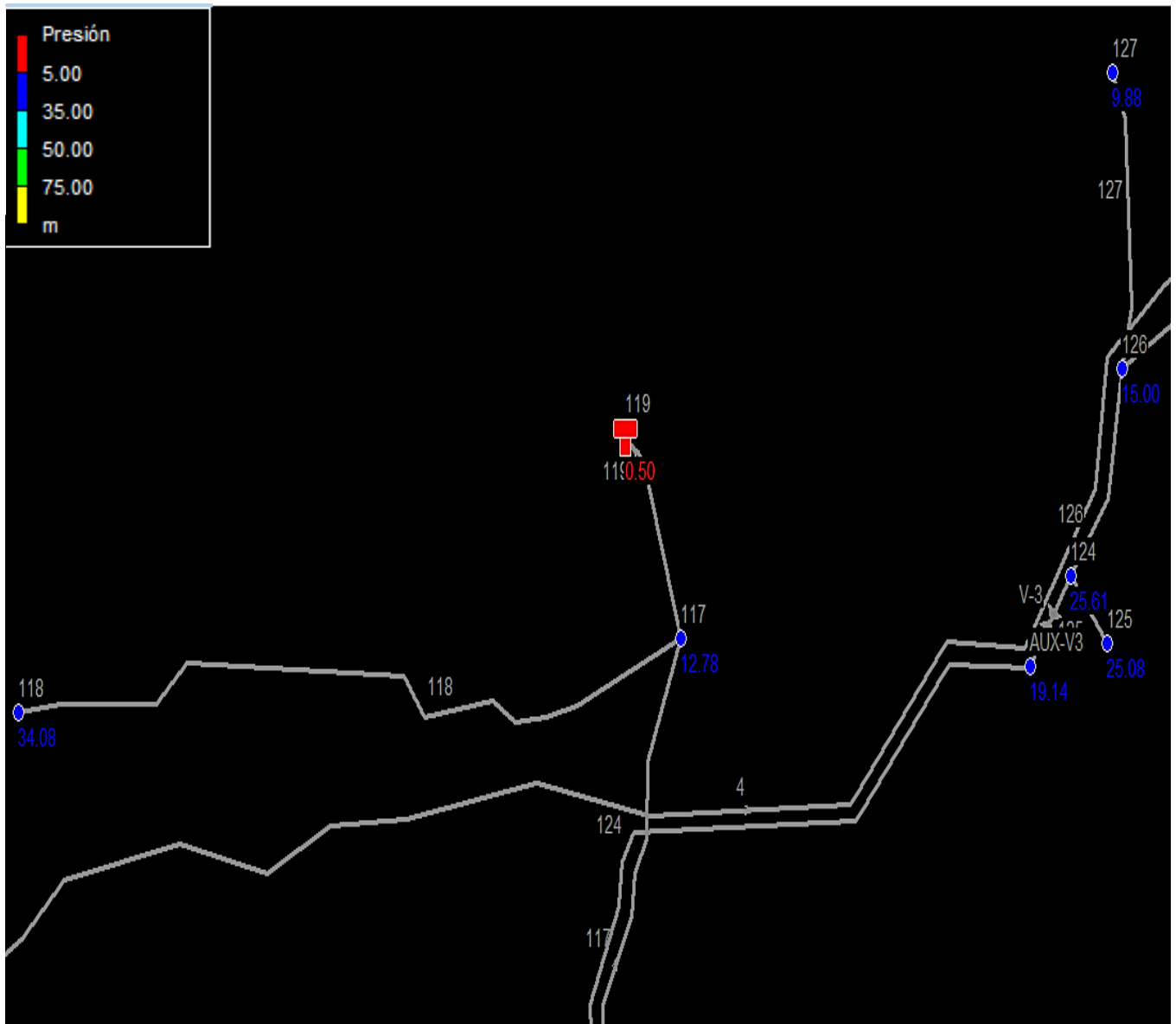
Fuente: Elaboración propia mediante software EPANET 2.0

Figura 61 Condición sin consumo (Parte superior derecha, No. 2)



Fuente: Elaboración propia mediante software EPANET 2.0

Figura 62 Condición sin consumo (Parte superior media)



Fuente: Elaboración propia mediante software EPANET 2.0

La velocidad promedio bajo esta condición presenta un valor de 0.17 m/s, una máxima de 1.49 m/s y una mínima de 0.01 m/s muy por debajo de las velocidades recomendadas 0.6 a 5.0 m/s, esto debido también a que no hay consumo en la red para esta condición. Ver Figura 83 en Anexo XXXVI.

La presión promedio en los nodos de la red es de 25.78 m.c.a., siendo la presión máxima de 46.21 m.c.a. en el nodo 100 y la presión mínima de 8.59 m.c.a. en el nodo 8, todas las presiones cumplen con las normas para acueductos rurales, donde la presión mínima es de 5 m.c.a., y la máxima es 50 m.c.a. Ver Figura 84 en Anexo XXXVII.

5.15 Desinfección por cloración

A fin de proveer agua libre de virus, bacterias u otro microorganismo que cause daños a la salud, se debe incorporar un sistema de desinfección adecuado. Los de los análisis físico-químicos, bacteriológicos, organolépticos y arsénico determinaron que no se requiere ningún tratamiento adicional más que la desinfección preventiva mediante cloración, para garantizar la pureza del agua a servir y eliminar los coliformes totales que se pudieran presentar.

Para la desinfección se deberá proveer de un tanque de plástico de 20 litros de capacidad para contener la solución de cloro a inyectar al sistema, además de recipientes más pequeños y un colador. Es de vital importancia que se cuente con al menos dos baldes de 5 litros de capacidad que permita al operador hacer una mezcla enriquecida de cloro para obtener una perfecta dilución del hipoclorito de calcio (cloro en polvo). Antes de hacer la mezcla final en el recipiente grande, se deberá revolver bien la mezcla enriquecida y hacerla pasar por un colador, esto protegerá al equipo de inyección hidráulica de frecuentes taponamientos de sus elementos.

El nivel de cloro residual debe medirse por lo menos diariamente, en el punto en que el agua sale de la sarta y en el punto más alejado de la red. Las muestras del punto más alejado deben cumplirse con los criterios de calidad de agua sobre coliformes y cloro residual.

En el caso de acueductos rurales se utiliza para la desinfección el cloro en forma de hipoclorito, debido a su facilidad de manejo y aplicación. La solución de cloro se efectuará en el tanque de almacenamiento proyectado y se aplicará a través de un hipoclorador, cuyo caudal de diseño corresponde a la demanda de máximo día

extraída por el pozo a final del periodo de diseño que es de 9.04 lps, equivalentes a 143.29 gpm.

5.15.1 Dimensionamiento

A como se mencionó anteriormente, y de conformidad con los métodos empleados por ENACAL y FISE, el sistema de cloración consistirá en desinfección por inyección hidráulica de hipoclorito de calcio, usando una concentración de cloro activo de 3 mg/l, para obtener una concentración de cloro residual mínima de 0.2 mg/l, ante la ausencia de coliformes fecales, esta concentración es suficiente para desinfectar el agua de los microorganismos restantes, además, permitirá que el agua mantenga un sabor agradable. La concentración comercial del hipoclorito de calcio es del 65%.

▪ Cantidad de hipoclorito de calcio

La cantidad de cloro requerida en lb/día, se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$Cantidad_{cloro} = Q * 0.012 * D$$

Ecuación 31. Cantidad de cloro

Donde:

Q: Caudal de diseño (gpm)

D: Dosis promedio del desinfectante

$$Cantidad_{cloro} = 150 \text{ gpm} * 0.012 * 3 \text{ mg/L}$$

$$Cantidad_{cloro} = 5.4 \text{ lb/día}$$

Concentración comercial de hipoclorito de calcio: 0.65

$$Cantidad \text{ de hipoclorito de calcio} = \frac{Cantidad_{cloro}}{Conc. Comercial}$$

Ecuación 32. Cantidad de hipoclorito de calcio

$$Cantidad \text{ de hipoclorito de calcio} = \frac{5.4 \frac{lb}{día}}{0.65}$$

$$\text{Cantidad de hipoclorito de calcio} = 8.31 \text{ lb/día}$$

$$\text{Vol. hipoclorito de calcio (gr/día)} = \frac{\text{Cant. hipoclorito de calcio (lb/día)} * 1000}{2.2}$$

Ecuación 33. Volumen de hipoclorito de calcio

$$\text{Vol. hipoclorito de calcio (gr/día)} = \frac{8.31 \text{ lb/día} * 1000}{2.2}$$

$$\text{Vol. de hipoclorito de calcio} = 3,777.28 \text{ gr/día}$$

▪ Volumen de solución

$$\text{Volumen}_{\text{solución}} (\text{l/día}) = \frac{\text{Vol. de hipoclorito de calcio} \left(\frac{\text{gr}}{\text{día}} \right) / 1,000 * 100}{1.54}$$

Ecuación 34 Volumen de solución

$$\text{Volumen}_{\text{solución}} (\text{l/día}) = \frac{3,777.28 \frac{\text{gr}}{\text{día}} / 1,000 * 100}{1.54}$$

$$\text{Volumen}_{\text{solución}} = 245.28 \text{ l/día}$$

$$\text{Volumen}_{\text{solución}} = 64.81 \text{ gpd}$$

$$\text{Volumen}_{\text{solución}} = 2.71 \text{ gph}$$

▪ Dosificación

$$\text{Dosificación (gotas/min)} = \text{Volumen}_{\text{solución}} (\text{l/día}) * 1000 * 13/24/60$$

Ecuación 35 Dosificación de cloro

$$\text{Dosificación} \left(\frac{\text{gotas}}{\text{min}} \right) = 245.28 \text{ l/día} * 1000 * 13/24/60$$

$$\text{Dosificación} = 2,214.33 \text{ gotas/min}$$

Se propone la aplicación al agua de la solución mediante un equipo de cloración completo, compuesto por un tanque dosificador de PVC con capacidad de 250 L para

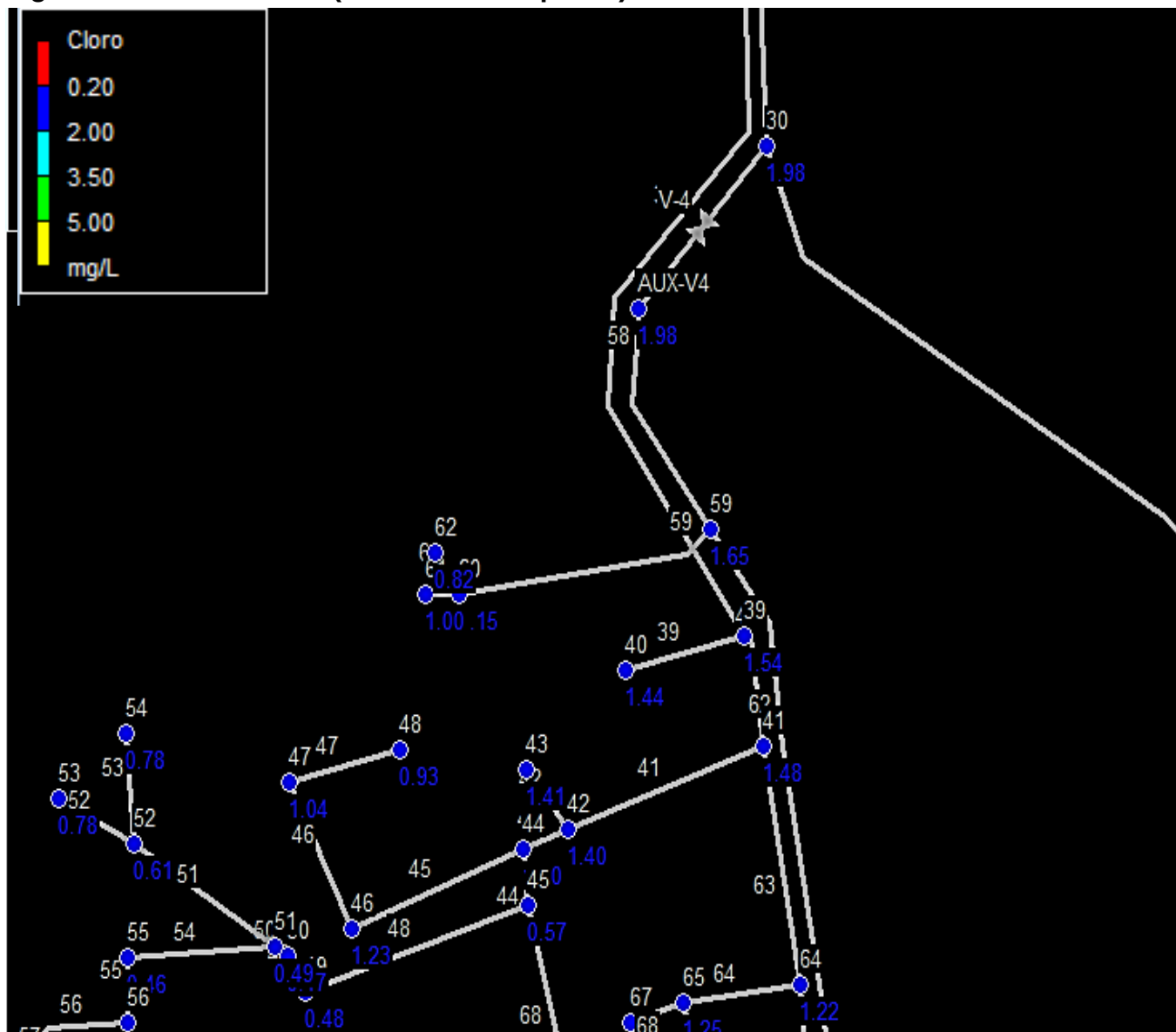
solución y bomba dosificadora electrónica Walchem de serie EWN-R, de 3.2 gph, equivalentes a 76.8 gpd, con presión de trabajo de 30 PSI, modelo EWN-B31VCURM, que dosifique una solución de hipoclorito de calcio al 65%, diluido hasta alcanzar una concentración de solución del 1%. La mezcla se administrará al sistema mediante tubería de inyección. Ver Tabla 60 en Anexo XXII,

Figura 93 Detalles de bombas dosificadoras EWN-Ren Anexo XLVI, Figura 94 en Anexo XLVII, Figura 95 en Anexo XLVIII.

Posteriormente, se introducen los datos de dosificación de hipoclorito de calcio, al modelo hidráulico realizado en EPANET 2.0, con el cual se obtienen los resultados de cloro residual en cada nodo de la red de distribución.

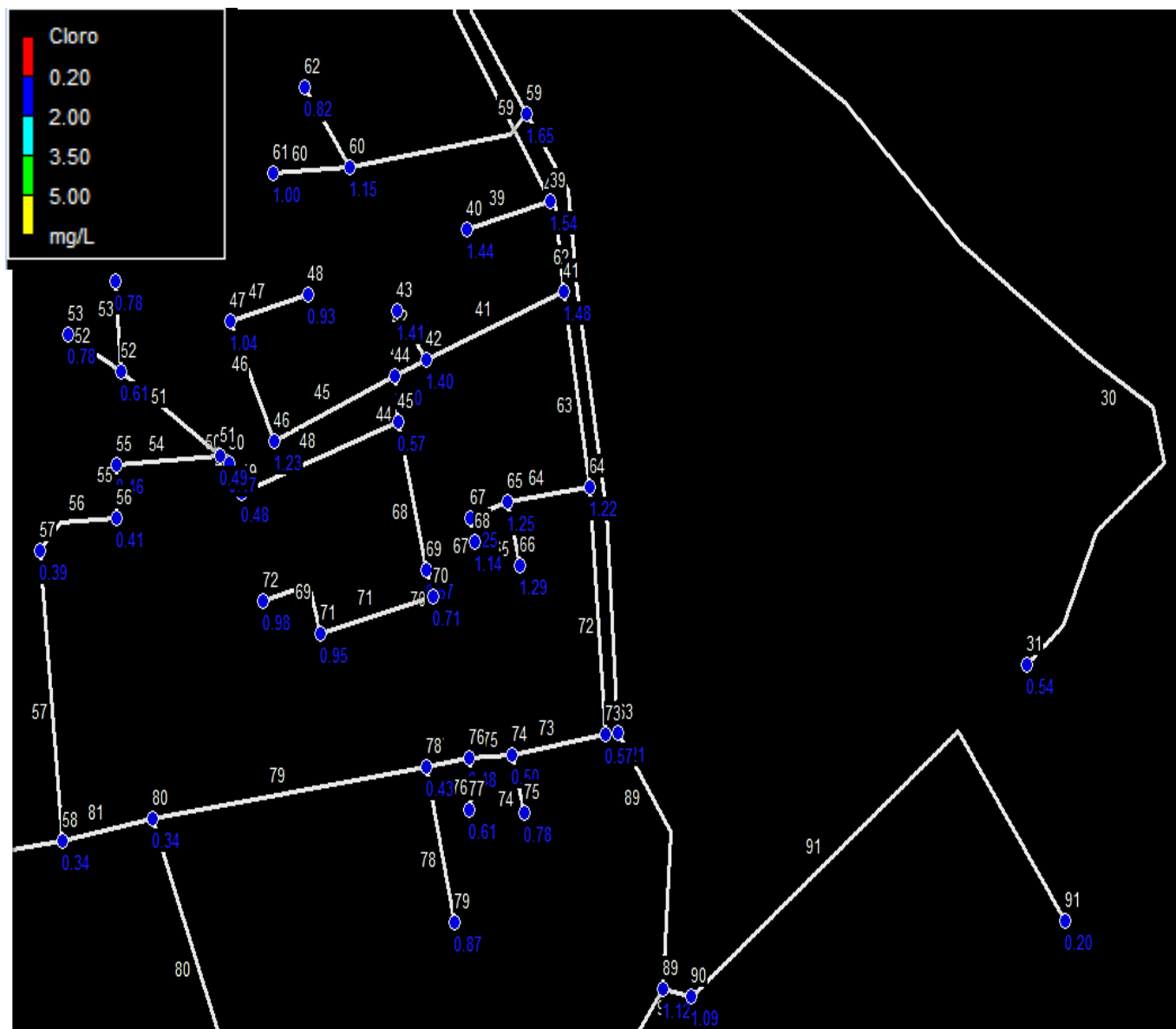
5.15.2 Simulación del cloro en la red de distribución

Figura 63 Cloro residual (Parte media superior)



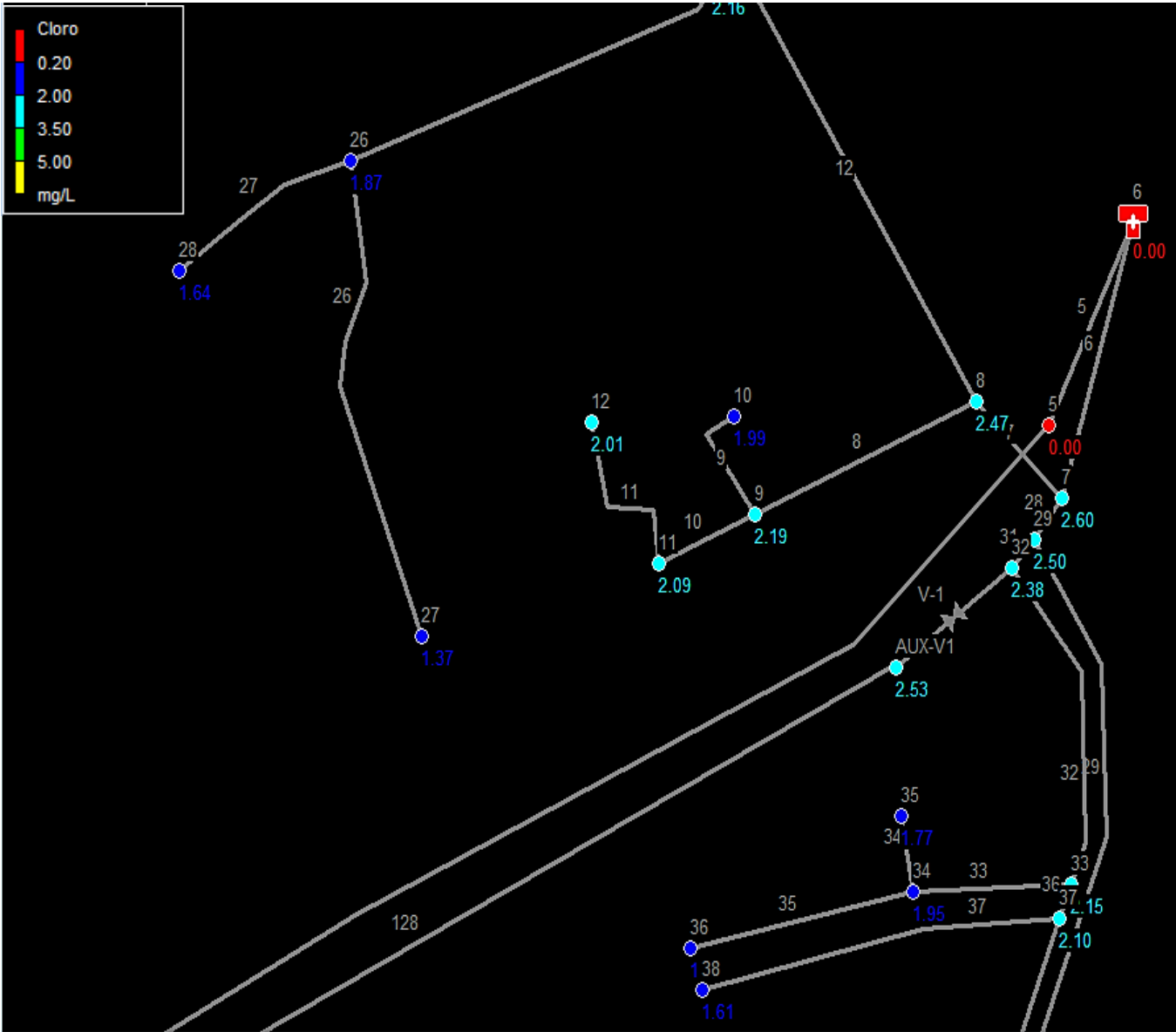
Fuente: Elaboración propia mediante software EPANET 2.0

Figura 64 Cloro residual (Parte inferior derecha)



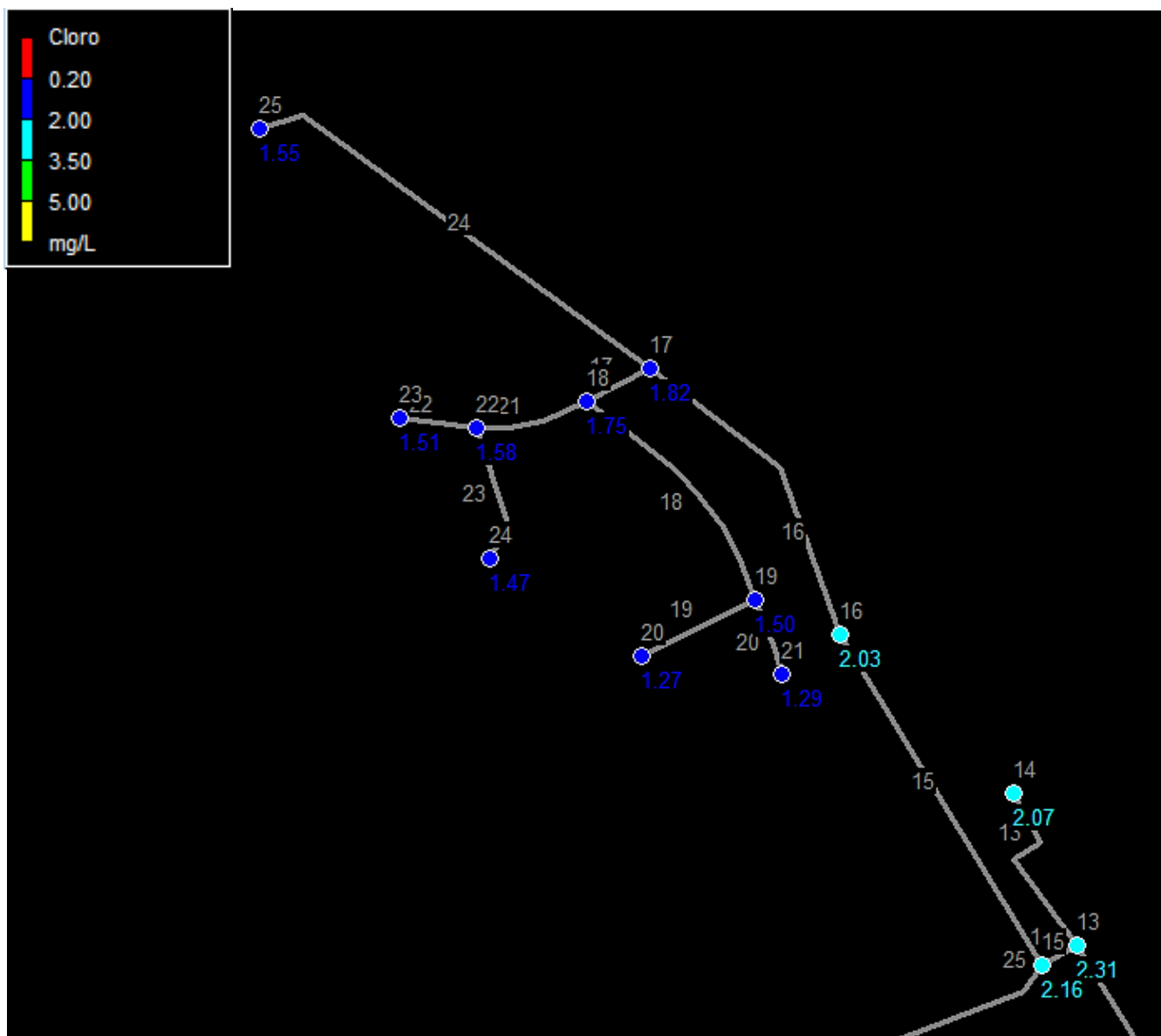
Fuente: Elaboración propia mediante software EPANET 2.0

Figura 65 Cloro residual (Parte superior derecha, No. 1)



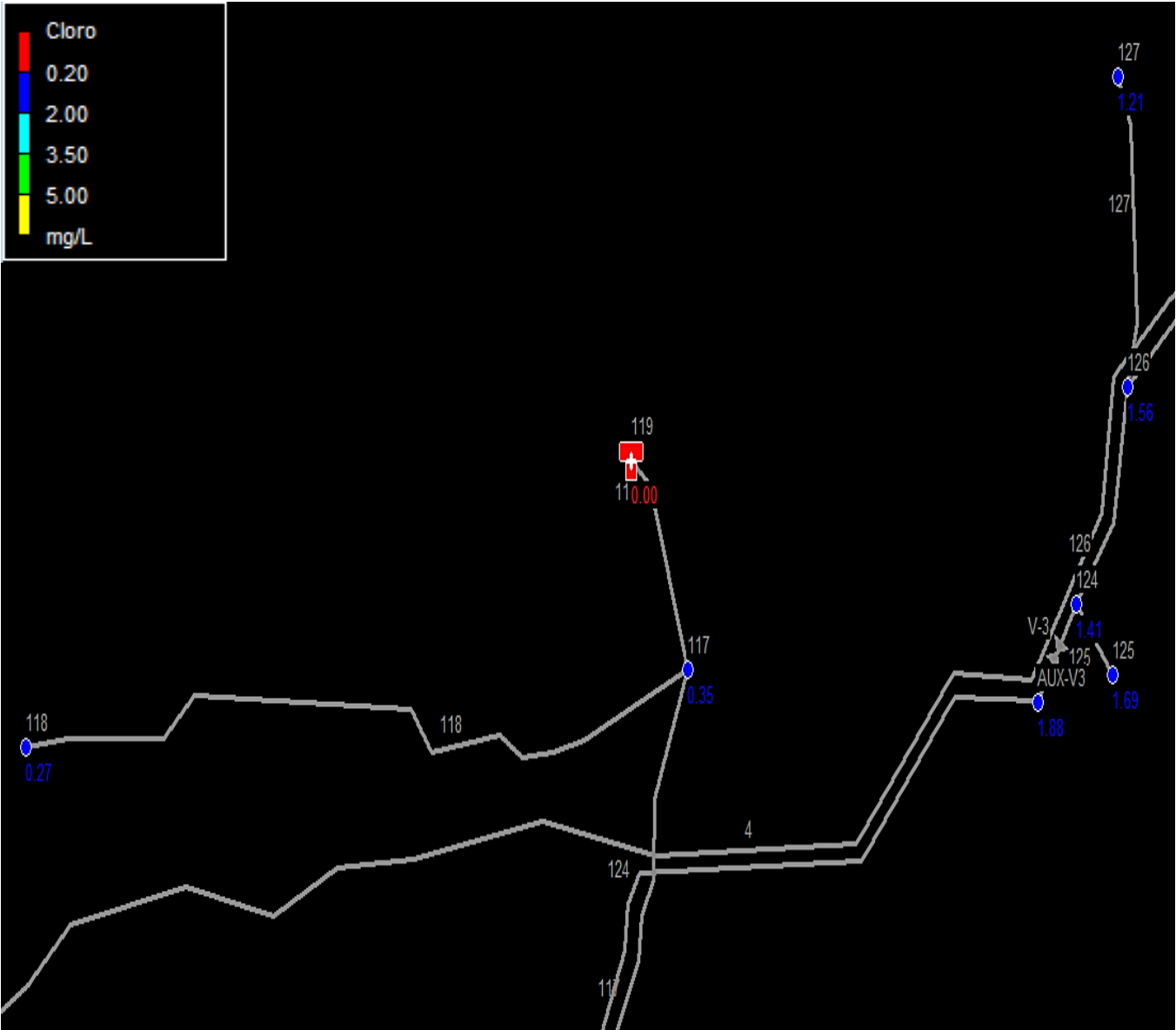
Fuente: Elaboración propia mediante software EPANET 2.0

Figura 66 Cloro residual (Parte superior derecha, No. 2)



Fuente: Elaboración propia mediante software EPANET 2.0

Figura 67 Cloro residual (Parte superior media)



Fuente: Elaboración propia mediante software EPANET 2.0

Posteriormente, para observar estos resultados de manera más gráfica, mediante el software Epanet 2.0, se obtiene la curva de evolución temporal del cloro en las líneas, para ello se eligen los nodos más representativos de la red, para verificar que tengan al menos 0.2 mg/L que es valor mínimo aceptable.

Para este caso, se eligieron dos nodos ubicados cerca del tanque de almacenamiento, y tres nodos ubicados en las partes más alejadas del sistema de distribución de agua potable, y se obtuvo lo siguiente:

Figura 68 Curva de evolución temporal del cloro en las líneas



Fuente: Elaboración propia mediante software EPANET 2.0

Como se puede notar, en la curva de evolución temporal del cloro, en las primeras horas, el cloro residual se mantiene en cero, puesto que aún no se ha terminado de distribuir, no obstante, en las horas siguientes comienza a ascender, y se puede observar que el nodo más alejado (88), presenta el pico más bajo de cloro residual para un tiempo de 23 horas, sin embargo, dicho valor es de 0.20 mg/L, el cual se

encuentra dentro del rango establecido, por lo que se concluye que el agua en el sistema es aceptable para su consumo. Para verificar dichos datos se pueden consultar las tablas de resultados de cloro residual en la red de distribución en Figura 85 en Anexo XXXVIII.

CONCLUSIONES

1. La evaluación y rediseño del sistema de abastecimiento de agua potable MABE de la comunidad La Escoba del municipio de Diriomo del departamento de Granada, se ha efectuado adoptando las “Normas técnicas de diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable en el medio rural” (NTON 09 007-19), emitidas por el ANA.

Se diagnosticó el estado físico de los componentes del sistema de abastecimiento actual, para establecer cuales pueden seguirse utilizando y cuáles deben ser reemplazados, con lo que llegamos a la conclusión que el pozo existente no posee el rendimiento necesario para el final del periodo de diseño y se encuentra en deterioro; el tanque de almacenamiento, no posee una capacidad adecuada para seguir abasteciendo a la comunidad y se encuentra en mal estado, con fisuras pronunciadas por las cuales hay fugas grandes de agua; la línea de conducción debe ser reemplazada ya que su diámetro se incrementó a 6 pulg.; en cuanto a la red de distribución, una cantidad considerable de tuberías se encuentra en mal estado debido a las altas presiones que se generan. Además, que hay tramos de tubería con diámetros que no cumplen con el mínimo establecido por la norma y deben de ser reemplazados.

2. El caudal que aportará la fuente de abastecimiento es de 9.04 lps, por medio de los resultados obtenidos en la prueba de bombeo se calculó su capacidad específica de 0.54 gpd/pie, que según Krasny pertenece a la clase III con denominación moderada, por lo que tendrá suficiente capacidad para abastecer a la población de la comunidad.

Según los análisis de calidad de agua, la fuente de abastecimiento actual de la comunidad cumple con los requisitos para consumo humano de las normas CAPRE, por lo tanto, se considera que debido a la cercanía con el nuevo punto de excavación este cumplirá satisfactoriamente con los mismo requisitos; por tanto, el tratamiento

que requiere es únicamente desinfección por cloración, con un volumen de solución de 245.28 l/día en el último año del periodo de diseño, para una dosis de 3.0 mg/L de hipoclorito de calcio con concentración del 1%, con lo cual el cloro residual presenta valores por encima de 0.2 mg/L.

3. El levantamiento topográfico del sitio del proyecto fue realizado de la manera correcta, puesto que se encuentran bien localizados los BMs y se presentan las curvas de nivel a cada metro mostrando los valores de altiplanimetría, con lo que se pudo identificar que el terreno no presenta accidentes pronunciados, y con las cotas de terreno levantadas se realizó el trazado y diseño del sistema de distribución.

4. Según el estudio de la demanda se determinó una tasa de crecimiento de 2.5%, y por el método de proyección aritmético se obtuvo una población futura para el año 2044 de 4,294 habitantes. El cálculo de la demanda se basó en una dotación de 100 lppd, resultando un valor de 143.29 gpm por lo que se propuso que el nuevo pozo a perforar tenga una capacidad de 150 gpm.

Se realizaron encuestas a 67 habitantes de la comunidad La Escoba con el fin de conocer su situación de abastecimiento, con la cual pudimos notar que el sistema de abastecimiento actual no cubre las 612 viviendas que se encuentran actualmente, y a pesar que el ingreso económico es relativamente bajo debido a que la mayoría desempeña trabajos de agricultura, un 100% de la población encuestada afirma que está dispuesta a pagar por el suministro de agua potable.

En el rediseño del sistema, se propuso la perforación de un nuevo pozo que supliera la demanda para el año 2044, siendo este con una capacidad de 150 gpm, con una profundidad total de 190.69 m, que será explotado mediante una bomba sumergible de 6 pulg. con potencia de 30 HP, para la línea de conducción se analizó el diámetro económico obteniendo un resultado de 6 pulg, por lo cual la existente deberá ser reemplazada; el tanque de almacenamiento será metálico sobre suelo con una altura

de 6.80 m y un diámetro de 6.60 m, cuyo volumen será de 60,000 glns; en cuanto a la red de distribución se reemplazarán un total de 10,264.92 m de tubería, y se añadirán 2,580.47 m de tubería, además se debe proveer a la red de 6 válvulas reductoras de presión, en los tramos cuyos valores de presión sobrepasen los 50 m.c.a. que es el máximo permitido por la norma, además se propone el diseño de un tanque rompe presión para resistir las presiones originadas, y se instalarán 47 válvulas de limpieza.

5. Se realizó el análisis hidráulico mediante el software EPANET 2.0 de la red de distribución actual de la comunidad, y por medio de los resultados pudimos notar que se generan presiones altas en gran parte de la red, por lo cual se propone reemplazar las tuberías pertenecientes a los tramos con afectaciones físicas debido a dichas presiones.

RECOMENDACIONES

- Reemplazar las válvulas de la red que se encuentran en mal estado e instalar las protecciones para una adecuada operación y mantenimiento.
- Limpiar y desinfectar periódicamente el depósito de almacenamiento con la finalidad de mantener las condiciones sanitarias.
- Coordinar con el MINSA, el suministro de hipoclorito de calcio, para la desinfección del agua de consumo y eliminar los riesgos de contaminación.
- Se debe conformar un Comité de Agua Potable (CAP), que vele por el manejo, cuidado y mantenimiento del servicio. El comité deberá sostener reuniones periódicas a lo interno.
- Se recomienda coordinación con las autoridades responsables de ENACAL y el MINSA, para que se imparta a los beneficiarios, diversos cursos y seminarios que aborden el manejo, operación y mantenimiento del sistema, sus aspectos técnicos, financieros y de salud.
- Garantizar personal de mano de obra calificado para la construcción del sistema y contratar ingeniero de supervisión para que se aplique las especificaciones técnicas contenidas en los planos.
- Se recomienda la medición de producción y presión anual en el equipo de bombeo, así como una inspección y limpieza de los accesorios de la sarta de bombeo.

BIBLIOGRAFÍA

Accesorios, C. d. (s.f.). Franklin Electric.

Civil, I. (abril de 2016). Cueva del Ingeniero Civil.

ENACAL. (2006). Sistema de Abastecimiento de agua potable en comunidades rurales. Nicaragua.

FISE. (2023). Guía de Costo No. 16 . Managua.

Fundación Wikimedia, INC. (12 de abril de 2011). Wikipedia.

Guzmán, J., Rodríguez, E., & Salmerón, M. (agosto de 2015). Propuesta de diseño de un mini acueducto por bombeo eléctrico (MABE).

INAA. (2011). Aguas Subterráneas. Managua.

Jiménez, I. J. (2015). Manual del Diseño de sistema de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario.

LabCAP. (s.f.). Instructivo para la toma de muestras de agua.

NTON 09 007-19. (03 de noviembre de 2021). Diseño de sistema de abastecimiento de aguas potables. La Gaceta - Diario Oficial, pág. 10807.

Organización Panamericana de la Salud. (2005). Guía para el diseño de redes de distribución en sistemas rurales de abastecimiento de agua. Lima: UNATSABAR.

Pacto Mundial Red Española. (septiembre de 2015). Agua limpia y Saneamiento.

Real Academia Española. (2022). Diccionario Panhispánico del español jurídico.

Rossman. (1997). Manual EPANET.

Rossman, L. A. (30 de octubre de 2002). iiama. Obtenido de EPANET 2. Manual del Usuario.

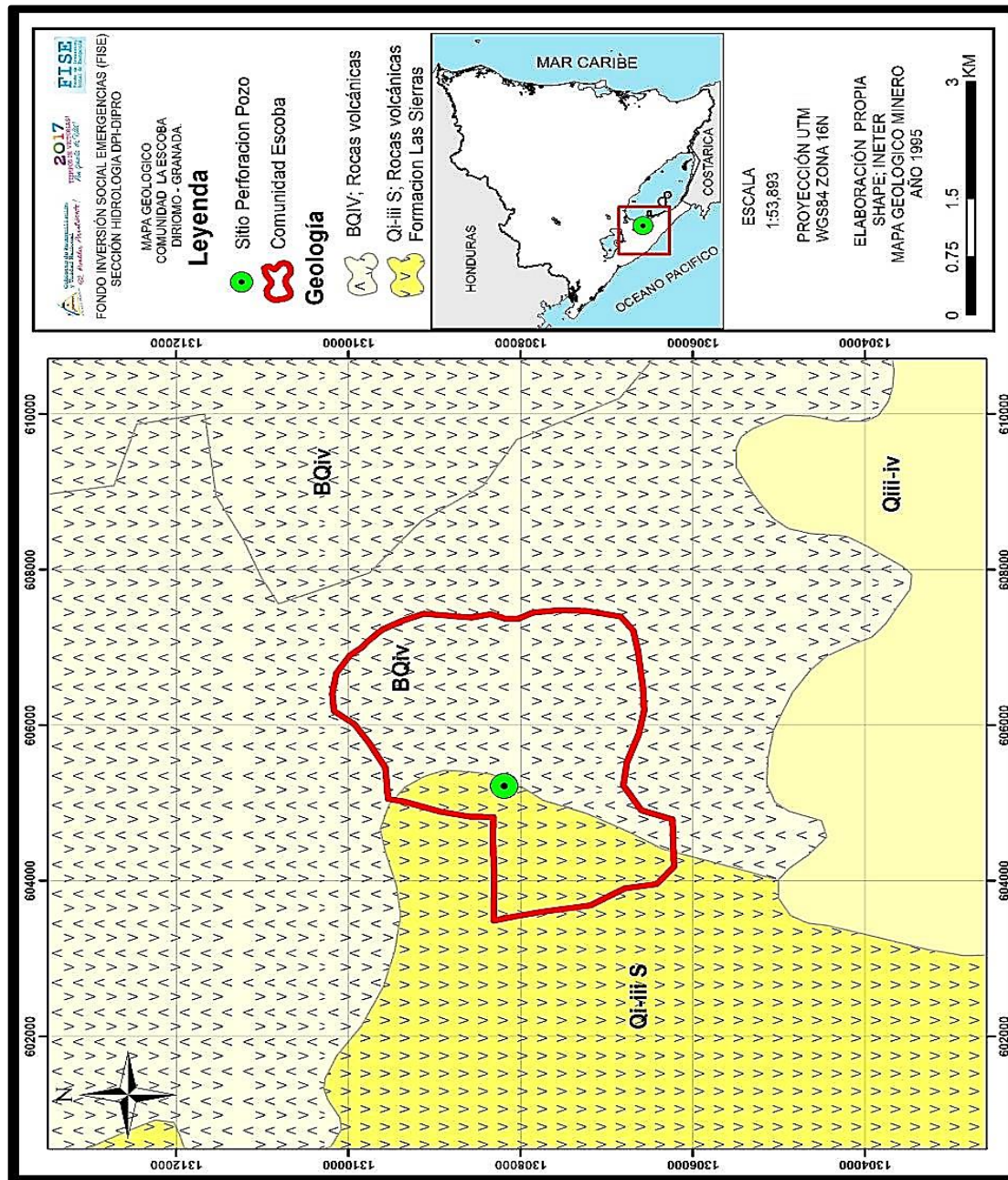
USGS. (29 de agosto de 2017). La Ciencia del Agua para Escuelas.

Talavera Nicaidis, S. T. (1983). Determinación de diámetros más económicos para líneas de conducción de agua potable por bombeo. Panamá: AIDIS.

WALCHEM, I. A. (s.f.). Bombas Dosificadoras.

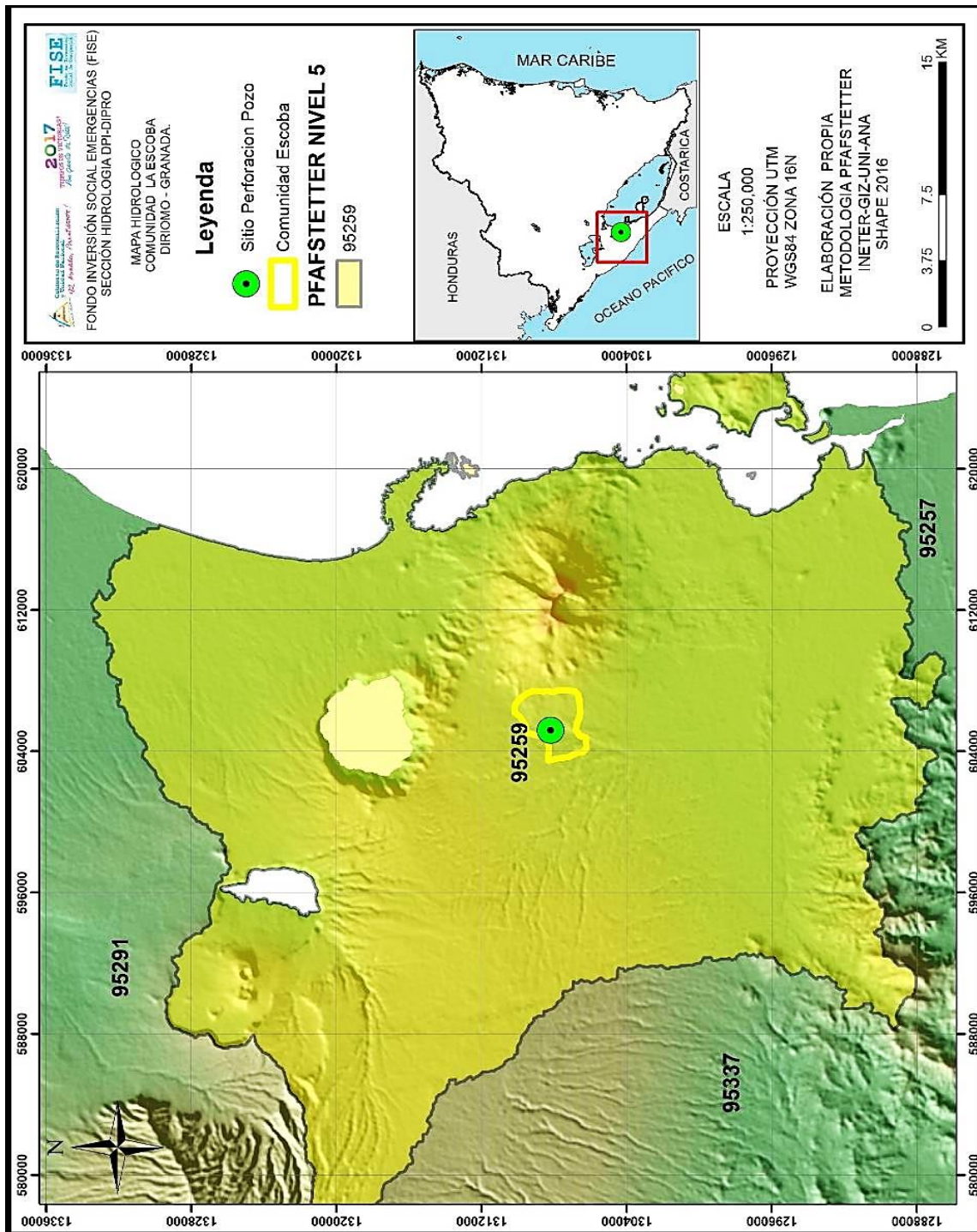
ANEXOS

Figura 69 Mapa geológico de la comunidad La Escoba



Fuente: Mapa Geológico Minero de Nicaragua 1995

Figura 70 Mapa unidad hidrológica comunidad La Escoba



Fuente: Mapa Metodología PFAFSTTETER INETER-GIZ 2016

III

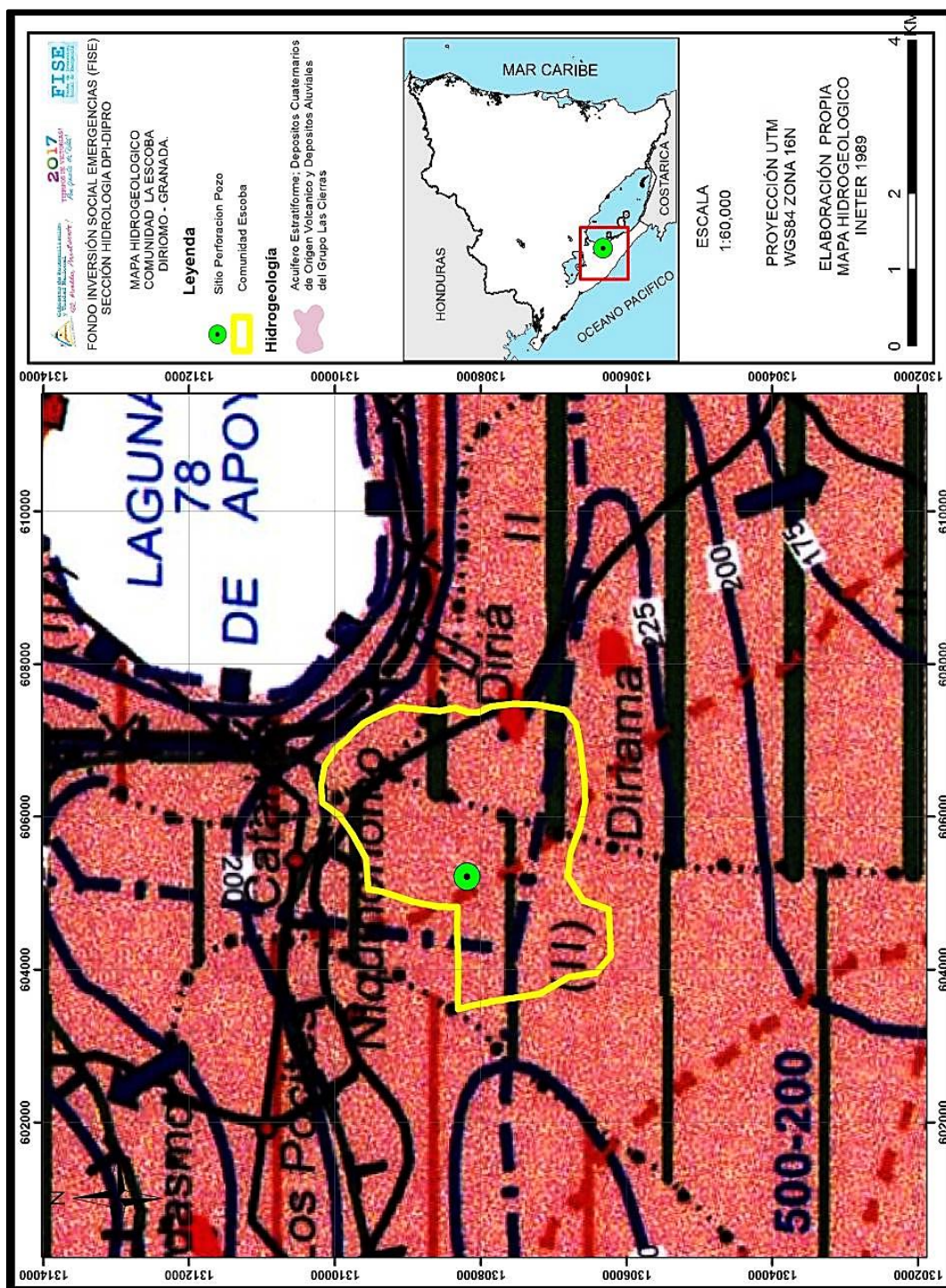


Tabla 28 Consumo comercial, industrial público e institucional

Consumo	Porcentaje
Comercial	7
Público o Institucional	7
Industrial	2

Fuente: NTON 09 007-19

Tabla 29 Dotación de agua para poblaciones concentradas.

Rango de población		Dotación Lppd
Menor que 5000		130
5001	10000	140
10001	15000	150
15001	20000	160
Mayor que 20000		Usar fórmula

Fuente: NTON 09 007-19

Tabla 30 Espesores mínimos de tuberías PVC SDR-17

Espesor de tubería SDR-17	
Tubo	e (mm)
2"	3.55
2 ½"	4.3
3"	5.23
4"	6.73
6"	9.91

Fuente: Adaptados del documento de Durman.com (2015)

Tabla 31 Presión en metro columna de agua de los tipos de tuberías PVC.

Presión de trabajo para tuberías	
SDR	Presión metro columna de agua
11	280
13.5	224
17	175
26	112
32.5	88
41	70
50	56

Tabla 32 Pérdidas de accesorios de la longitud equivalente en tubería recta

Elemento	mm. plg.	13 1/2	19 ¾	25 1	32 1 1/4	38 1 1/2	50 2	63 2 ½	76 3	100 4	125 5	150 6
Codo 90°												
Radio Largo		0.3	0.4	0.5	0.7	0.9	1.1	1.3	1.6	2.1	2.7	3.4
Radio medio		0.4	0.6	0.7	0.9	1.1	1.4	1.7	2.1	2.8	3.7	4.3
Radio corto		0.5	0.7	0.8	1.1	1.3	1.7	2	2.5	3.4	4.5	4.9
Codo 45°		0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	0.9	1.2	1.5	1.9	2.3
Curva 90												
R/D: 1 ½		0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	1	1.3	1.6	1.9
R/D: 1		0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.9	1	1.3	1.6	2.1	2.5
Curva 45		0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.9	1.1
Entrada												
Normal		0.2	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	0.9	1.1	1.6	2	2.5
De borda		0.4	0.5	0.7	0.9	1	1.5	1.9	2.2	3.2	4	5
Válvula												
Compuerta		0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.4	0.5	0.7	0.9	1
Globo		4.9	6.7	8.2	11.3	13.4	17. 4	21	26	34	45. 3	51
Angulo		2.6	3.6	4.6	5.6	6.7	8.5	10	13	17	21	26
De pie		3.6	5.6	7.3	10	11.6	14	17	20	23	31	39
Retención												
T. liviano		1.1	1.6	2.1	2.7	3.2	4.2	5.2	6.3	6.4	10. 4	12. 5
T. pesado		1.6	2.4	3.2	4	4.8	6.4	8.1	9.7	12. 9	16. 1	19. 3
Tee de paso												
Directo		0.3	0.4	0.5	0.7	0.9	1.1	1.3	1.6	2.1	2.7	3.4
Lateral		1	1.4	1.7	2.3	2.8	3.5	4.3	5.2	6.7	8.4	10
Tee salida												
Bilateral		1	1.4	1.7	2.3	2.8	3.5	4.3	5.2	6.7	8.4	10
Salida de tubería		0.4	0.5	0.7	0.9	1	1.5	1.9	2.2	3.2	4	5

Fuente: fagro.edu.uy (2015).

Tabla 33 Resultados de los análisis físico-químico, metales y análisis bacteriológico

Parámetro Físico – químico y metales	Valor obtenido	Categoría 1A	Categoría 1B
Turbidez	0.17	< 5 UNT	< 250 UNT
Color	0.09	< 5 U Pt-Co	< 5 U Pt-Co
Sólidos Totales Disueltos	144.50 mg/l	1000 mg/l	1500 mg/l
pH	7.65	Min 6.0 y máx. 8.5	Min 6.0 y máx. 8.5
Sodio	9.38 mg/l	200 mg/l	200 mg/l
Potasio	3.20 mg/l	10 mg/l	10 ml/l
Calcio	29.89 mg/l	100 mg/ lts ca CO3	100 mg/ lts ca CO3
Magnesio	12.27 mg/l	30 mg/ lts ca CO3	50 mg/ lts ca CO3
Carbonatos	ND (<2.4) mg/l	2.4 mg/l	2.4 mg/l
Bicarbonatos	159.03 mg/l	-	-
Sulfatos	2.55 mg/l	250 mg/l	400 mg/l
Cloruros	5.18 mg/l	250 mg/l	600 mg/l
Manganeso	0.082 mg/l	0.5 mg/l	0.5 mg/l
Conductividad Eléctrica	276.10 µS/cm	400 µS/cm	400 µS/cm
Nitritos	ND	0.003 mg/l	0.003 mg/l
Nitratos	3.64 mg/l	10.0 mg/l	10.0 mg/l
Fosfatos	-	0.21	0.21
Dureza como carbonato de calcio	125.13 mg/l	400 mg/l	400 mg/l
Fluoruros	0.14 mg/l	Min. 0.7 y máx. 1.5	< 1.7 mg/l
Arsénico	ND (<0.005)	0.05 mg/l	0.05 mg/l
Cianuro Total	---	0.1 mg/l	0.1 mg/l
Mercurio	-----	0.001 mg/l	0.001 mg/l
Hierro	ND	0.3 mg/l	3 mg/l
Análisis Bacteriológico			
Coliformes Totales	0 NMP/100 ml	NMP/100 ml	NMP/100 ml
Coliformes Fecales	0 NMP/100 ml	NMP/100 ml	NMP/100 ml

Fuente: Informe de Calidad del Agua, FISE

Tabla 34 Resultados de los análisis pesticidas, organoclorados y organofosforados.

Pesticidas órganos clorados y órganos fosforados	Valor obtenido	Categoría 1 A	Categoría 1 B
Alfa-BHC			
Beta-BHC			
Lindano	ND	9 ug/L	
Delta BHC			
Heptacloro	ND	0.03 ug/L	
Aldrin	ND	0.03 ug/L	
Heptacloro-epoxico	ND	0.03 ug/L	
Endusulfan 1			
p.p-DDE			
Dieldrin	ND	0.03 ug/L	
Endrin			
Eudusulfan-II			
p.p-DDD			
Endrin aldehido			
Endusulfan sulfato			
p.p-DDT	ND	0.2 ug/L	
Metoxicloro	ND	20 ug/L	
Toxafeno total			
() También puede ser expresado como porcentaje de saturación y debe ser mayor de 50% (**) Promedio mensual menor de 2000NMP por cada 100 ml, (***) Promedio mensual menor de 10000NMP por cada 100 ml.			

Fuente: FISE

Tabla 35 Parámetros fisicoquímicos.

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR RECOMENDADO	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE
Temperatura	°C	18 a 30	
Concentración iones hidrógeno	Valor de pH	6.5 a 8.5 (a)	
Cloro residual	mg/l	0.5 a 1.0 (b)	250
Cloruros	mg/l	25	-
Conductividad	μS/cm	400	-
Dureza	mg/l CaCO ₃	400	250
Sulfatos	mg/l	25	0.2
Aluminio	mg/l	-	-
Calcio	mg/l CaCO ₃	100	2.0
Cobre	mg/l	1.0	50
Magnesio	mg/l CaCO ₃	30	200
Sodio	mg/l	25	10
Potasio	mg/l	-	1000
Sol. Tot. Dis.	mg/l	-	3.0
Zinc	mg/l	-	
(a) Las aguas deben ser estabilizadas de manera que no produzcan efectos corrosivos ni incrustantes en los acueductos. (b) Cloro residual libre. (c) 5 mg/l con base en evidencias científicas las cuales han demostrado que este valor ``residual`` no afecta la salud. Por otro lado, cada país deberá tomar en cuenta los aspectos económicos y organolépticos en la interpretación de este valor.			

Fuente: Normas CAPRE 1994

Tabla 36 Parámetros organolépticos.

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR RECOMENDADO	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE
Color verdadero	Mg/l (Pt-Co)	1	15
Turbiedad	UNT	1	5
Olor	Factor dilución	0	2 a 12 °C 3 a 25 °C
Sabor	Factor dilución	0	2 a 12 °C 3 a 25 °C

Fuente: Normas CAPRE 1994.

Tabla 37 Parámetros bacteriológicos

ORIGEN	PARÁMETRO (b)	VALOR RECOMENDADO	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE	OBSERVACIONES
A. Todo tipo de agua de bebida.	Coliforme Fecal	Neg.	Neg.	En muestras no consecutivas. En muestras puntuales. No debe ser detectado en el 95% de las muestras anuales (C).
B. Agua que entra al sistema de distribución.	Coliforme Fecal	Neg.	Neg.	
	Coliforme Total	Neg.	≤4	
C. Agua en el sistema distribución	Coliforme Total	Neg.	≤4	
	Coliforme Fecal	Neg.	Neg.	

Fuente: Normas CAPRE 1994.

Tabla 38 Parámetros para sustancias inorgánicas con significado para la salud.

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE
Arsénico	mg/l	0.01
Cadmio	mg/l	0.05
Cianuro	mg/l	0.05
Cromo	mg/l	0.05
Mercurio	mg/l	0.001
Níquel	mg/l	0.05
Plomo	mg/l	0.01

Fuente: Normas CAPRE 1994.

Tabla 39 Parámetros para sustancias no deseadas.

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR RECOMENDADO	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE
Nitratos-NO ₃ ⁻	mg/l	25	50
Nitritos-NO ₂ ⁻	mg/l		(1)
Amonio	mg/l	0.05	0.5
Hierro	mg/l		0.3
Manganeso	mg/l	0.01	0.5
Fluoruro	mg/l		0.7-1.5 ²
Sulfuro de Hidrógeno	mg/l		0.05

Fuente: Normas CAPRE 1994.

Tabla 40 Ensayos de laboratorio.

No.	Tipo de Ensayo	Norma ASTM
1	Análisis Granulométrico	ASTM C 136 - 00
2	Límites de Atterberg	ASTM D 4318 - 00
3	Clasificación SUCS	ASTM D 2487 - 00
4	Humedad Natural	ASTM C 566 - 04

Fuente: FISE

Tabla 41 Coeficiente de balastro.

Capacidad de Carga kg/cm² Suelos cohesivos Coeficiente de Balasto kg/cm³ Suelos granulares Coeficiente de Balasto kg/cm³	1.00	1.50	1.60	1.80	2.00	2.50	3.00
	2.20	3.10	3.28	3.64	4.00	5.00	6.00
	5.25	7.85	8.36	9.40	10.46	13.09	16.50

Fuente: FISE

Tabla 42 Parámetros físico-mecánicos del sub-suelo

Clasificación SUCS	Peso Volumétrico (kg/cm ³)	Ángulo de fricción Interna, Ø°	Cohesión kg/cm ²
SM	1588	36	---
CL, CH	1268	10	0.10
ML, MH	1450	14	---

Fuente: FISE

Tabla 43 Profundidad de sondeos mecánicos.

No. Sondeo	Profundidad de Sondeo Pie (metros)
1	13'6'' (4.11 mts)
2	16'6'' (5.03 mts)

Fuente: Informe de Estudio de Suelo de la comunidad La Escoba, FISE.

Tabla 44 Alternativa 1

No. Sondeo	Profundidad de desplante, (m)	Presión Admisible, kg/cm^2	Presión Recomendada, kg/cm^2	Profundidad de mejoramiento con suelo-cemento en contacto con la fundación, (m)	Profundidad de mejoramiento con material selecto debajo del mejoramiento de suelo-cemento, (m)	Profundidad de Excavación (m)
SPT – 1	1.50	1.59	1.30	0.60	2.30	2.90
SPT - 2	1.50	1.37	1.30	0.60	2.75	3.35

Fuente: FISE

Tabla 45 Alternativa 2.

No. Sondeo	Profundidad de desplante, (m)	Presión Admisible, kg/cm^2	Presión Recomendada, kg/cm^2	Profundidad de mejoramiento con suelo-cemento en contacto con la fundación, (m)	Profundidad de mejoramiento con material selecto debajo del mejoramiento de suelo-cemento, (m)	Profundidad de Excavación (m)
SPT – 1	2.30	1.91	1.20	0.40	0.20	2.90
SPT - 2	2.30	1.30	1.20	0.40	0.65	3.35

Fuente: FISE

Tabla 46 Características del equipo de perforación.

Descripción	Características
Peso del martillo	140 lb (63.5 kg)
Altura de caída	30" (76 cm)
Diámetro externo del muestreador	2" (5.0 cm)
Longitud del muestreador	26" (67 cm)
Motor Briggs & Stratton (Gasolina)	6.0 HP

Fuente: Informe de Estudio de Suelo de la comunidad La Escoba, FISE.

Tabla 47 Contenido de Humedad Sondeo SPT-1.

ESPECIMEN N°	1	2	3	4
Sondeo No.	SPT- 1			
Profundidad (m)	0.46 - 0.91	1.37 - 1.83	2.29 – 2.74	3.20 – 3.66
Muestra No.	1	2	3	4
Tara No.	M-110	P-110	B-120	A-118
Peso S.H + Tara (g)	71.5	66.5	62.4	41.7
Peso S.S + Tara (g)	50.6	58.6	53.2	32.9
Peso agua (g)	20.9	7.9	9.2	8.8
Cont. De Agua	41.3	13.5	17.3	26.7
Promedios (%W)	24.7			

Fuente: Informe de Estudio de Suelo de la comunidad La Escoba, FISE

Tabla 48 Resultados de laboratorio.

Sondeo	Prof.	Muestra	No 4	No 200	LL	IP	SUCS	Descripción
SPT – 1	0.00 – 0.91 m	1	100	60	40	12	ML	Limo arenoso color café oscuro con presencia de materia orgánica
	0.91 – 1.83 m	2	100	73	35	11	CL	Arcilla de baja plasticidad con arena color café claro
	1.83 – 2.29 m	3	100	46	NP	NP	SM	Arena limosa color café claro
	2.29 – 4.11 m	4	100	40	NP	NP	SM	Arena limosa color amarillenta
SPT - 2	0.00 – 0.46 m	1	100	65	53	15	MH	Limo de alta compresibilidad arenoso color café oscuro
	0.46 – 0.91 m	2	100	64	50	11	MH	Limo de alta compresibilidad arenoso color café claro
	0.46 – 1.83 m	3	100	68	54	21	MH	Limo de alta compresibilidad arenoso color café oscuro
	1.83 – 2.29 m	4	100	55	36	12	CL	Arcilla de baja plasticidad color café oscuro
	2.29 – 3.20 m	5	100	48	36	11	SM	Arena limosa color café oscuro
	3.66 – 5.03 m	6	100	39	NP	NP	SM	Arena limosa color amarillenta

Fuente: Informe de Estudio de Suelo de la comunidad La Escoba, FISE.

Tabla 49 Contenido de Humedad Sondeo SPT-2.

ESPECIMEN N°	1	2	3	4
Sondeo No.	SPT- 2			
Profundidad (m)	0.46 - 0.91	1.37 - 1.83	2.29 – 2.74	3.20 – 3.66
Muestra No.	1	2	3	4
Tara No.	MP-8	K-97	A-10	P-50
Peso S.H + Tara (g)	45.3	60.5	54.9	54.4
Peso S.S + Tara (g)	33.2	45.1	47.2	48.7
Peso agua (g)	12.1	15.4	7.7	5.7
Cont. De Agua	36.4	34.1	16.3	11.7
Promedios (%W)	24.7			

Fuente: Informe de Estudio de Suelo de la comunidad La Escoba, FISE

Tabla 50 Consistencia de los suelos cohesivos.

N	En arcillas		Ángulo de fricción interna	E
(golpes/pie)	q _u , (kg/cm²)	Descripción	Ø en grados	kg/cm²
< 2	< 0.25	Muy Blanda	0	3
2 – 4	0.25 – 0.50	Blanda	0 – 2	30
4 – 8	0.50 – 1.00	Media	2 – 4	45 – 90
8 – 15	1.00 – 2.00	Compacta	4 – 6	90 – 200
15 – 30	2.00 – 4.00	Muy Compacta	6 – 12	> 200
> 30	> 4.00	Dura	> 14	

Fuente: Crespo Villalaz Mecánica de Suelos y cimentaciones 6ta edición, pag.175

Tabla 51 Características de banco de materiales.

Características	Banco San Antonio	Banco Gallo Fino	Mezcla 70% San Antonio y 30% Gallo Fino
Ubicación	km 55.5 carretera Granada – Nandaime	comunidad San Diego	-
En explotación	si	si	si
Volumen aprox. (m³)	2,000,000	100,000	-
Espesor de descapote (m)	0.40	0.50	-
Graduación de arena	pobremente graduada con grava (hormigón)	arena limosa	Arena limosa con grava
Color	rojo	gris (Talpua)	-
Tipo	A-1-a (0)	A-4 (0)	A-1-b (0)
Plasticidad	no	no	no
Tamiz No. 4	partículas pasan 57%	partículas pasan 97%	partículas pasan 75%
Tamiz No. 200	partículas pasan 1%	partículas pasan 37%	partículas pasan 16%
Peso volumétrico seco máximo (kg/m³)	1,218	1,300	1,388
Humedad óptima	10.6%	14.8%	11.7%
Peso volumétrico seco suelto (kg/m³)	990	1,080	1,125
Factor de abundamiento	1.23	1.20	1.23
CBR 95% Proctor estándar	-	-	30.82%

Fuente: Elaboración propia con base en datos proporcionados por el FISE

Tabla 52 Proyecciones de población para el departamento de Granada al 30 de junio por sexo, según año calendario y tasa de crecimiento. Periodo 2005- 2020

Municipio, Año y Tasa de Crecimiento	Ambos Sexos	Hombres	Mujeres
GRANADA			
2005	115 061	57 046	58 015
2006	116 314	57 643	58 671
2007	117 569	58 238	59 331
2008	118 819	58 828	59 991
2009	120 026	59 396	60 630
2010	121 254	59 974	61 280
2011	122 478	60 549	61 929
2012	123 697	62 121	62 576
2013	124 889	61 685	63 204
2014	126 055	62 240	63 815
2015	127 196	63 783	64 413
2016	128 225	63 302	64 923
2017	129 217	63 814	65 403
2018	130 187	64 328	65 859
2019	131 089	64 794	66 295
2020	132 107	65 271	66 846
Tasa de Crecimiento			
2005 – 2010	1.0	1.0	1.1
2010 – 2015	0.8	0.7	0.8
2015 - 2020	0.8	0.8	0.7

Tabla 53 Proyecciones de población para el departamento de Diriomo al 30 de junio por sexo, según año calendario y tasa de crecimiento. Periodo 2005-2020

Municipio, Año y Tasa de Crecimiento	Ambos Sexos	Hombres	Mujeres
DIRIOMO			
2005	24 180	12 069	12 111
2006	24 477	12 213	12 264
2007	24 776	12 356	12 420
2008	25 074	12 499	12 575
2009	25 347	12 628	12 719
2010	25 642	12 769	12 873
2011	25 937	12 910	13 027
2012	26 231	13 050	13 181
2013	26 521	13 189	13 332
2014	26 806	13 326	13 480
2015	27 066	13 461	13 625
2016	27 343	13 592	13 751
2017	27 593	13 721	13 872
2018	27 839	13 851	13 988
2019	28 071	13 971	14 100
2020	28 326	14 091	14 237
Tasa de Crecimiento			
2005 – 2010	1.2	1.1	1.2
2010 – 2015	0.9	0.8	0.9
2015 - 2020	0.9	0.9	0.9

Tabla 54 Áreas abiertas de rejilla Johnson del Tipo Telescópico

Diámetro de la rejilla en pulgadas	Área de captación por pie lineal de rejilla en pulgadas cuadradas						
	Abertura No. 10	Abertura No. 20	Abertura No. 40	Abertura No. 60	Abertura No. 80	Abertura No. 100	Abertura No. 150
3"	10	19	32	42	43	55	65
4"	14	26	44	57	58	74	88
5"	18	33	55	72	73	94	112
6"	21	39	65	85	87	111	132
8"	28	51	87	113	116	131	160
10"	36	65	110	143	147	166	203
12"	42	77	130	170	174	180	223
14" OD	38	71	123	163	177	198	251
15" OD	39	76	132	175	190	217	268
16" OD	35	69	123	164	171	198	250
18" OD	39	78	139	186	193	224	283
20" OD	47	88	156	209	218	252	318
24" OD	46	87	158	217	266	307	389
26" OD	49	91	166	227	278	321	406
30" OD	57	108	192	268	239	379	480
36" OD	65	124	224	307	376	434	550

Nota: Cada rejilla se designa por el tamaño de la tubería de acero a través de la cual deberá insertarse por el método telescópico. El número de ranura denota el ancho de la abertura en milésimas de pulgada. En algunos casos especiales, las áreas abiertas podrían diferir un poco de los valores mostrados.

Un pie lineal = 0.305 m. Una pulgada = 2.54 cm. Una pulgada cuadrada = 6.45 cm².

OD = diámetro exterior.

Fuente: Johnson SCREMS

Tabla 55 Diámetros recomendados de pozo.

Producción prevista del pozo m ³ /min	Diámetro nominal de los tazones de la bomba en cm.	Diámetro óptimo del ademe del pozo en cm.	Mínimo diámetro de ademe en cm,
Menos que 0.4	10.0	15.0 ID	12.5 ID
0.3 a 0.7	12.5	20.0 ID	15.0 ID
0.6 a 1.5	15.0	25.0 ID	20.0 ID
1.3 a 2.5	20.0	30.0 ID	25.0 ID
2.3 a 3.4	25.0	35.0 OD	30.0 ID
3.2 a 5.0	30.0	40.0 OD	35.0 OD
4.5 s 6.8	35.0	50.0 OD	40.0 OD
6.0 a 12.0	40.0	60.0 OD	50.0 OD
ID = Diámetro interior. OD = Diámetro exterior			

Fuente: Fuente: Johnson SCREMS

Tabla 56 Transmisividad según Krasny

Coeficiente de Transmisividad T		Transmisividad del acuífero		Parámetros comparativos regionales correspondiente al coeficiente de transmisividad				Rendimiento aproximado de pozos con un descenso de 5m	
				No logarítmica Caudal específico q			Logarítmica Índice Y		
m2/día	gl/d/pie	Clase	Denominación	m3/h/m	l/s m	gpm/pie		l/s	gpm
1,000	80,520	I	Muy alta	36	10	48.32	7	>50	>793
		II	Alta					5-50	79.3-793
100	8,052	III	Moderada	3.6	1	4.83	6	0.5-5	7.93-79.3
10	805.2							0.05-0.5	0.79-7.93
1	80.52	IV	Baja	0.036	0.01	0.048	4	0.005-0.05	0.079-0.79
		V	Muy baja					<0.005	<0.079
0.1	8.052	VI	Imperceptible	0.0036	0.001	0.0048	3		

Fuente: Krasny 1993

Tabla 57 Coeficientes para la fórmula de Allievi (K)

Material	E módulo de elasticidad Kp/cm ²	K
Acero	2.000.000	0,5
Aluminio	700.000	1,43
Fundición dúctil	1.700.000	0,50
Fundición laminar	1.000.000	1
Hormigón	200.000	5
Plomo	200.000	10
Polietileno alta densidad (HDPE)	9000	111,11
Polietileno baja densidad (LDPE)	2000	500
PVC	30.00	33,33

Fuente: Golpe de Ariete en Tuberías de Impulsión

Tabla 58 Caudal de agua a clorar

CAUDAL DE AGUA A CLORAR					
En GPM	En LPS	Al 1%		Al 0.5% (**)	
		ml/hora	Gotas/Minuto	ml/hora	Gotas/Minuto
1	0.06	45.42	15	90.8	30
2	0.13	90.84	30	181.7	61
3	0.19	136.26	45	272.5	91
4	0.25	181.68	61	363.4	121
5	0.32	227.10	76	454.2	151
6	0.38	272.52	91	545.0	182
7	0.44	317.94	106	635.9	212
8	0.50	363.36	121	726.7	242
9	0.57	408.78	136	817.6	273
10	0.63	454.20	151	908.4	303
(**) Esta es la concentración que se obtiene de los equipos que producen cloro por electrólisis (con sal y agua)					

Fuente: Cartilla de Manual de Operación y mantenimiento de un MABE, FISE.

Tabla 59 Dosificación del hipoclorito

PARA PREPARAR MEZCLA DE CLORO	CANTIDAD REQUERIDA DE		
	HIPOCLORITO DE SODIO	HIPOCLORITO DE CALCIO	
Al 1% (*)	Al 5%	Al 10%	Al 65%
Litros	Litros	Litros	Gramos
20	4	2	308
30	6	3	462
40	8	4	616
50	10	5	770
80	16	8	1,232
100	20	10	1,540
150	30	15	2,310
200	40	20	3,080
250	50	25	3,850
(*) Esta es la mezcla que se pone en el tanque del hipoclorador			

Fuente: Cartilla de Manual de Operaciones y mantenimiento de un MABE, FISE.

Tabla 60 Dosificación de hipoclorito de calcio

Dosificación con hipoclorito de calcio							
Año	CMD	Vol. Cloro	Vol. Hipoclorito de calcio		Vol. de Solución		Dosificación
	gpm	lb/dia	lb/dia	gr/dia	l/dia	gpd	gotas/min
2024	89.63	2.16	3.33	1513.64	98.29	25.97	887.35
2025	89.63	2.16	3.33	1513.64	98.29	25.97	887.35
2026	91.87	2.21	3.4	1545.46	100.36	26.52	906.03
2027	94.17	2.27	3.5	1590.91	103.31	27.3	932.66
2028	96.52	2.32	3.57	1622.73	105.38	27.85	951.35
2029	98.94	2.38	3.67	1668.19	108.33	28.63	977.98
2030	101.41	2.44	3.76	1709.1	110.99	29.33	1002
2031	103.94	2.5	3.85	1750	113.64	30.03	1025.92
2032	106.54	2.56	3.94	1790.91	116.3	30.73	1049.94
2033	109.21	2.63	4.05	1840.91	119.54	31.59	1079.19
2034	111.94	2.69	4.14	1881.82	122.2	32.29	1103.2
2035	114.74	2.76	4.25	1931.82	125.45	33.15	1132.54
2036	117.60	2.83	4.36	1981.82	128.69	34	1161.79
2037	120.54	2.9	4.47	2031.82	131.94	34.86	1191.13
2038	123.56	2.97	4.57	2077.28	134.89	35.64	1217.76
2039	126.65	3.04	4.68	2127.28	138.14	36.5	1247.1
2040	129.81	3.12	4.8	2181.82	141.68	37.44	1279.06
2041	133.06	3.2	4.93	2240.91	145.52	38.45	1313.73
2042	136.38	3.28	5.05	2295.46	149.06	39.39	1345.69
2043	139.79	3.36	5.17	2350	152.6	40.32	1377.64
2044	143.29	3.44	5.3	2409.1	156.44	41.34	1412.31

Fuente: Elaboración propia

Tabla 61 Costo anual de energía y valor presente

Periodo	Año	Población	CMD	4 pulg		6 pulg	
				CAE	VP	CAE	VP
0	2024	2686	89.63	9.96	9.96	1.38	1.38
1	2025	2753	91.87	10.68	9.54	1.48	1.32
2	2026	2822	94.17	11.46	9.14	1.59	1.27
3	2027	2893	96.52	12.30	8.75	1.71	1.22
4	2028	2965	98.93	13.19	8.39	1.83	1.16
5	2029	3039	101.41	14.16	8.03	1.97	1.12
6	2030	3115	103.94	15.19	7.69	2.11	1.07
7	2031	3193	106.54	16.30	7.37	2.26	1.02
8	2032	3273	109.21	17.48	7.06	2.43	0.98
9	2033	3354	111.94	18.76	6.76	2.60	0.94
10	2034	3438	114.73	20.13	6.48	2.79	0.90
11	2035	3524	117.60	21.59	6.21	3.00	0.86
12	2036	3612	120.54	23.17	5.95	3.22	0.83
13	2037	3703	123.56	24.86	5.70	3.45	0.79
14	2038	3795	126.65	26.67	5.46	3.70	0.76
15	2039	3890	129.81	28.61	5.23	3.97	0.73
16	2040	3987	133.06	30.70	5.01	4.26	0.70
17	2041	4087	136.38	32.94	4.80	4.57	0.67
18	2042	4189	139.79	35.34	4.60	4.91	0.64
19	2043	4294	143.29	37.92	4.40	5.26	0.61
20	2044	4401	146.87	40.68	4.22	5.65	0.59
					140.73		19.54

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 62 Valores de C, según Mendiluce

Si	Condición	C
	$CTD/L < 0.2$	1.0
	$CTD/L \geq 0.4$	0.0
	$CTD/L \approx 0.3$	0.6

Fuente: Coeficientes empíricos según Mendiluce.

Tabla 63 Valores de K, según Mendiluce

Si	Condición	C
	$L < 500$	2.00
	$L \approx 500$	1.75
	$500 < L < 1500$	1.50
	$L \approx 1500$	1.25
	$L > 1500$	1.00

Fuente: Coeficientes empíricos según Mendiluce.

Figura 72 Presiones CMH y tanque lleno del sistema existente

ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Presión m
Conexión 2	89.26	0	0.00
Conexión 3	90.26	0	265.84
Conexión 4	237.94	0	117.45
Conexión 5	336	0	12.78
Conexión 7	334	0	14.32
Conexión 8	340	0.5289	7.86
Conexión 9	319	0.168	28.54
Conexión 10	330	0.096	17.53
Conexión 11	321	0.072	26.51
Conexión 12	322	0.216	25.47
Conexión 13	329	0.2644	12.65
Conexión 14	328.3	0.024	13.35
Conexión 15	328.7	0.024	12.74
Conexión 16	327	0.0481	13.84
Conexión 17	316.5	0.0962	23.14
Conexión 18	316.2	0.0240	23.41
Conexión 19	319	0.0962	20.52
Conexión 20	321	0.0962	18.52
Conexión 21	325.05	0.0721	14.47
Conexión 22	317.6	0.0721	21.99
Conexión 23	317.9	0.0240	21.69
Conexión 24	316.36	0.0721	23.23
Conexión 25	311	0.3125	28.49
Conexión 26	321.5	0.2644	19.19
Conexión 27	316.5	0.2404	24.07
Conexión 28	320.20	0.1683	20.47
Conexión 29	336.22	0.024	11.09
Conexión 30	312	0.6010	31.41

Conexión 31	324.85	0.3365	17.49
Conexión 32	335.55	0.2885	11.65
Conexión 33	333	0.0962	9.34
Conexión 34	332.4	0.1202	9.91
Conexión 35	333	0.024	9.31
Conexión 36	332.8	0.0481	9.51
Conexión 37	333	0	9.28
Conexión 38	332.80	0.0481	9.47
Conexión 39	311	0.2404	5.38
Conexión 40	306.4	0.1202	9.97
Conexión 41	308.95	0.0240	5.45
Conexión 42	303.5	0.0481	9.80
Conexión 43	302	0.0240	11.30
Conexión 44	304	0.0481	9.03
Conexión 45	304	0	8.85
Conexión 46	300	0.2885	12.81
Conexión 47	297.9	0.0240	14.90
Conexión 48	302	0.0721	10.80
Conexión 49	299.9	0.2163	8.78
Conexión 50	299.95	0.0240	6.96
Conexión 51	300	0.024	5.64
Conexión 52	290	0.1442	15.60
Conexión 53	292	0.024	13.60
Conexión 54	294	0.024	11.60
Conexión 55	291	0.1202	12.65
Conexión 56	291.15	0.024	10.63
Conexión 57	289.2	0	9.85
Conexión 58	282	0.1922	14.25

Conexión 59	306	0.0481	30.04
Conexión 60	302	0.0481	34.03
Conexión 61	303.15	0.024	32.88
Conexión 62	310.47	0.024	25.56
Conexión 63	302	0.0481	32.92
Conexión 64	307	0.1202	6.50
Conexión 65	305	0.024	8.48
Conexión 66	304.8	0.0721	8.67
Conexión 67	304	0.024	9.48
Conexión 68	303.5	0.024	9.98
Conexión 69	300.64	0.1923	12.17
Conexión 70	300.64	0.024	12.15
Conexión 71	289.89	0.1683	22.90
Conexión 73	300	0.1923	6.35
Conexión 74	296	0.2163	6.00
Conexión 75	296	0.0961	5.99
Conexión 76	296	0.0481	5.53
Conexión 77	296	0.0962	5.52
Conexión 78	295	0.0481	6.11
Conexión 79	293	0.1442	8.07
Conexión 80	285	0.2404	11.97
Conexión 81	283	0.1683	13.93
Conexión 82	281.40	0.0721	10.92
Conexión 83	281.2	0.2163	8.24
Conexión 84	281.2	0.024	8.24
Conexión 85	282.8	0.4087	5.91
Conexión 86	283.6	0.024	5.68
Conexión 87	275	0.0481	14.27

Conexión 88	284.1	0.3125	5.09
Conexión 89	298.3	0.1202	33.25
Conexión 90	299.4	0.024	32.15
Conexión 91	321.65	0.1202	9.81
Conexión 92	292	0.1683	36.35
Conexión 93	298	0.024	30.35
Conexión 94	286.95	0.2163	40.29
Conexión 95	269.90	0.1202	57.29
Conexión 96	281.95	0.6250	42.24
Conexión 97	266	0.2163	24.84
Conexión 99	266.6	0.0240	23.97
Conexión 100	260.4	0.024	30.17
Conexión 101	262	0.024	28.57
Conexión 102	258.76	0	31.65
Conexión 103	258.65	0.0481	31.75
Conexión 104	258.8	0.024	31.60
Conexión 105	256	0.3365	32.89
Conexión 106	259	0.0962	29.89
Conexión 107	252	0.1442	36.86
Conexión 108	265.30	0	22.96
Conexión 109	269.20	0.024	19.06
Conexión 110	265.5	0	22.68
Conexión 111	269.35	0.0481	18.83
Conexión 112	269.40	0.1923	14.77
Conexión 113	270.5	0	13.66
Conexión 114	271.2	0.024	12.96
Conexión 117	270.3	0.5068	9.04
Conexión 118	249	0.8894	25.34

Conexión 105	256	0.3365	32.89
Conexión 106	259	0.0962	29.89
Conexión 107	252	0.1442	36.86
Conexión 108	265.30	0	22.96
Conexión 109	269.20	0.024	19.06
Conexión 110	265.5	0	22.68
Conexión 111	269.35	0.0481	18.83
Conexión 112	269.40	0.1923	14.77
Conexión 113	270.5	0	13.66
Conexión 114	271.2	0.024	12.96
Conexión 117	270.3	0.5068	9.04
Conexión 118	249	0.8894	25.34
Conexión 120	267.10	0.1442	29.20
Conexión 121	262.70	0.0962	33.57
Conexión 122	263	0.024	35.35
Conexión 123	255.2	0.0962	43.11
Conexión 124	287.47	0.4087	28.27
Conexión 125	288	0.0721	27.73
Conexión 126	298.08	0.0721	22.48
Conexión 127	303.2	0.1683	17.29
Conexión 98	271.6	0.0240	18.76
Conexión 115	272.5	0.0240	11.66
Conexión 116	273.5	0.0240	10.66
Conexión 72	307	0.0721	5.78
Embalse 1	88.26	No Disponible	0.00
Depósito 6	348.10	No Disponible	0.50
Depósito 119	279.1	No Disponible	0.50

Fuente: Elaboración propia mediante software EPANET 2.0

Figura 73 Velocidades CMH y tanque lleno del sistema existente

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Velocidad m/s
Tubería 1	1	150	0.60
Tubería 2	149.68	150	0.60
Tubería 4	2598.16	150	0.60
Tubería 5	69.94	150	0.60
Tubería 6	61.88	150	0.81
Tubería 7	64.75	75	0.67
Tubería 8	141.38	50	0.28
Tubería 9	43.61	50	0.05
Tubería 10	46.62	50	0.15
Tubería 11	82.72	50	0.11
Tubería 12	276.90	50	0.97
Tubería 13	51.84	50	0.01
Tubería 14	12.89	50	0.82
Tubería 15	103.22	50	0.47
Tubería 16	230.20	50	0.44
Tubería 17	17.53	50	0.23
Tubería 18	155.96	50	0.13
Tubería 19	44.55	50	0.05
Tubería 20	67.60	50	0.04
Tubería 21	66.09	50	0.09
Tubería 22	9.64	50	0.01
Tubería 23	50.63	50	0.04
Tubería 24	184.75	50	0.16
Tubería 25	226.93	50	0.34
Tubería 26	247.96	50	0.12
Tubería 27	105.69	50	0.09
Tubería 28	13.51	75	2.56
Tubería 29	728.38	75	0.58

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Velocidad m/s
Tubería 58	445.32	50	0.82
Tubería 59	178.55	50	0.05
Tubería 60	28.99	50	0.01
Tubería 61	54.12	50	0.01
Tubería 62	582.55	75	0.33
Tubería 63	169.93	75	0.57
Tubería 64	102.61	50	0.07
Tubería 65	52.70	50	0.04
Tubería 66	49	50	0.02
Tubería 67	22.13	50	0.01
Tubería 68	146.20	75	0.10
Tubería 70	33.10	50	0.13
Tubería 71	128.94	75	0.05
Tubería 72	230	50	1.15
Tubería 73	164.91	50	1.06
Tubería 74	69.08	50	0.05
Tubería 75	24.05	50	0.90
Tubería 76	53.58	50	0.05
Tubería 77	25.3	50	0.82
Tubería 78	176.64	50	0.07
Tubería 79	314.05	50	0.73
Tubería 80	189.54	50	0.09
Tubería 81	103.20	50	0.52
Tubería 82	149.14	50	1.06
Tubería 83	395.66	50	0.53
Tubería 84	23.3	50	0.01
Tubería 85	561.25	50	0.21
Tubería 86	144.63	50	0.20

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Velocidad m/s
Tubería 106	60.94	50	0.05
Tubería 107	181.13	50	0.07
Tubería 109	87.54	50	0.01
Tubería 110	6.86	50	0.66
Tubería 111	88.65	50	0.02
Tubería 112	389.29	50	0.64
Tubería 113	57.79	50	0.04
Tubería 114	9.22	50	0.01
Tubería 117	726.34	50	0.50
Tubería 118	909.19	50	0.45
Tubería 120	504.01	50	0.67
Tubería 121	247.99	50	0.05
Tubería 122	132.64	50	0.79
Tubería 123	473.34	50	0.05
Tubería 124	976.90	50	0.85
Tubería 125	64.45	50	0.04
Tubería 126	169.93	50	1.10
Tubería 127	280.54	50	0.09
Tubería 128	771.54	50	1.22
Tubería 119	193.16	50	0.21
Tubería 108	48.23	38	1.16
Tubería 99	80.06	50	0.30
Tubería 98	120.22	50	0.38
Tubería 130	42.18	50	0.01
Tubería 131	99.21	50	0.01
Tubería 69	49.09	50	0.04
Bomba 3	No Disponible	No Disponible	0.00

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Velocidad m/s
Tubería 30	1177.97	50	0.17
Tubería 31	2.20	75	1.98
Tubería 32	182.19	75	1.37
Tubería 33	85.78	50	0.10
Tubería 34	38.12	50	0.01
Tubería 35	123.11	50	0.02
Tubería 36	2.48	75	1.31
Tubería 37	208.23	50	0.02
Tubería 38	1078.30	75	1.30
Tubería 39	93.71	50	0.06
Tubería 40	93.40	75	1.21
Tubería 41	170.85	75	0.64
Tubería 42	61.91	50	0.01
Tubería 43	43.77	75	0.62
Tubería 44	41.16	75	0.52
Tubería 45	190.79	50	0.20
Tubería 46	83.65	50	0.05
Tubería 47	67.53	50	0.04
Tubería 48	195.04	50	0.94
Tubería 49	27.50	38	1.44
Tubería 50	20.17	38	1.42
Tubería 51	145.66	50	0.10
Tubería 52	49.76	50	0.01
Tubería 53	51.5	50	0.01
Tubería 54	158.28	50	0.71
Tubería 55	45.91	38	1.12
Tubería 56	69.63	38	1.10
Tubería 57	271.76	50	0.64

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Velocidad m/s
Tubería 87	86.57	50	0.02
Tubería 88	773.61	75	0.07
Tubería 89	257.91	50	0.72
Tubería 90	30.8	50	0.07
Tubería 91	631.05	50	0.06
Tubería 92	359.34	50	0.59
Tubería 93	34.05	50	0.01
Tubería 94	174.75	50	0.49
Tubería 95	356.51	50	0.06
Tubería 96	1064.86	50	0.32
Tubería 97	230.41	50	0.49
Tubería 100	53.4	50	0.02
Tubería 101	46.52	50	0.01
Tubería 102	52.90	50	0.33
Tubería 103	26.59	50	0.04
Tubería 104	18.57	50	0.01
Tubería 105	613.82	50	0.29
Tubería 106	60.94	50	0.05
Tubería 107	181.13	50	0.07
Tubería 109	87.54	50	0.01
Tubería 110	6.86	50	0.66
Tubería 111	88.65	50	0.02
Tubería 112	389.29	50	0.64
Tubería 113	57.79	50	0.04
Tubería 114	9.22	50	0.01
Tubería 117	726.34	50	0.50
Tubería 118	909.19	50	0.45
Tubería 120	504.01	50	0.67

Fuente: Elaboración propia mediante software EPANET 2.0

Figura 74 Presiones CMH y Tanque a un tercio del sistema existente

ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Presión m
Conexión 2	88.26	0	0.00
Conexión 3	90.26	0	265.84
Conexión 4	237.94	0	117.45
Conexión 5	336	0	12.78
Conexión 7	334	0	14.32
Conexión 8	340	0.5289	7.86
Conexión 9	319	0.168	28.54
Conexión 10	330	0.096	17.53
Conexión 11	321	0.072	26.51
Conexión 12	322	0.216	25.47
Conexión 13	329	0.2644	12.65
Conexión 14	328.3	0.024	13.35
Conexión 15	328.7	0.024	12.74
Conexión 16	327	0.0481	13.84
Conexión 17	316.5	0.0962	23.14
Conexión 18	316.2	0.0240	23.41
Conexión 19	319	0.0962	20.52
Conexión 20	321	0.0962	18.52
Conexión 21	325.05	0.0721	14.47
Conexión 22	317.6	0.0721	21.99
Conexión 23	317.9	0.0240	21.69
Conexión 24	316.36	0.0721	23.23
Conexión 25	311	0.3125	28.49
Conexión 26	321.5	0.2644	19.19
Conexión 27	316.5	0.2404	24.07
Conexión 28	320.20	0.1683	20.47
Conexión 29	336.22	0.024	11.09
Conexión 30	312	0.6010	31.41
Conexión 31	324.65	0.3365	17.49
Conexión 32	335.55	0.2885	11.65
Conexión 33	333	0.0962	9.34
Conexión 34	332.4	0.1202	9.91
Conexión 35	333	0.024	9.31
Conexión 36	332.8	0.0481	9.51
Conexión 37	333	0	9.28
Conexión 38	332.80	0.0481	9.47
Conexión 39	311	0.2404	5.38
Conexión 40	306.4	0.1202	9.97
Conexión 41	308.95	0.0240	5.45
Conexión 42	303.5	0.0481	9.80
Conexión 43	302	0.0240	11.30
Conexión 44	304	0.0481	9.03
Conexión 45	304	0	8.85
Conexión 46	300	0.2885	12.81
Conexión 47	297.9	0.0240	14.90
Conexión 48	302	0.0721	10.80
Conexión 49	299.9	0.2163	8.78
Conexión 50	299.95	0.0240	6.96
Conexión 51	300	0.024	5.64
Conexión 52	290	0.1442	15.60
Conexión 53	292	0.024	13.60
Conexión 54	294	0.024	11.60
Conexión 55	291	0.1202	12.65
Conexión 56	291.15	0.024	10.63
Conexión 57	289.2	0	9.85
Conexión 58	282	0.1922	14.25
Conexión 59	308	0.0481	30.04
Conexión 60	302	0.0481	34.03
Conexión 61	303.15	0.024	32.88
Conexión 62	310.47	0.024	25.56
Conexión 63	302	0.0481	32.92
Conexión 64	307	0.1202	6.50
Conexión 65	305	0.024	8.48
Conexión 66	304.8	0.0721	8.67
Conexión 67	304	0.024	9.48
Conexión 68	303.5	0.024	9.98
Conexión 69	300.64	0.1923	12.17
Conexión 70	300.64	0.024	12.17
Conexión 71	289.89	0.1683	22.91
Conexión 73	300	0.1923	6.35
Conexión 74	296	0.2163	6.00
Conexión 75	296	0.0961	5.99
Conexión 76	296	0.0481	5.53
Conexión 77	296	0.0962	5.52
Conexión 78	295	0.0481	6.11
Conexión 79	293	0.1442	8.07
Conexión 80	285	0.2404	11.97
Conexión 81	283	0.1683	13.93
Conexión 82	281.40	0.0721	10.92
Conexión 83	281.2	0.2163	8.24
Conexión 84	281.2	0.024	8.24
Conexión 85	282.8	0.4087	5.91
Conexión 86	283.6	0.024	5.68
Conexión 87	275	0.0481	14.27
Conexión 88	284.1	0.3125	5.09
Conexión 89	298.3	0.1202	33.25
Conexión 90	299.4	0.024	32.15
Conexión 91	321.65	0.1202	9.81
Conexión 92	292	0.1683	36.35
Conexión 93	298	0.024	30.35
Conexión 94	286.95	0.2163	40.29
Conexión 95	263.90	0.1202	57.29
Conexión 96	281.95	0.6250	42.24
Conexión 97	266	0.2163	24.84
Conexión 99	266.6	0.0240	23.97
Conexión 100	260.4	0.024	30.17
Conexión 101	262	0.024	28.57
Conexión 102	258.76	0	31.65
Conexión 103	258.65	0.0481	31.75
Conexión 104	258.8	0.024	31.60
Conexión 105	256	0.3365	32.89
Conexión 106	259	0.0962	29.89
Conexión 107	252	0.1442	36.86
Conexión 108	265.30	0	22.96
Conexión 109	269.20	0.024	19.06
Conexión 110	265.5	0	22.68
Conexión 111	269.35	0.0481	18.83
Conexión 112	269.40	0.1923	14.77
Conexión 113	270.5	0	13.66
Conexión 114	271.2	0.024	12.96
Conexión 117	270.3	0.5068	9.04
Conexión 118	249	0.8894	25.34
Conexión 105	256	0.3365	32.89
Conexión 106	259	0.0962	29.89
Conexión 107	252	0.1442	36.86
Conexión 108	265.30	0	22.96
Conexión 109	269.20	0.024	19.06
Conexión 110	265.5	0	22.68
Conexión 111	269.35	0.0481	18.83
Conexión 112	269.40	0.1923	14.77
Conexión 113	270.5	0	13.66
Conexión 114	271.2	0.024	12.96
Conexión 117	270.3	0.5068	9.04
Conexión 118	249	0.8894	25.34
Embalse 1	88.26	No Disponible	0.00
Depósito 6	348.10	No Disponible	0.50
Depósito 119	279.1	No Disponible	0.50

Fuente: Elaboración propia mediante software EPANET 2.0

Figura 75 Presiones sin consumo del sistema existente

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Velocidad m/s
Tubería 1	1	150	0.60
Tubería 2	149.68	150	0.60
Tubería 4	2598.16	150	0.60
Tubería 5	69.94	150	0.60
Tubería 6	61.88	150	0.81
Tubería 7	64.75	75	0.67
Tubería 8	141.38	50	0.28
Tubería 9	43.61	50	0.05
Tubería 10	46.62	50	0.15
Tubería 11	82.72	50	0.11
Tubería 12	276.90	50	0.97
Tubería 13	51.84	50	0.01
Tubería 14	12.89	50	0.82
Tubería 15	103.22	50	0.47
Tubería 16	230.20	50	0.44
Tubería 17	17.53	50	0.23
Tubería 18	155.96	50	0.13
Tubería 19	44.55	50	0.05
Tubería 20	67.60	50	0.04
Tubería 21	66.09	50	0.09
Tubería 22	9.64	50	0.01
Tubería 23	50.63	50	0.04
Tubería 24	184.75	50	0.16
Tubería 25	226.93	50	0.34
Tubería 26	247.96	50	0.12
Tubería 27	105.69	50	0.09
Tubería 28	13.51	75	2.56
Tubería 29	728.38	75	0.58

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Velocidad m/s
Tubería 58	445.92	50	0.82
Tubería 59	178.55	50	0.05
Tubería 60	28.99	50	0.01
Tubería 61	54.12	50	0.01
Tubería 62	582.55	75	0.33
Tubería 63	169.93	75	0.57
Tubería 64	102.61	50	0.07
Tubería 65	52.70	50	0.04
Tubería 66	49	50	0.02
Tubería 67	22.13	50	0.01
Tubería 68	146.20	75	0.10
Tubería 70	33.10	75	0.06
Tubería 71	128.94	75	0.05
Tubería 72	230	50	1.15
Tubería 73	164.91	50	1.06
Tubería 74	69.08	50	0.05
Tubería 75	24.05	50	0.90
Tubería 76	53.58	50	0.05
Tubería 77	25.3	50	0.82
Tubería 78	176.64	50	0.07
Tubería 79	314.05	50	0.73
Tubería 80	189.54	50	0.09
Tubería 81	103.20	50	0.52
Tubería 82	149.14	50	1.06
Tubería 83	395.66	50	0.53
Tubería 84	23.3	50	0.01
Tubería 85	561.25	50	0.21
Tubería 86	144.63	50	0.20

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Velocidad m/s
Tubería 106	60.94	50	0.05
Tubería 107	181.13	50	0.01
Tubería 109	87.54	50	0.01
Tubería 110	6.86	50	0.66
Tubería 111	88.65	50	0.02
Tubería 112	389.29	50	0.64
Tubería 113	57.79	50	0.04
Tubería 114	9.22	50	0.01
Tubería 117	726.34	50	0.50
Tubería 118	909.19	50	0.45
Tubería 120	504.01	50	0.67
Tubería 121	247.99	50	0.05
Tubería 122	132.64	50	0.79
Tubería 123	473.34	50	0.05
Tubería 124	976.90	50	0.85
Tubería 125	64.45	50	0.04
Tubería 126	169.93	50	1.10
Tubería 127	280.54	50	0.09
Tubería 128	771.54	50	1.22
Tubería 119	193.16	50	0.21
Tubería 108	48.23	38	1.16
Tubería 99	80.06	50	0.30
Tubería 98	120.22	50	0.38
Tubería 130	42.18	50	0.01
Tubería 131	99.21	50	0.01
Tubería 69	49.09	50	0.04
Bomba 3	No Disponible	No Disponible	0.00

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Velocidad m/s
Tubería 30	1177.97	50	0.17
Tubería 31	2.20	75	1.98
Tubería 32	182.19	75	1.37
Tubería 33	85.78	50	0.10
Tubería 34	38.12	50	0.01
Tubería 35	123.11	50	0.02
Tubería 36	2.48	75	1.31
Tubería 37	208.23	50	0.02
Tubería 38	1078.30	75	1.30
Tubería 39	93.71	50	0.06
Tubería 40	93.40	75	1.21
Tubería 41	170.85	75	0.64
Tubería 42	61.91	50	0.01
Tubería 43	43.77	75	0.62
Tubería 44	41.16	75	0.52
Tubería 45	190.79	50	0.20
Tubería 46	83.65	50	0.05
Tubería 47	67.53	50	0.04
Tubería 48	195.04	50	0.94
Tubería 49	27.50	38	1.44
Tubería 50	20.17	38	1.42
Tubería 51	145.66	50	0.10
Tubería 52	49.76	50	0.01
Tubería 53	51.5	50	0.01
Tubería 54	158.28	50	0.71
Tubería 55	45.91	38	1.12
Tubería 56	69.63	38	1.10
Tubería 57	271.76	50	0.64

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Velocidad m/s
Tubería 87	86.57	50	0.02
Tubería 88	773.61	75	0.07
Tubería 89	257.91	50	0.72
Tubería 90	30.8	50	0.07
Tubería 91	631.05	50	0.06
Tubería 92	369.34	50	0.59
Tubería 93	34.05	50	0.01
Tubería 94	174.75	50	0.49
Tubería 95	356.51	50	0.06
Tubería 96	1064.86	50	0.32
Tubería 97	230.41	50	0.49
Tubería 100	53.4	50	0.02
Tubería 101	46.52	50	0.01
Tubería 102	52.90	50	0.33
Tubería 103	26.59	50	0.04
Tubería 104	18.57	50	0.01
Tubería 105	613.82	50	0.29
Tubería 106	60.94	50	0.05
Tubería 107	181.13	50	0.07
Tubería 109	87.54	50	0.01
Tubería 110	6.86	50	0.66
Tubería 111	88.65	50	0.02
Tubería 112	389.29	50	0.64
Tubería 113	57.79	50	0.04
Tubería 114	9.22	50	0.01
Tubería 117	726.34	50	0.50
Tubería 118	909.19	50	0.45
Tubería 120	504.01	50	0.67

Fuente: Elaboración propia mediante software Epanet 2.0

Figura 76 Velocidades sin consumo del diseño existente

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Velocidad m/s
Tubería 1	1177.97	150	0.60
Tubería 2	149.68	150	0.60
Tubería 4	2598.16	150	0.60
Tubería 5	69.94	150	0.60
Tubería 6	61.88	150	0.14
Tubería 7	64.75	75	0.00
Tubería 8	141.38	50	0.00
Tubería 9	43.61	50	0.00
Tubería 10	46.62	50	0.00
Tubería 11	82.72	50	0.00
Tubería 12	276.90	50	0.00
Tubería 13	51.84	50	0.00
Tubería 14	12.89	50	0.00
Tubería 15	103.22	50	0.00
Tubería 16	230.20	50	0.00
Tubería 17	17.53	50	0.00
Tubería 18	155.96	50	0.00
Tubería 19	44.55	50	0.00
Tubería 20	67.60	50	0.00
Tubería 21	66.09	50	0.00
Tubería 22	9.64	50	0.00
Tubería 23	50.63	50	0.00
Tubería 24	184.75	50	0.00
Tubería 25	226.93	50	0.00
Tubería 26	247.96	50	0.00
Tubería 27	105.69	50	0.00
Tubería 28	13.51	75	0.55
Tubería 29	728.38	75	0.00

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Velocidad m/s
Tubería 58	445.92	50	0.00
Tubería 59	178.55	50	0.00
Tubería 60	28.99	50	0.00
Tubería 61	54.12	50	0.00
Tubería 62	582.55	75	0.00
Tubería 63	169.93	75	0.19
Tubería 64	102.61	50	0.00
Tubería 65	52.70	50	0.00
Tubería 66	49	50	0.00
Tubería 67	22.13	50	0.00
Tubería 68	146.20	75	0.00
Tubería 70	33.10	75	0.00
Tubería 71	128.94	75	0.00
Tubería 72	230	50	0.43
Tubería 73	164.91	50	0.43
Tubería 74	69.08	50	0.00
Tubería 75	24.05	50	0.43
Tubería 76	53.58	50	0.00
Tubería 77	25.3	50	0.43
Tubería 78	176.64	50	0.00
Tubería 79	314.05	50	0.43
Tubería 80	189.54	50	0.00
Tubería 81	103.20	50	0.43
Tubería 82	149.14	50	0.79
Tubería 83	395.66	50	0.00
Tubería 84	23.3	50	0.00
Tubería 85	561.25	50	0.00
Tubería 86	144.63	50	0.00

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Velocidad m/s
Tubería 106	60.94	50	0.00
Tubería 107	181.13	50	0.00
Tubería 109	87.54	50	0.00
Tubería 110	6.86	50	1.25
Tubería 111	88.65	50	0.00
Tubería 112	389.29	50	1.25
Tubería 113	57.79	50	0.00
Tubería 114	9.22	50	0.00
Tubería 117	726.34	50	1.25
Tubería 118	909.19	50	0.00
Tubería 120	504.01	50	0.46
Tubería 121	247.99	50	0.00
Tubería 122	132.64	50	0.46
Tubería 123	473.34	50	0.00
Tubería 124	976.90	50	0.46
Tubería 125	64.45	50	0.00
Tubería 126	169.93	50	0.46
Tubería 127	280.54	50	0.00
Tubería 128	771.54	50	0.46
Tubería 119	193.16	50	1.25
Tubería 108	48.23	38	2.16
Tubería 99	80.06	50	0.46
Tubería 98	120.22	50	0.79
Tubería 130	42.18	50	0.00
Tubería 131	99.21	50	0.00
Tubería 69	49.09	50	0.00
Bomba 3	No Disponible	No Disponible	0.00

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Velocidad m/s
Tubería 30	1177.97	50	0.00
Tubería 31	2.20	75	0.55
Tubería 32	182.19	75	0.35
Tubería 33	85.78	50	0.00
Tubería 34	38.12	50	0.00
Tubería 35	123.11	50	0.00
Tubería 36	2.48	75	0.35
Tubería 37	208.23	50	0.00
Tubería 38	1078.30	75	0.35
Tubería 39	93.71	50	0.00
Tubería 40	93.40	75	0.35
Tubería 41	170.85	75	0.16
Tubería 42	61.91	50	0.00
Tubería 43	43.77	75	0.16
Tubería 44	41.16	75	0.16
Tubería 45	190.79	50	0.00
Tubería 46	83.65	50	0.00
Tubería 47	67.53	50	0.00
Tubería 48	195.04	50	0.35
Tubería 49	27.50	38	0.61
Tubería 50	20.17	38	0.61
Tubería 51	145.66	50	0.00
Tubería 52	49.76	50	0.00
Tubería 53	51.5	50	0.00
Tubería 54	158.28	50	0.35
Tubería 55	45.91	38	0.61
Tubería 56	69.63	38	0.61
Tubería 57	271.76	50	0.35

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Velocidad m/s
Tubería 87	86.57	50	0.00
Tubería 88	773.61	75	0.00
Tubería 89	257.91	50	0.00
Tubería 90	30.8	50	0.00
Tubería 91	631.05	50	0.00
Tubería 92	359.34	50	0.00
Tubería 93	34.05	50	0.00
Tubería 94	174.75	50	0.00
Tubería 95	356.51	50	0.00
Tubería 96	1064.86	50	0.00
Tubería 97	230.41	50	0.79
Tubería 100	53.4	50	0.00
Tubería 101	46.52	50	0.00
Tubería 102	52.90	50	0.00
Tubería 103	26.59	50	0.00
Tubería 104	18.57	50	0.00
Tubería 105	613.82	50	0.00
Tubería 106	60.94	50	0.00
Tubería 107	181.13	50	0.00
Tubería 109	87.54	50	0.00
Tubería 110	6.86	50	1.25
Tubería 111	88.65	50	0.00
Tubería 112	389.29	50	1.25
Tubería 113	57.79	50	0.00
Tubería 114	9.22	50	0.00
Tubería 117	726.34	50	1.25
Tubería 118	909.19	50	0.00
Tubería 120	504.01	50	0.46

Fuente: Elaboración propia mediante software Epanet 2.0

Figura 77 Presiones CMD del sistema existente

ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Presión m
Conexión 2	88.26	0	0.00
Conexión 3	90.26	0	265.84
Conexión 4	237.94	0	117.45
Conexión 5	336	0	12.78
Conexión 7	334	0	14.45
Conexión 8	340	0.3331	8.26
Conexión 9	319	0.1060	29.12
Conexión 10	330	0.0606	18.12
Conexión 11	321	0.0454	27.11
Conexión 12	322	0.1363	26.09
Conexión 13	329	0.1665	16.62
Conexión 14	328.3	0.0151	17.32
Conexión 15	328.7	0.0151	16.83
Conexión 16	327	0.0303	18.28
Conexión 17	316.5	0.0606	28.27
Conexión 18	316.2	0.0151	28.55
Conexión 19	319	0.0606	25.72
Conexión 20	321	0.0606	23.71
Conexión 21	325.05	0.0454	19.66
Conexión 22	317.6	0.0454	27.15
Conexión 23	317.9	0.0151	26.85
Conexión 24	316.36	0.0454	28.39
Conexión 25	311	0.1968	33.70
Conexión 26	321.5	0.1665	23.71
Conexión 27	316.5	0.1514	28.66
Conexión 28	320.20	0.1060	25.00
Conexión 29	336.22	0.0151	11.67
Conexión 30	312	0.3785	34.24
Conexión 31	324.85	0.2120	20.93
Conexión 32	335.55	0.1817	12.28
Conexión 33	333	0.0606	11.98
Conexión 34	332.4	0.0757	12.56
Conexión 35	333	0.0151	11.96
Conexión 36	332.8	0.0303	12.16
Conexión 37	333	0	11.94
Conexión 38	332.80	0.0303	12.14
Conexión 39	311	0.1514	18.51
Conexión 40	306.4	0.0757	23.10
Conexión 41	308.95	0.0151	19.35
Conexión 42	303.5	0.0303	24.16
Conexión 43	302	0.0151	25.66
Conexión 44	304	0.0303	23.50
Conexión 45	304	0	23.39
Conexión 46	300	0.1817	27.41
Conexión 47	297.9	0.0151	29.50
Conexión 48	302	0.0454	25.40
Conexión 49	299.9	0.1363	24.70
Conexión 50	299.95	0.0151	23.40
Conexión 51	300	0.0151	22.45
Conexión 52	290	0.0908	32.43
Conexión 53	292	0.0151	30.43
Conexión 54	294	0.0151	28.43
Conexión 55	291	0.0757	29.93
Conexión 56	291.15	0.0151	28.29
Conexión 57	289.2	0	28.04
Conexión 58	282	0.1211	32.98
Conexión 59	306	0.0303	37.11
Conexión 60	302	0.0303	41.10
Conexión 61	303.15	0.0151	39.95
Conexión 62	310.47	0.0151	32.63
Conexión 63	302	0.0303	40.63
Conexión 64	307	0.0757	20.72
Conexión 65	305	0.0151	22.71
Conexión 66	304.8	0.0454	22.91
Conexión 67	304	0.0151	23.71
Conexión 68	303.5	0.0151	24.21
Conexión 69	300.64	0.1211	26.74
Conexión 70	300.64	0.0151	26.73
Conexión 71	289.89	0.1060	37.48
Conexión 73	300	0.1211	22.92
Conexión 74	296	0.1363	23.89
Conexión 75	296	0.0606	23.89
Conexión 76	296	0.0303	23.54
Conexión 77	296	0.0606	23.54
Conexión 78	295	0.0303	24.21
Conexión 79	293	0.0908	26.20
Conexión 80	285	0.1514	30.74
Conexión 81	283	0.1060	32.72
Conexión 82	281.40	0.0454	29.80
Conexión 83	281.2	0.1363	28.78
Conexión 84	281.2	0.0151	28.78
Conexión 85	282.8	0.2574	26.87
Conexión 86	283.6	0.0151	26.31
Conexión 87	275	0.0303	34.91
Conexión 88	284.1	0.1968	25.77
Conexión 89	298.3	0.0757	42.90
Conexión 90	299.4	0.0151	41.80
Conexión 91	321.65	0.0757	19.51
Conexión 92	292	0.1060	47.84
Conexión 93	298	0.0151	41.84
Conexión 94	286.95	0.1363	52.42
Conexión 95	269.90	0.0757	69.45
Conexión 96	281.95	0.3937	56.12
Conexión 97	266	0.1363	42.52
Conexión 99	266.6	0.0151	41.11
Conexión 100	260.4	0.0151	47.31
Conexión 101	262	0.0151	45.70
Conexión 102	258.76	0	48.88
Conexión 103	258.65	0.0303	48.99
Conexión 104	258.8	0.0151	48.84
Conexión 105	256	0.2120	50.99
Conexión 106	259	0.0606	47.99
Conexión 107	252	0.0908	54.98
Conexión 108	265.30	0	37.80
Conexión 109	269.20	0.0151	33.90
Conexión 110	265.5	0	37.44
Conexión 111	269.35	0.0303	33.59
Conexión 112	269.40	0.1211	24.85
Conexión 113	270.5	0	23.75
Conexión 114	271.2	0.0151	23.05
Conexión 117	270.3	0.3191	10.27
Conexión 118	249	0.5602	29.45
Conexión 105	256	0.2120	50.99
Conexión 106	259	0.0606	47.99
Conexión 107	252	0.0908	54.98
Conexión 108	265.30	0	37.80
Conexión 109	269.20	0.0151	33.90
Conexión 110	265.5	0	37.44
Conexión 111	269.35	0.0303	33.59
Conexión 112	269.40	0.1211	24.85
Conexión 113	270.5	0	23.75
Conexión 114	271.2	0.0151	23.05
Conexión 117	270.3	0.3191	10.27
Conexión 118	249	0.5602	29.45
Embalse 1	88.26	No Disponible	0.00
Depósito 6	348.10	No Disponible	0.50
Depósito 119	279.1	No Disponible	0.50

Fuente: Elaboración propia mediante software Epanet 2.0

Figura 78 Velocidades CMD del sistema existente

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Velocidad m/s	ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Velocidad m/s	ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Velocidad m/s
Tubería 1	1	150	0.60	Tubería 58	445.93	50	0.52	Tubería 106	60.94	50	0.03
Tubería 2	149.68	150	0.60	Tubería 59	178.55	50	0.03	Tubería 107	181.13	50	0.05
Tubería 4	2598.16	150	0.60	Tubería 60	28.99	50	0.01	Tubería 109	87.54	50	0.01
Tubería 5	69.94	150	0.60	Tubería 61	54.12	50	0.01	Tubería 110	6.86	50	0.98
Tubería 6	61.88	150	0.57	Tubería 62	582.55	75	0.21	Tubería 111	88.65	50	0.02
Tubería 7	64.75	75	0.42	Tubería 63	169.93	75	0.45	Tubería 112	389.29	50	0.96
Tubería 8	141.38	50	0.18	Tubería 64	102.61	50	0.05	Tubería 113	57.79	50	0.02
Tubería 9	43.61	50	0.03	Tubería 65	52.70	50	0.02	Tubería 114	9.22	50	0.01
Tubería 10	46.62	50	0.09	Tubería 66	49	50	0.02	Tubería 117	726.34	50	0.88
Tubería 11	82.72	50	0.07	Tubería 67	22.13	50	0.01	Tubería 118	909.19	50	0.29
Tubería 12	276.90	50	0.61	Tubería 68	146.20	75	0.07	Tubería 120	504.01	50	0.62
Tubería 13	51.84	50	0.01	Tubería 70	33.10	75	0.04	Tubería 121	247.99	50	0.03
Tubería 14	12.89	50	0.52	Tubería 71	128.94	75	0.03	Tubería 122	132.64	50	0.69
Tubería 15	103.22	50	0.29	Tubería 72	230	50	0.93	Tubería 123	473.34	50	0.03
Tubería 16	230.20	50	0.28	Tubería 73	164.91	50	0.87	Tubería 124	976.90	50	0.73
Tubería 17	17.53	50	0.15	Tubería 74	69.08	50	0.03	Tubería 125	64.45	50	0.02
Tubería 18	155.96	50	0.08	Tubería 75	24.05	50	0.77	Tubería 126	169.93	50	0.89
Tubería 19	44.55	50	0.03	Tubería 76	53.58	50	0.03	Tubería 127	280.54	50	0.05
Tubería 20	67.60	50	0.02	Tubería 77	25.3	50	0.72	Tubería 128	771.54	50	0.96
Tubería 21	66.09	50	0.05	Tubería 78	176.64	50	0.05	Tubería 119	193.16	50	0.43
Tubería 22	9.64	50	0.01	Tubería 79	314.05	50	0.66	Tubería 108	48.23	38	1.71
Tubería 23	50.63	50	0.02	Tubería 80	189.54	50	0.05	Tubería 99	80.06	50	0.39
Tubería 24	184.75	50	0.10	Tubería 81	103.20	50	0.53	Tubería 98	120.22	50	0.61
Tubería 25	226.93	50	0.22	Tubería 82	149.14	50	1.03	Tubería 130	42.18	50	0.01
Tubería 26	247.96	50	0.08	Tubería 83	395.66	50	0.33	Tubería 131	99.21	50	0.01
Tubería 27	105.69	50	0.05	Tubería 84	23.3	50	0.01	Tubería 69	49.09	50	0.02
Tubería 28	13.51	75	1.86	Tubería 85	561.25	50	0.13	Bomba 3	No Disponible	No Disponible	0.00
Tubería 29	728.38	75	0.36	Tubería 86	144.63	50	0.12				
Tubería 30	1177.97	50	0.11	Tubería 87	86.57	50	0.02				
Tubería 31	2.20	75	1.50	Tubería 88	773.61	75	0.04				
Tubería 32	182.19	75	1.03	Tubería 89	257.91	50	0.45				
Tubería 33	85.78	50	0.06	Tubería 90	30.8	50	0.05				
Tubería 34	38.12	50	0.01	Tubería 91	631.05	50	0.04				
Tubería 35	123.11	50	0.02	Tubería 92	359.34	50	0.37				
Tubería 36	2.48	75	0.99	Tubería 93	34.05	50	0.01				
Tubería 37	208.23	50	0.02	Tubería 94	174.75	50	0.31				
Tubería 38	1078.30	75	0.98	Tubería 95	366.51	50	0.04				
Tubería 39	93.71	50	0.04	Tubería 96	1064.86	50	0.20				
Tubería 40	93.40	75	0.93	Tubería 97	230.41	50	0.68				
Tubería 41	170.85	75	0.47	Tubería 100	53.4	50	0.02				
Tubería 42	61.91	50	0.01	Tubería 101	46.52	50	0.01				
Tubería 43	43.77	75	0.46	Tubería 102	52.90	50	0.21				
Tubería 44	41.16	75	0.40	Tubería 103	26.59	50	0.02				
Tubería 45	190.79	50	0.12	Tubería 104	18.57	50	0.01				
Tubería 46	83.65	50	0.03	Tubería 105	613.82	50	0.19				
Tubería 47	67.53	50	0.02	Tubería 106	60.94	50	0.03				
Tubería 48	195.04	50	0.76	Tubería 107	181.13	50	0.05				
Tubería 49	27.50	38	1.19	Tubería 109	87.54	50	0.01				
Tubería 50	20.17	38	1.18	Tubería 110	6.86	50	0.98				
Tubería 51	145.66	50	0.06	Tubería 111	88.65	50	0.02				
Tubería 52	49.76	50	0.01	Tubería 112	389.29	50	0.96				
Tubería 53	51.5	50	0.01	Tubería 113	57.79	50	0.02				
Tubería 54	158.28	50	0.61	Tubería 114	9.22	50	0.01				
Tubería 55	45.91	38	0.99	Tubería 117	726.34	50	0.88				
Tubería 56	69.63	38	0.98	Tubería 118	909.19	50	0.29				
Tubería 57	271.76	50	0.57	Tubería 120	504.01	50	0.62				

Fuente: Elaboración propia mediante software Epanet 2.0

Figura 79 Velocidades CMH y tanque lleno del rediseño del sistema

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Velocidad m/s	ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Velocidad m/s	ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Velocidad m/s
Tubería 1	1	150	0.57	Tubería 58	445.52	50	0.80	Tubería 113	57.79	50	0.04
Tubería 2	149.68	150	0.57	Tubería 59	178.55	50	0.05	Tubería 114	9.22	50	0.01
Tubería 4	2598.16	150	0.57	Tubería 60	28.99	50	0.01	Tubería 117	726.34	50	0.32
Tubería 5	69.94	150	0.57	Tubería 61	54.12	50	0.01	Tubería 118	909.19	50	0.44
Tubería 6	61.88	150	0.77	Tubería 62	582.55	50	0.73	Tubería 120	504.01	50	0.28
Tubería 7	64.75	50	1.48	Tubería 63	169.93	75	0.61	Tubería 121	247.99	50	0.05
Tubería 8	141.38	50	0.27	Tubería 64	102.61	50	0.07	Tubería 122	132.64	50	0.40
Tubería 9	43.61	50	0.05	Tubería 65	52.70	50	0.04	Tubería 123	473.34	50	0.05
Tubería 10	46.62	50	0.14	Tubería 66	49	50	0.02	Tubería 124	976.90	50	0.46
Tubería 11	27.23	50	0.11	Tubería 67	22.13	50	0.01	Tubería 125	64.45	50	0.04
Tubería 12	276.90	50	0.94	Tubería 68	146.20	75	0.10	Tubería 126	169.93	50	0.70
Tubería 13	51.84	50	0.01	Tubería 70	33.10	75	0.06	Tubería 127	280.54	50	0.08
Tubería 14	12.89	50	0.80	Tubería 71	128.94	75	0.05	Tubería 128	771.54	50	0.82
Tubería 15	103.22	50	0.45	Tubería 72	230	50	1.25	Tubería 119	193.16	50	0.38
Tubería 16	230.20	50	0.43	Tubería 73	164.91	50	1.15	Tubería 108	48.23	38	0.84
Tubería 17	17.53	50	0.23	Tubería 74	69.08	50	0.05	Tubería 99	80.06	50	0.08
Tubería 18	155.96	50	0.13	Tubería 75	24.05	50	1.00	Tubería 98	120.22	50	0.58
Tubería 19	44.55	50	0.05	Tubería 76	53.58	50	0.05	Tubería 130	42.18	50	0.01
Tubería 20	67.60	50	0.04	Tubería 77	25.3	50	0.92	Tubería 131	99.21	50	0.01
Tubería 21	66.09	50	0.08	Tubería 78	176.64	50	0.07	Tubería 69	49.09	50	0.04
Tubería 22	9.64	50	0.01	Tubería 79	314.05	50	0.83				
Tubería 23	50.63	50	0.04	Tubería 80	189.54	50	0.08				
Tubería 24	184.75	50	0.16	Tubería 81	103.20	50	0.63				
Tubería 25	226.93	50	0.33	Tubería 82	149.14	50	1.23				
Tubería 26	247.96	50	0.12	Tubería 83	395.66	50	0.51				
Tubería 27	105.69	50	0.08	Tubería 84	23.3	50	0.01				
Tubería 28	13.51	75	2.43	Tubería 85	561.25	50	0.20				
Tubería 29	728.38	75	0.56	Tubería 86	144.63	50	0.19				
ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Velocidad m/s	ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Velocidad m/s				
Tubería 30	1177.97	50	0.17	Tubería 87	86.57	50	0.02				
Tubería 31	2.20	50	4.18	Tubería 88	773.61	75	0.07				
Tubería 32	182.19	75	1.43	Tubería 89	257.91	50	0.70				
Tubería 33	85.78	50	0.10	Tubería 90	30.8	50	0.07				
Tubería 34	38.12	50	0.01	Tubería 91	631.05	75	0.03				
Tubería 35	123.11	50	0.02	Tubería 92	369.34	50	0.57				
Tubería 36	2.48	75	1.37	Tubería 93	34.05	50	0.01				
Tubería 37	208.23	50	0.02	Tubería 94	174.75	50	0.48				
Tubería 38	1078.30	75	1.36	Tubería 95	356.51	50	0.06				
Tubería 39	93.71	50	0.06	Tubería 96	1064.86	50	0.31				
Tubería 40	93.40	75	1.28	Tubería 97	230.41	50	0.69				
Tubería 41	170.85	50	1.48	Tubería 100	53.4	50	0.02				
Tubería 42	61.91	50	0.01	Tubería 101	46.52	50	0.01				
Tubería 43	43.77	75	0.64	Tubería 102	52.90	50	0.32				
Tubería 44	41.16	75	0.55	Tubería 103	26.59	50	0.04				
Tubería 45	190.79	50	0.19	Tubería 104	18.57	50	0.01				
Tubería 46	83.65	50	0.05	Tubería 105	613.82	50	0.29				
Tubería 47	67.53	50	0.04	Tubería 106	60.94	50	0.05				
Tubería 48	195.04	50	1.00	Tubería 107	181.13	50	0.07				
Tubería 49	27.50	50	0.90	Tubería 109	87.54	50	0.01				
Tubería 50	20.17	50	0.88	Tubería 110	6.86	50	0.48				
Tubería 51	145.66	50	0.10	Tubería 111	88.65	50	0.02				
Tubería 52	49.76	50	0.01	Tubería 112	389.29	50	0.45				
Tubería 53	51.5	50	0.01	Tubería 113	57.79	50	0.04				
Tubería 54	158.28	50	0.78	Tubería 114	9.22	50	0.01				
Tubería 55	45.91	50	0.72	Tubería 117	726.34	50	0.32				
Tubería 56	69.63	50	0.71	Tubería 118	909.19	50	0.44				
Tubería 57	271.76	50	0.71	Tubería 120	504.01	50	0.28				

Fuente: Elaboración propia mediante software Epanet 2.0

Figura 80 Presiones CMH y tanque lleno del rediseño del sistema.

ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Presión m	ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Presión m	ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Presión m
Conexión 2	88.26	0	0.00	Conexión 59	306	0.0469	33.97	Conexión 111	269.35	0.0469	19.70
Conexión 3	90.26	0	275.32	Conexión 60	302	0.0469	37.95	Conexión 112	269.40	0.1876	17.52
Conexión 4	237.94	0	126.98	Conexión 61	303.15	0.0235	36.80	Conexión 113	270.5	0	16.42
Conexión 5	336	0	22.77	Conexión 62	310.47	0.0235	29.48	Conexión 114	271.2	0.0235	15.72
Conexión 7	334	0	24.35	Conexión 63	302	0.0469	30.23	Conexión 117	270.3	0.5160	14.52
Conexión 8	340	0.5160	15.15	Conexión 64	307	0.1173	13.02	Conexión 118	249	0.8678	31.04
Conexión 9	319	0.1642	35.84	Conexión 65	305	0.0235	15.00	Conexión 120	267.10	0.1407	24.28
Conexión 10	330	0.0938	24.84	Conexión 66	304.8	0.0704	15.20	Conexión 121	262.70	0.0938	28.65
Conexión 11	321	0.0704	33.81	Conexión 67	304	0.0235	16.00	Conexión 122	263	0.0235	28.95
Conexión 12	322	0.2111	32.80	Conexión 68	303.5	0.0235	16.50	Conexión 123	255.2	0.0938	27.76
Conexión 13	329	0.2580	20.22	Conexión 69	300.64	0.1876	11.44	Conexión 124	287.47	0.3987	48.32
Conexión 14	328.3	0.0235	20.92	Conexión 70	300.64	0.0235	11.44	Conexión 125	288	0.0704	47.79
Conexión 15	328.7	0.0235	20.32	Conexión 71	289.89	0.1642	22.18	Conexión 126	298.08	0.0704	39.79
Conexión 16	327	0.0469	21.44	Conexión 73	300	0.1876	11.78	Conexión 127	303.2	0.1642	34.61
Conexión 17	316.5	0.0938	30.79	Conexión 74	296	0.2111	10.68	Conexión 98	271.6	0.0235	18.65
Conexión 18	316.2	0.0235	31.07	Conexión 75	296	0.0938	10.67	Conexión 115	272.5	0.0235	14.42
Conexión 19	319	0.0938	28.18	Conexión 76	296	0.0469	10.11	Conexión 116	273.5	0.0235	13.42
Conexión 20	321	0.0938	26.18	Conexión 77	296	0.0938	10.11	Conexión 72	307	0.0704	5.07
Conexión 21	325.05	0.0704	22.13	Conexión 78	295	0.0469	10.59	Conexión ALUX/V4	312	0	35.00
Conexión 22	317.6	0.0704	29.65	Conexión 79	293	0.1407	12.56	Conexión ALUX/V5	292	0	15.00
Conexión 23	317.9	0.0235	29.35	Conexión 80	285	0.2345	15.31	Conexión ALUX/V6	266.6	0	20.00
Conexión 24	316.36	0.0704	30.89	Conexión 81	283	0.1642	17.26	Conexión ALUX/V2	263	0	20.00
Conexión 25	311	0.3049	36.15	Conexión 82	281.40	0.0704	12.62	Conexión ALUX/V3	287.47	0	10.00
Conexión 26	321.5	0.2580	26.80	Conexión 83	281.2	0.2111	10.07	Conexión ALUX/V1	335.55	0	15.00
Conexión 27	316.5	0.2345	31.69	Conexión 84	281.2	0.0235	10.07	Embalise 1	88.26	No Disponible	0.00
Conexión 28	320.20	0.1642	28.08	Conexión 85	282.8	0.3987	7.78	Depósito 6	358.10	No Disponible	0.50
Conexión 29	336.22	0.0235	21.22	Conexión 86	283.6	0.0235	7.51	Depósito 119	285.1	No Disponible	0.50
Conexión 30	312	0.5863	41.70	Conexión 87	275	0.0469	16.11				
ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Presión m	ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Presión m				
Conexión 31	324.85	0.3283	27.83	Conexión 88	284.1	0.3049	6.93				
Conexión 32	335.55	0.2814	21.14	Conexión 89	298.3	0.1173	30.72				
Conexión 33	333	0.0938	18.44	Conexión 90	299.4	0.0235	29.61				
Conexión 34	332.4	0.1173	19.02	Conexión 91	321.65	0.1173	7.35				
Conexión 35	333	0.0235	18.42	Conexión 92	292	0.1642	33.96				
Conexión 36	332.8	0.0469	18.61	Conexión 93	298	0.0235	27.96				
Conexión 37	333	0	18.38	Conexión 94	286.95	0.2111	18.99				
Conexión 38	332.80	0.0469	18.57	Conexión 95	269.90	0.1173	35.99				
Conexión 39	311	0.2345	12.22	Conexión 96	281.95	0.6098	21.08				
Conexión 40	306.4	0.1173	16.81	Conexión 97	266	0.2111	25.29				
Conexión 41	308.95	0.0235	12.09	Conexión 99	266.6	0.0235	23.64				
Conexión 42	303.5	0.0469	9.10	Conexión 100	260.4	0.0235	29.84				
Conexión 43	302	0.0235	10.60	Conexión 101	262	0.0235	28.23				
Conexión 44	304	0.0469	8.31	Conexión 102	258.76	0	27.68				
Conexión 45	304	0	8.11	Conexión 103	258.65	0.0469	27.79				
Conexión 46	300	0.2814	12.10	Conexión 104	258.8	0.0235	27.64				
Conexión 47	297.9	0.0235	14.19	Conexión 105	256	0.3283	29.00				
Conexión 48	302	0.0704	10.09	Conexión 106	259	0.0938	25.99				
Conexión 49	299.9	0.2111	7.52	Conexión 107	252	0.1407	32.97				
Conexión 50	299.95	0.0235	6.94	Conexión 108	265.30	0	23.80				
Conexión 51	300	0.0235	6.50	Conexión 109	269.20	0.0235	19.89				
Conexión 52	290	0.1407	16.46	Conexión 110	265.5	0	23.55				
Conexión 53	292	0.0235	14.46	Conexión 111	269.35	0.0469	19.70				
Conexión 54	294	0.0235	12.46	Conexión 112	269.40	0.1876	17.52				
Conexión 55	291	0.1173	13.14	Conexión 113	270.5	0	16.42				
Conexión 56	291.15	0.0235	12.40	Conexión 114	271.2	0.0235	15.72				
Conexión 57	289.2	0	13.47	Conexión 117	270.3	0.5160	14.52				
Conexión 58	282	0.1877	17.28	Conexión 118	249	0.8678	31.04				

Fuente: Elaboración propia mediante software Epanet 2.0

Figura 81 Presiones y tanque a un tercio del rediseño del sistema

ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Presión m	ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Presión m	ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Presión m
Conexión 2	88.26	0	0.00	Conexión 59	309	0.0469	30.69	Conexión 111	269.35	0.0469	18.17
Conexión 3	90.26	0	265.84	Conexión 60	302	0.0469	34.68	Conexión 112	269.40	0.1876	16.53
Conexión 4	237.94	0	117.45	Conexión 61	303.15	0.0235	33.53	Conexión 113	270.5	0	15.42
Conexión 5	336	0	12.78	Conexión 62	310.47	0.0235	26.21	Conexión 114	271.2	0.0235	14.72
Conexión 7	334	0	14.35	Conexión 63	302	0.0469	33.62	Conexión 117	270.3	0.5160	14.25
Conexión 8	340	0.5160	7.91	Conexión 64	307	0.1173	6.29	Conexión 118	249	0.8678	30.77
Conexión 9	319	0.1642	28.60	Conexión 65	305	0.0235	8.27	Conexión 120	267.10	0.1407	22.90
Conexión 10	330	0.0938	17.60	Conexión 66	304.8	0.0704	8.47	Conexión 121	262.70	0.0938	27.28
Conexión 11	321	0.0704	26.57	Conexión 67	304	0.0235	9.27	Conexión 122	263	0.0235	27.73
Conexión 12	322	0.2111	25.56	Conexión 68	303.5	0.0235	9.77	Conexión 123	255.2	0.0938	27.76
Conexión 13	329	0.2580	12.98	Conexión 69	300.64	0.1876	11.99	Conexión 124	287.47	0.3987	43.28
Conexión 14	328.3	0.0235	13.68	Conexión 70	300.64	0.0235	11.99	Conexión 125	288	0.0704	42.75
Conexión 15	328.7	0.0235	13.07	Conexión 71	289.89	0.1642	22.73	Conexión 126	298.08	0.0704	35.05
Conexión 16	327	0.0469	14.20	Conexión 73	300	0.1876	5.84	Conexión 127	303.2	0.1642	29.87
Conexión 17	316.5	0.0938	23.55	Conexión 74	296	0.2111	5.28	Conexión 98	271.6	0.0235	16.84
Conexión 18	316.2	0.0235	23.83	Conexión 75	296	0.0938	5.27	Conexión 115	272.5	0.0235	13.42
Conexión 19	319	0.0938	20.94	Conexión 76	296	0.0469	5.21	Conexión 116	273.5	0.0235	12.42
Conexión 20	321	0.0938	18.93	Conexión 77	296	0.0938	5.20	Conexión 72	307	0.0704	5.62
Conexión 21	325.05	0.0704	14.88	Conexión 78	295	0.0469	5.76	Conexión AUX-V4	312	0	31.73
Conexión 22	317.6	0.0704	22.41	Conexión 79	293	0.1407	7.72	Conexión AUX-V5	292	0	15.00
Conexión 23	317.9	0.0235	22.11	Conexión 80	285	0.2345	11.24	Conexión AUX-V6	266.6	0	20.00
Conexión 24	316.36	0.0704	23.65	Conexión 81	283	0.1642	13.19	Conexión AUX-V2	263	0	20.00
Conexión 25	311	0.3049	28.91	Conexión 82	281.40	0.0704	9.64	Conexión AUX-V3	287.47	0	10.00
Conexión 26	321.5	0.2580	19.56	Conexión 83	281.2	0.2111	9.46	Conexión AUX-V1	335.55	0	11.81
Conexión 27	316.5	0.2345	24.45	Conexión 84	281.2	0.0235	9.46	Embalse 1	88.26	No Disponible	0.00
Conexión 28	320.20	0.1642	20.84	Conexión 85	282.8	0.3987	7.16	Depósito 6	348.10	No Disponible	0.50
Conexión 29	336.22	0.0235	11.24	Conexión 86	283.6	0.0235	6.90	Depósito 119	285.1	No Disponible	0.50
Conexión 30	312	0.5863	31.73	Conexión 87	275	0.0469	15.49				
ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Presión m	ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Presión m				
Conexión 31	324.65	0.3283	17.86	Conexión 88	284.1	0.3049	6.31				
Conexión 32	335.55	0.2814	11.81	Conexión 89	298.3	0.1173	34.10				
Conexión 33	333	0.0938	9.46	Conexión 90	299.4	0.0235	33.00				
Conexión 34	332.4	0.1173	10.03	Conexión 91	321.65	0.1173	10.74				
Conexión 35	333	0.0235	9.43	Conexión 92	292	0.1642	37.34				
Conexión 36	332.8	0.0469	9.63	Conexión 93	298	0.0235	31.34				
Conexión 37	333	0	9.40	Conexión 94	286.95	0.2111	18.99				
Conexión 38	332.80	0.0469	9.59	Conexión 95	263.90	0.1173	35.99				
Conexión 39	311	0.2345	5.23	Conexión 96	281.95	0.6098	21.08				
Conexión 40	306.4	0.1173	9.82	Conexión 97	266	0.2111	23.12				
Conexión 41	308.95	0.0235	5.27	Conexión 99	266.6	0.0235	21.83				
Conexión 42	303.5	0.0469	9.62	Conexión 100	260.4	0.0235	28.03				
Conexión 43	302	0.0235	11.12	Conexión 101	262	0.0235	26.43				
Conexión 44	304	0.0469	8.85	Conexión 102	258.76	0	27.68				
Conexión 45	304	0	8.66	Conexión 103	258.65	0.0469	27.79				
Conexión 46	300	0.2814	12.64	Conexión 104	258.8	0.0235	27.64				
Conexión 47	297.9	0.0235	14.73	Conexión 105	256	0.3283	29.00				
Conexión 48	302	0.0704	10.63	Conexión 106	259	0.0938	25.99				
Conexión 49	299.9	0.2111	8.51	Conexión 107	252	0.1407	32.97				
Conexión 50	299.95	0.0235	6.63	Conexión 108	265.30	0	22.25				
Conexión 51	300	0.0235	5.28	Conexión 109	269.20	0.0235	18.35				
Conexión 52	290	0.1407	15.23	Conexión 110	265.5	0	22.02				
Conexión 53	292	0.0235	13.23	Conexión 111	269.35	0.0469	18.17				
Conexión 54	294	0.0235	11.23	Conexión 112	269.40	0.1876	16.53				
Conexión 55	291	0.1173	12.19	Conexión 113	270.5	0	15.42				
Conexión 56	291.15	0.0235	10.08	Conexión 114	271.2	0.0235	14.72				
Conexión 57	289.2	0	9.15	Conexión 117	270.3	0.5160	14.25				
Conexión 58	282	0.1877	13.40	Conexión 118	249	0.8678	30.77				

Fuente: Elaboración propia mediante software Epanet 2.0

Figura 82 Velocidades y tanque a un tercio del rediseño del sistema

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Velocidad m/s	ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Velocidad m/s	ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Velocidad m/s
Tubería 1	1	150	0.60	Tubería 58	445.52	50	0.80	Tubería 113	57.79	50	0.04
Tubería 2	143.68	150	0.60	Tubería 59	178.55	50	0.05	Tubería 114	9.22	50	0.01
Tubería 4	2598.16	150	0.60	Tubería 60	28.99	50	0.01	Tubería 117	726.34	50	0.25
Tubería 5	69.94	150	0.60	Tubería 61	54.12	50	0.01	Tubería 118	909.19	50	0.44
Tubería 6	61.88	150	0.76	Tubería 62	582.55	75	0.32	Tubería 120	504.01	50	0.33
Tubería 7	64.75	75	0.66	Tubería 63	169.93	75	0.58	Tubería 121	247.99	50	0.05
Tubería 8	141.38	50	0.27	Tubería 64	102.61	50	0.07	Tubería 122	132.64	50	0.45
Tubería 9	43.61	50	0.05	Tubería 65	52.70	50	0.04	Tubería 123	473.34	50	0.05
Tubería 10	46.62	50	0.14	Tubería 66	49	50	0.02	Tubería 124	976.90	50	0.51
Tubería 11	27.23	50	0.11	Tubería 67	22.13	50	0.01	Tubería 125	64.45	50	0.04
Tubería 12	276.90	50	0.94	Tubería 68	146.20	75	0.10	Tubería 126	169.93	50	0.75
Tubería 13	51.84	50	0.01	Tubería 70	33.10	75	0.06	Tubería 127	280.54	50	0.08
Tubería 14	12.89	50	0.80	Tubería 71	128.94	75	0.05	Tubería 128	771.54	50	0.87
Tubería 15	103.22	50	0.45	Tubería 72	230	50	1.18	Tubería 119	193.16	50	0.45
Tubería 16	230.20	50	0.43	Tubería 73	164.91	50	1.08	Tubería 108	48.23	38	0.73
Tubería 17	17.53	50	0.23	Tubería 74	69.08	50	0.05	Tubería 99	80.06	50	0.03
Tubería 18	155.96	50	0.13	Tubería 75	24.05	75	0.41	Tubería 98	120.22	50	0.46
Tubería 19	44.55	50	0.05	Tubería 76	53.58	50	0.05	Tubería 130	42.18	50	0.01
Tubería 20	67.60	50	0.04	Tubería 77	25.3	50	0.86	Tubería 131	99.21	50	0.01
Tubería 21	66.09	50	0.08	Tubería 78	176.64	50	0.07	Tubería 69	49.09	50	0.04
Tubería 22	9.64	50	0.01	Tubería 79	314.05	50	0.76	Bomba 3	No Disponible	No Disponible	0.00
Tubería 23	50.63	50	0.04	Tubería 80	189.54	50	0.08	Válvula V-4	No Disponible	50	0.80
Tubería 24	184.75	50	0.16	Tubería 81	103.20	50	0.56	Válvula V-5	No Disponible	50	0.48
Tubería 25	226.93	50	0.33	Tubería 82	149.14	50	1.12	Válvula V-6	No Disponible	50	0.32
Tubería 26	247.96	50	0.12	Tubería 83	395.66	75	0.23	Válvula V-2	No Disponible	50	0.05
Tubería 27	105.69	50	0.08	Tubería 84	23.3	50	0.01	Válvula V-3	No Disponible	50	0.51
Tubería 28	13.51	75	2.40	Tubería 85	561.25	50	0.20	Válvula V-1	No Disponible	50	0.87
Tubería 29	728.38	75	0.56	Tubería 86	144.63	50	0.19				
ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Velocidad m/s	ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Velocidad m/s				
Tubería 30	1177.97	50	0.17	Tubería 87	86.57	50	0.02				
Tubería 31	2.20	75	1.83	Tubería 88	773.61	75	0.07				
Tubería 32	182.19	75	1.38	Tubería 89	257.91	50	0.70				
Tubería 33	85.78	50	0.10	Tubería 90	30.8	50	0.07				
Tubería 34	38.12	50	0.01	Tubería 91	631.05	75	0.03				
Tubería 35	123.11	50	0.02	Tubería 92	359.34	50	0.57				
Tubería 36	2.48	75	1.31	Tubería 93	34.05	50	0.01				
Tubería 37	208.23	50	0.02	Tubería 94	174.75	50	0.48				
Tubería 38	1078.30	75	1.30	Tubería 95	366.51	50	0.06				
Tubería 39	93.71	50	0.06	Tubería 96	1064.86	50	0.31				
Tubería 40	93.40	75	1.22	Tubería 97	230.41	50	0.57				
Tubería 41	170.85	75	0.64	Tubería 100	53.4	50	0.02				
Tubería 42	61.91	50	0.01	Tubería 101	46.52	50	0.01				
Tubería 43	43.77	75	0.62	Tubería 102	52.90	50	0.32				
Tubería 44	41.16	75	0.52	Tubería 103	26.59	50	0.04				
Tubería 45	190.79	50	0.19	Tubería 104	18.57	50	0.01				
Tubería 46	83.65	50	0.05	Tubería 105	613.82	50	0.29				
Tubería 47	67.53	50	0.04	Tubería 106	60.94	50	0.05				
Tubería 48	195.04	50	0.95	Tubería 107	181.13	50	0.07				
Tubería 49	27.50	38	1.46	Tubería 109	87.54	50	0.01				
Tubería 50	20.17	38	1.44	Tubería 110	6.86	50	0.41				
Tubería 51	145.66	50	0.10	Tubería 111	88.65	50	0.02				
Tubería 52	49.76	50	0.01	Tubería 112	389.29	50	0.39				
Tubería 53	51.5	50	0.01	Tubería 113	57.79	50	0.04				
Tubería 54	158.28	50	0.73	Tubería 114	9.22	50	0.01				
Tubería 55	45.91	38	1.15	Tubería 117	726.34	50	0.25				
Tubería 56	69.63	38	1.13	Tubería 118	909.19	50	0.44				
Tubería 57	271.76	50	0.65	Tubería 120	504.01	50	0.33				

Figura 83 Velocidades sin consumo del rediseño del sistema

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Velocidad m/s	ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Velocidad m/s	ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Velocidad m/s
Tubería 1	1	150	0.60	Tubería 58	445.92	50	0.00	Tubería 113	57.79	50	0.00
Tubería 2	149.68	150	0.60	Tubería 59	178.55	50	0.00	Tubería 114	9.22	50	0.00
Tubería 4	2598.16	150	0.60	Tubería 60	28.99	50	0.00	Tubería 117	726.34	50	0.86
Tubería 5	69.94	150	0.60	Tubería 61	54.12	50	0.00	Tubería 118	909.19	50	0.00
Tubería 6	61.88	150	0.10	Tubería 62	582.55	50	0.00	Tubería 120	504.01	50	0.00
Tubería 7	64.75	75	0.00	Tubería 63	169.93	50	0.49	Tubería 121	247.99	50	0.00
Tubería 8	141.38	50	0.00	Tubería 64	102.61	50	0.00	Tubería 122	132.64	50	0.00
Tubería 9	43.61	50	0.00	Tubería 65	52.70	50	0.00	Tubería 123	473.34	50	0.00
Tubería 10	46.62	50	0.00	Tubería 66	49	50	0.00	Tubería 124	976.90	50	0.00
Tubería 11	27.23	50	0.00	Tubería 67	22.13	50	0.00	Tubería 125	64.45	50	0.00
Tubería 12	276.90	50	0.00	Tubería 68	146.20	50	0.00	Tubería 126	169.93	50	0.00
Tubería 13	51.84	50	0.00	Tubería 70	33.10	50	0.00	Tubería 127	280.54	50	0.00
Tubería 14	12.89	50	0.00	Tubería 71	128.94	50	0.00	Tubería 128	771.54	50	0.00
Tubería 15	103.22	50	0.00	Tubería 72	230	50	0.49	Tubería 119	193.16	50	0.86
Tubería 16	230.20	50	0.00	Tubería 73	164.91	50	0.49	Tubería 108	48.23	38	1.49
Tubería 17	17.53	50	0.00	Tubería 74	69.08	50	0.00	Tubería 99	80.06	50	0.00
Tubería 18	155.96	50	0.00	Tubería 75	24.05	50	0.49	Tubería 98	120.22	50	0.86
Tubería 19	44.55	50	0.00	Tubería 76	53.58	50	0.00	Tubería 130	42.18	50	0.00
Tubería 20	67.60	50	0.00	Tubería 77	25.3	50	0.49	Tubería 131	99.21	50	0.00
Tubería 21	66.09	50	0.00	Tubería 78	176.64	50	0.00	Tubería 69	49.09	50	0.00
Tubería 22	9.64	50	0.00	Tubería 79	314.05	50	0.49	Bomba 3	No Disponible	No Disponible	0.00
Tubería 23	50.63	50	0.00	Tubería 80	189.54	50	0.00	Válvula V-1	No Disponible	50	0.00
Tubería 24	184.75	50	0.00	Tubería 81	103.20	50	0.49	Válvula V-2	No Disponible	50	0.00
Tubería 25	226.93	50	0.00	Tubería 82	149.14	50	0.86	Válvula V-4	No Disponible	50	0.00
Tubería 26	247.96	50	0.00	Tubería 83	395.66	50	0.00	Válvula V-3	No Disponible	50	0.00
Tubería 27	105.69	50	0.00	Tubería 84	23.3	50	0.00	Válvula V-5	No Disponible	50	0.00
Tubería 28	13.51	75	0.38	Tubería 85	561.25	50	0.00	Válvula V-6	No Disponible	50	0.00
Tubería 29	728.38	75	0.00	Tubería 86	144.63	50	0.00				
ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Velocidad m/s	ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Velocidad m/s				
Tubería 30	1177.97	50	0.00	Tubería 87	86.57	50	0.00				
Tubería 31	2.20	50	0.86	Tubería 88	773.61	50	0.00				
Tubería 32	182.19	75	0.38	Tubería 89	257.91	50	0.00				
Tubería 33	85.78	50	0.00	Tubería 90	30.8	50	0.00				
Tubería 34	38.12	50	0.00	Tubería 91	631.05	50	0.00				
Tubería 35	123.11	50	0.00	Tubería 92	359.34	50	0.00				
Tubería 36	2.48	50	0.86	Tubería 93	34.05	50	0.00				
Tubería 37	208.23	50	0.00	Tubería 94	174.75	50	0.00				
Tubería 38	1078.30	50	0.86	Tubería 95	356.51	50	0.00				
Tubería 39	93.71	50	0.00	Tubería 96	1064.86	50	0.00				
Tubería 40	93.40	38	1.49	Tubería 97	230.41	50	0.86				
Tubería 41	170.85	50	0.37	Tubería 100	53.4	50	0.00				
Tubería 42	61.91	50	0.00	Tubería 101	46.52	50	0.00				
Tubería 43	43.77	38	0.64	Tubería 102	52.90	50	0.00				
Tubería 44	41.16	38	0.64	Tubería 103	26.59	50	0.00				
Tubería 45	190.79	50	0.00	Tubería 104	18.57	50	0.00				
Tubería 46	83.65	50	0.00	Tubería 105	613.82	50	0.00				
Tubería 47	67.53	50	0.00	Tubería 106	60.94	50	0.00				
Tubería 48	195.04	50	0.37	Tubería 107	181.13	50	0.00				
Tubería 49	27.50	38	0.64	Tubería 109	87.54	50	0.00				
Tubería 50	20.17	38	0.64	Tubería 110	6.86	50	0.86				
Tubería 51	145.66	50	0.00	Tubería 111	88.65	50	0.00				
Tubería 52	49.76	50	0.00	Tubería 112	389.29	50	0.86				
Tubería 53	51.5	50	0.00	Tubería 113	57.79	50	0.00				
Tubería 54	158.28	50	0.37	Tubería 114	9.22	50	0.00				
Tubería 55	45.91	38	0.64	Tubería 117	726.34	50	0.86				
Tubería 56	69.63	38	0.64	Tubería 118	909.19	50	0.00				
Tubería 57	271.76	50	0.37	Tubería 120	504.01	50	0.00				

Fuente: Elaboración propia mediante software Epanet 2.0

Figura 84 Presiones sin consumo del rediseño del sistema

ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Presión m	ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Presión m	ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Presión m
Conexión 2	98.26	0	0.00	Conexión 59	306	0	26.00	Conexión 111	269.35	0	33.83
Conexión 3	90.26	0	265.84	Conexión 60	302	0	30.00	Conexión 112	269.40	0	26.76
Conexión 4	237.94	0	117.45	Conexión 61	303.15	0	28.85	Conexión 113	270.5	0	25.66
Conexión 5	336	0	12.78	Conexión 62	310.47	0	21.53	Conexión 114	271.2	0	24.96
Conexión 7	334	0	14.59	Conexión 63	302	0	30.00	Conexión 117	270.3	0	12.78
Conexión 8	340	0	8.59	Conexión 64	307	0	14.10	Conexión 118	249	0	34.08
Conexión 9	319	0	29.59	Conexión 65	305	0	16.10	Conexión 120	267.10	0	39.51
Conexión 10	330	0	18.59	Conexión 66	304.8	0	16.30	Conexión 121	262.70	0	43.91
Conexión 11	321	0	27.59	Conexión 67	304	0	17.10	Conexión 122	263	0	43.61
Conexión 12	322	0	26.59	Conexión 68	303.5	0	17.60	Conexión 123	255.2	0	27.80
Conexión 13	329	0	19.59	Conexión 69	300.64	0	19.67	Conexión 124	287.47	0	25.61
Conexión 14	328.3	0	20.29	Conexión 70	300.64	0	19.67	Conexión 125	288	0	25.08
Conexión 15	328.7	0	19.89	Conexión 71	289.89	0	30.42	Conexión 126	298.08	0	15.00
Conexión 16	327	0	21.59	Conexión 73	300	0	19.63	Conexión 127	303.2	0	9.88
Conexión 17	316.5	0	32.09	Conexión 74	296	0	22.58	Conexión 98	271.6	0	35.01
Conexión 18	316.2	0	32.39	Conexión 75	296	0	22.58	Conexión 115	272.5	0	23.66
Conexión 19	319	0	29.59	Conexión 76	296	0	22.43	Conexión 116	273.5	0	22.66
Conexión 20	321	0	27.59	Conexión 77	296	0	22.43	Conexión 72	307	0	13.31
Conexión 21	325.05	0	23.54	Conexión 78	295	0	23.27	Conexión ALU-V1	335.55	0	12.98
Conexión 22	317.6	0	30.99	Conexión 79	293	0	25.27	Conexión ALU-V2	263	0	20.00
Conexión 23	317.9	0	30.69	Conexión 80	285	0	31.27	Conexión ALU-V4	312	0	20.00
Conexión 24	316.36	0	32.23	Conexión 81	283	0	33.27	Conexión ALU-V3	287.47	0	19.14
Conexión 25	311	0	37.59	Conexión 82	281.40	0	31.52	Conexión ALU-V5	292	0	20.00
Conexión 26	321.5	0	27.09	Conexión 83	281.2	0	31.72	Conexión ALU-V6	266.6	0	20.00
Conexión 27	316.5	0	32.09	Conexión 84	281.2	0	31.72				
Conexión 28	320.20	0	28.39	Conexión 85	282.8	0	30.12				
Conexión 29	336.22	0	12.34	Conexión 86	283.6	0	29.32				
Conexión 30	312	0	36.56	Conexión 87	275	0	37.92				
ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Presión m	ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Presión m				
Conexión 31	324.85	0	23.71	Conexión 88	284.1	0	28.82				
Conexión 32	335.55	0	12.98	Conexión 89	298.3	0	33.70				
Conexión 33	333	0	15.07	Conexión 90	299.4	0	32.60				
Conexión 34	332.4	0	15.67	Conexión 91	321.65	0	10.35				
Conexión 35	333	0	15.07	Conexión 92	292	0	40.00				
Conexión 36	332.8	0	15.27	Conexión 93	298	0	34.00				
Conexión 37	333	0	15.02	Conexión 94	286.95	0	25.05				
Conexión 38	332.80	0	15.22	Conexión 95	269.90	0	42.10				
Conexión 39	311	0	17.59	Conexión 96	281.95	0	30.05				
Conexión 40	306.4	0	22.19	Conexión 97	266	0	42.77				
Conexión 41	308.95	0	13.23	Conexión 99	266.6	0	40.01				
Conexión 42	303.5	0	18.03	Conexión 100	260.4	0	46.21				
Conexión 43	302	0	19.53	Conexión 101	262	0	44.61				
Conexión 44	304	0	16.90	Conexión 102	258.76	0	27.84				
Conexión 45	304	0	16.31	Conexión 103	258.65	0	27.95				
Conexión 46	300	0	20.90	Conexión 104	258.8	0	27.80				
Conexión 47	297.9	0	23.00	Conexión 105	256	0	30.60				
Conexión 48	302	0	18.90	Conexión 106	259	0	27.60				
Conexión 49	299.9	0	19.68	Conexión 107	252	0	34.60				
Conexión 50	299.95	0	19.23	Conexión 108	265.30	0	38.00				
Conexión 51	300	0	18.89	Conexión 109	269.20	0	34.10				
Conexión 52	290	0	28.89	Conexión 110	265.5	0	37.68				
Conexión 53	292	0	26.89	Conexión 111	269.35	0	33.83				
Conexión 54	294	0	24.89	Conexión 112	269.40	0	26.76				
Conexión 55	291	0	27.29	Conexión 113	270.5	0	25.66				
Conexión 56	291.15	0	26.49	Conexión 114	271.2	0	24.96				
Conexión 57	289.2	0	27.44	Conexión 117	270.3	0	12.78				
Conexión 58	282	0	33.61	Conexión 118	249	0	34.08				

Fuente: Elaboración propia mediante software Epanet 2.0

Figura 85 Cloro residual

ID Nudo	Cloro mg/L	ID Nudo	Cloro mg/L	ID Nudo	Cloro mg/L
Conexión 2	0.00	Conexión 59	1.65	Conexión 111	0.63
Conexión 3	0.00	Conexión 60	1.15	Conexión 112	0.32
Conexión 4	0.00	Conexión 61	1.00	Conexión 113	0.35
Conexión 5	0.00	Conexión 62	0.82	Conexión 114	0.54
Conexión 7	2.60	Conexión 63	1.21	Conexión 117	0.35
Conexión 8	2.47	Conexión 64	1.22	Conexión 118	0.27
Conexión 9	2.19	Conexión 65	1.25	Conexión 120	1.39
Conexión 10	1.99	Conexión 66	1.29	Conexión 121	0.66
Conexión 11	2.09	Conexión 67	1.25	Conexión 122	1.46
Conexión 12	2.01	Conexión 68	1.14	Conexión 123	0.32
Conexión 13	2.31	Conexión 69	0.67	Conexión 124	1.41
Conexión 14	2.07	Conexión 70	0.71	Conexión 125	1.69
Conexión 15	2.16	Conexión 71	0.95	Conexión 126	1.56
Conexión 16	2.03	Conexión 73	0.57	Conexión 127	1.21
Conexión 17	1.82	Conexión 74	0.50	Conexión 98	0.38
Conexión 18	1.75	Conexión 75	0.78	Conexión 115	0.44
Conexión 19	1.50	Conexión 76	0.48	Conexión 116	0.20
Conexión 20	1.27	Conexión 77	0.61	Conexión 72	0.98
Conexión 21	1.29	Conexión 78	0.43	Conexión AUX-V4	1.98
Conexión 22	1.58	Conexión 79	0.87	Conexión AUX-V5	1.23
Conexión 23	1.51	Conexión 80	0.34	Conexión AUX-V6	1.10
Conexión 24	1.47	Conexión 81	0.73	Conexión AUX-V2	1.50
Conexión 25	1.55	Conexión 82	0.35	Conexión AUX-V3	1.88
Conexión 26	1.87	Conexión 83	0.39	Conexión AUX-V1	2.53
Conexión 27	1.37	Conexión 84	0.69		
Conexión 28	1.64	Conexión 85	0.43		
Conexión 29	2.50	Conexión 86	0.51		
Conexión 30	1.98	Conexión 87	0.52		
ID Nudo	Cloro mg/L	ID Nudo	Cloro mg/L		
Conexión 31	0.54	Conexión 88	0.20		
Conexión 32	2.38	Conexión 89	1.12		
Conexión 33	2.15	Conexión 90	1.09		
Conexión 34	1.95	Conexión 91	0.20		
Conexión 35	1.77	Conexión 92	0.92		
Conexión 36	1.64	Conexión 93	1.10		
Conexión 37	2.10	Conexión 94	1.14		
Conexión 38	1.61	Conexión 95	0.40		
Conexión 39	1.54	Conexión 96	0.55		
Conexión 40	1.44	Conexión 97	0.36		
Conexión 41	1.48	Conexión 99	1.09		
Conexión 42	1.40	Conexión 100	1.02		
Conexión 43	1.41	Conexión 101	0.78		
Conexión 44	1.40	Conexión 102	1.05		
Conexión 45	0.57	Conexión 103	0.97		
Conexión 46	1.23	Conexión 104	0.94		
Conexión 47	1.04	Conexión 105	0.66		
Conexión 48	0.93	Conexión 106	0.55		
Conexión 49	0.48	Conexión 107	0.44		
Conexión 50	0.47	Conexión 108	0.29		
Conexión 51	0.49	Conexión 109	0.41		
Conexión 52	0.61	Conexión 110	0.31		
Conexión 53	0.78	Conexión 111	0.63		
Conexión 54	0.79	Conexión 112	0.32		
Conexión 55	0.46	Conexión 113	0.35		
Conexión 56	0.41	Conexión 114	0.54		
Conexión 57	0.39	Conexión 117	0.35		
Conexión 58	0.34	Conexión 118	0.27		

Fuente: Elaboración propia mediante software Epanet 2.0

Figura 86 Coordenadas de Línea de Distribución.

TABLA DERROTERO LINEA CONDUCCION					
Descripción: LINEA DE CONDUCCION					
LONGITUD DE TRAMO 2,684.11m					
ID NODO	X	Y	DISTANCIA	RUMBO	COTA (m)
POZO	1,308,103.1837m	605,255.1249m			
			32.720m	N88° 52' 12"E	
N299	1,308,103.8290m	605,287.8382m			110.1
			50.011m	N76° 36' 21"E	
N300	1,308,115.4140m	605,336.4890m			237.94
			40.352m	N66° 04' 16"E	
N301	1,308,131.7810m	605,373.3730m			248.4
			164.422m	N53° 22' 57"E	
N302	1,308,229.8540m	605,505.3440m			254
			97.116m	N72° 54' 11"E	
N303	1,308,258.4050m	605,598.1681m			256
			40.850m	N82° 31' 01"E	
N304	1,308,263.7250m	605,638.6700m			254.7
			43.960m	S81° 35' 07"E	
N305	1,308,257.2920m	605,682.1570m			255.4
			71.026m	N88° 22' 25"E	
N306	1,308,259.3080m	605,753.1540m			254.3
			377.942m	N78° 03' 31"E	
N307	1,308,337.5090m	606,122.9168m			261.6
			121.638m	S70° 25' 04"E	
N308	1,308,296.7410m	606,237.5190m			266.5
			226.697m	N85° 39' 50"E	
N309	1,308,313.8810m	606,463.5669m			267.4
			12.943m	S88° 49' 05"E	
N310	1,308,313.6140m	606,476.5075m			274.2
			4.956m	N69° 21' 36"E	
N311	1,308,315.3610m	606,481.1455m			275
			4.020m	N55° 36' 03"E	
N312	1,308,317.6320m	606,484.4623m			275.6
			44.072m	N34° 15' 21"E	
N313	1,308,354.0590m	606,509.2700m			295.95
			143.283m	N45° 14' 41"E	
N314	1,308,454.9420m	606,611.0186m			277
			60.898m	S81° 31' 33"E	
N315	1,308,445.9680m	606,671.2514m			279.88
			44.226m	N34° 20' 26"E	
N316	1,308,482.4850m	606,696.1996m			281.76
			92.743m	N38° 50' 52"E	
N317	1,308,554.7150m	606,754.3732m			286.4
			26.211m	N28° 59' 12"E	
N318	1,308,577.6430m	606,767.0754m			287.95
			5.730m	N10° 34' 18"E	
N319	1,308,583.2760m	606,768.1267m			288.9
			77.525m	N1° 12' 03"E	
N320	1,308,660.7840m	606,769.7513m			298.08
			37.107m	N12° 41' 24"E	
N321	1,308,696.9850m	606,777.9029m			308.2
			108.581m	N46° 23' 57"E	
N322	1,308,771.8660m	606,856.5331m			310.8
			118.947m	N56° 34' 40"E	
N323	1,308,837.3828m	606,955.8105m			324.6
			412.155m	N60° 41' 36"E	
N324	1,309,039.1260m	607,315.2149m			328
			134.695m	N56° 57' 07"E	
N325	1,309,112.5810m	607,428.1185m			336.22
			69.286m	N23° 38' 14"E	
TANQUE	1,309,176.0540m	607,455.8984m			328
			88.625m	N57° 48' 59"E	

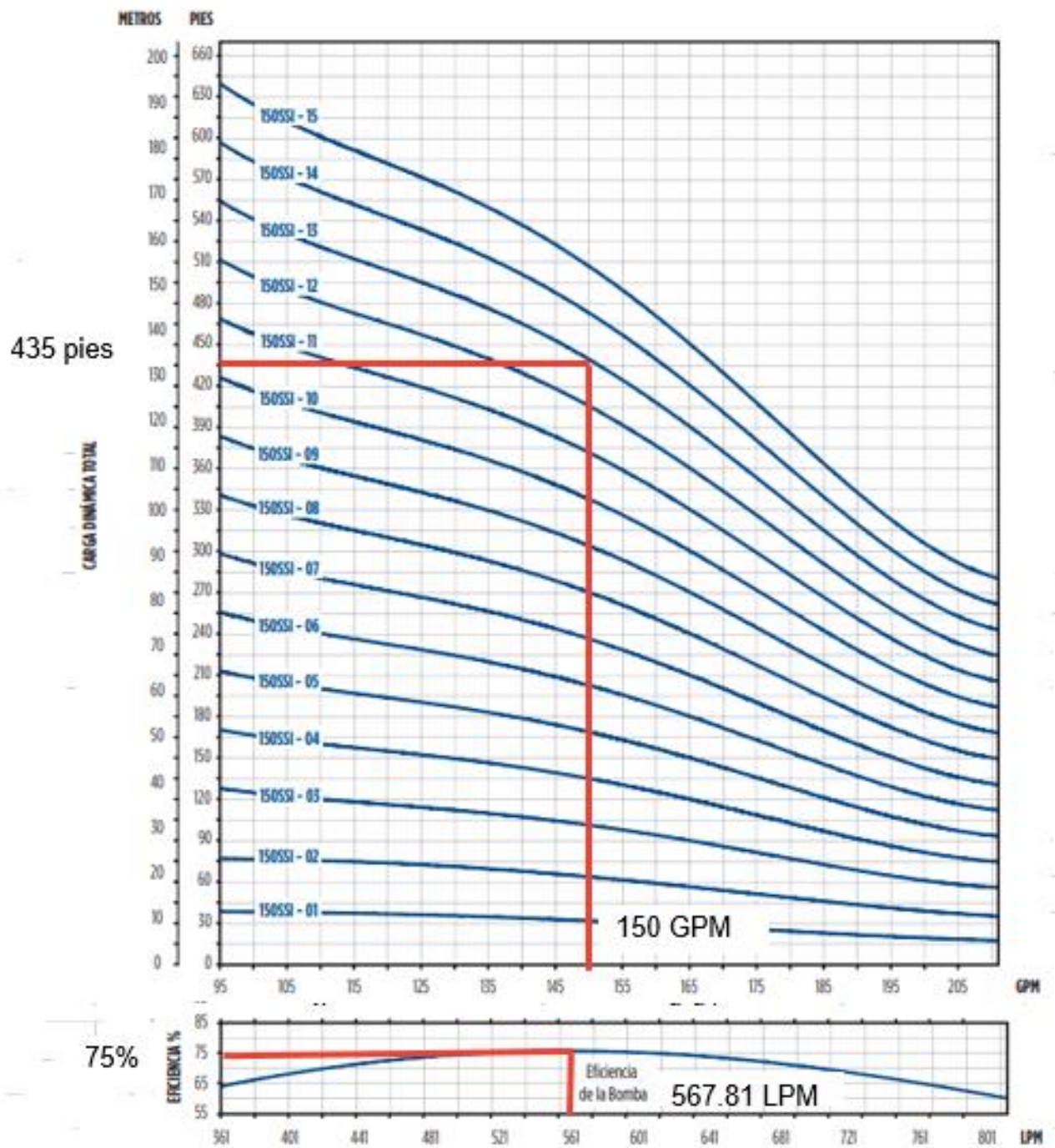
Fuente: Informe de Estudio Topográfico, FISE

Figura 87 Coordenadas de Red de Distribución.

TABLA DERROTERO LINEA DISTRIBUCION					
Descripción: LINEA DE DISTRIBUCION					
LONGITUD TRAMO 2,544.24m					
ID NODO	X	Y	DISTANCIA	RUMBO	COTA
N01	607,434.4507m	1,309,123.9210m			336.82
			13.515m	S22° 32' 49 "W	
N02	607,429.2685m	1,309,111.4390m			336.22
			2.204m	S65° 52' 32 "W	
N03	607,427.2566m	1,309,110.5380m			335.55
			24.422m	S57° 23' 17 "W	
N04	607,406.6851m	1,309,097.3760m			334
			62.021m	S56° 32' 25 "W	
N05	607,354.9430m	1,309,063.1810m			328
			46.375m	S56° 57' 20 "W	
N06	607,316.0690m	1,309,037.8930m			324.6
			412.308m	S60° 48' 23 "W	
N07	606,956.1340m	1,308,836.7850m			310.8
			120.498m	S56° 06' 23 "W	
N08	606,856.1121m	1,308,769.5890m			308.2
			105.875m	S46° 27' 31 "W	
N09	606,779.3660m	1,308,696.6540m			298.08
			36.807m	S12° 44' 13 "W	
N10	606,771.2510m	1,308,660.7530m			288.9
			77.648m	S1° 12' 03 "W	
N11	606,769.6238m	1,308,583.1220m			288.45
			6.088m	S10° 34' 45 "W	
N12	606,768.5060m	1,308,577.1370m			287.95
			7.150m	S28° 19' 20 "W	
N13	606,765.1139m	1,308,570.8430m			287.5
			19.319m	S29° 13' 23 "W	
N14	606,755.6823m	1,308,553.9830m			286.4
			22.695m	S37° 51' 01 "W	
N15	606,741.7569m	1,308,536.0630m			287.467
			70.315m	S39° 09' 08 "W	
N16	606,697.3615m	1,308,481.5360m			281.76
			45.037m	S34° 20' 02 "W	
N17	606,671.9600m	1,308,444.3460m			279.88
			61.120m	N81° 31' 33 "W	
N18	606,611.5070m	1,308,453.3530m			277
			142.203m	S45° 14' 47 "W	
N19	606,510.5228m	1,308,353.2340m			275.95
			44.378m	S34° 15' 20 "W	
N20	606,485.5430m	1,308,316.5540m			275.6
			4.303m	S55° 35' 50 "W	
N21	606,481.9930m	1,308,314.1230m			275
			5.596m	S68° 53' 47 "W	
N22	606,476.7720m	1,308,312.1080m			274.2
			13.239m	N88° 49' 06 "W	
N23	606,463.5360m	1,308,312.3810m			267.4
			19.276m	S86° 34' 58 "W	
N24	606,444.2945m	1,308,311.2320m			274.2
			178.427m	S85° 40' 48 "W	
N25	606,266.3749m	1,308,297.7920m			267.4
			28.836m	S84° 56' 12 "W	
N26	606,237.6514m	1,308,295.2470m			266.5

Fuente: Informe de Estudio Topográfico, FISE

Figura 88 Curva de la bomba a instalar



Fuente: Catálogo Franklin Electric FPS de bombas sumergibles de serie SSI.

Figura 89 Tabla de selección de bombas sumergibles de serie SSI diámetro de 6 pulg.

TABLA DE SELECCIÓN										SERIE SSI 6"									
GPM	HP	ETAPAS	DIAM. MOTOR	DESCARGA	VÁLVULA CERRADA (METROS)	LPM	423	458	493	528	564	599	634	669	705	740	MODELO	NO. DE PARTE	
						GPM	106	114	123	132	141	150	159	167	176	185			
						CARGA EN METROS													
150	1.5	1	4"	3" NPT	15	-	12	11	11	11	10	10	9	8	8	7	150SSI01F66-0143	616300101020082	
	3	2			30	-	23	23	22	21	21	20	18	16	16	14	150SSI03F66-0243	616300201020082	
	7.5	3			51	-	37	36	35	34	33	31	29	26	25	23	150SSI07F66-0343	616300301020082	
		4			67	-	49	48	47	45	44	42	39	35	33	30	150SSI07F66-0443	616300401020082	
		5			84	-	62	60	58	57	54	52	49	43	41	38	150SSI07F66-0543	616300501020082	
	10	6			101	-	74	72	70	68	65	63	58	52	49	45	150SSI10F66-0643	616300601020082	
	7.5	3			51	-	37	36	35	34	33	31	29	26	25	23	150SSI07F66-0363	616300302020082	
		4			67	-	49	48	47	45	44	42	39	35	33	30	150SSI07F66-0463	616300402020082	
	10	5			84	-	62	60	58	57	54	52	49	43	41	38	150SSI10F66-0563	616300502020082	
		6			101	-	74	72	70	68	65	63	58	52	49	45	150SSI10F66-0663	616300602020082	
	15	7			118	-	86	84	82	79	76	73	68	60	58	53	150SSI15F66-0763	616300702020082	
		8			135	-	99	96	94	90	87	84	78	69	66	60	150SSI15F66-0863	616300802020082	
		9	152		-	111	108	105	102	98	94	88	78	74	68	150SSI15F66-0963	616300902020082		
	20	10	168		-	123	120	117	113	109	105	97	86	82	75	150SSI20F66-1063	616301002020082		
		11	185		-	136	132	129	124	120	115	107	95	90	83	150SSI20F66-1163	616301102020082		
		12	202		-	148	144	140	136	131	125	117	104	99	90	150SSI20F66-1263	616301202020082		
	13	219	-		160	156	152	147	142	136	127	112	107	98	150SSI25F66-1363	616301302020082			
	25	14	236		-	173	168	164	158	152	146	136	121	115	106	150SSI25F66-1463	616301402020082		
		15	253		-	185	180	175	170	163	157	146	130	123	113	150SSI25F66-1563	616301502020082		
		16	269		-	198	192	187	181	174	167	156	138	131	121	150SSI25F66-1663	616301602020082		
		30	17		286	-	210	204	199	192	185	178	166	147	140	128	150SSI30F66-1763	616301702020082	
			18		303	-	222	216	211	204	196	188	175	155	148	136	150SSI30F66-1863	616301802020082	
			19		320	-	235	228	222	215	207	199	185	164	156	143	150SSI30F66-1963	616301902020082	
		40	20		337	-	247	240	234	226	218	209	195	173	164	151	150SSI40F66-2063	616302002020082	
			21		354	-	259	252	246	238	229	220	205	181	173	158	150SSI40F66-2163	616302102020082	
			22		370	-	272	264	257	249	240	230	214	190	181	166	150SSI40F66-2263	616302202020082	
			23		387	-	284	277	269	260	250	241	224	199	189	173	150SSI40F66-2363	616302302020082	
			24		404	-	296	289	281	271	261	251	234	207	197	181	150SSI40F66-2463	616302402020082	
		50	25		421	-	309	301	292	283	272	261	244	216	205	188	150SSI40F66-2563	616302502020082	
			26		438	-	321	313	304	294	283	272	253	225	214	196	150SSI50F66-2663	616302602020082	
			27		455	-	333	325	316	305	294	282	263	233	222	204	150SSI50F66-2763	616302702020082	
			28		472	-	346	337	328	317	305	293	273	242	230	211	150SSI50F66-2863	616302802020082	
	29		488		-	358	349	339	328	316	303	283	251	238	219	150SSI50F66-2963	616302902020082		
	30		505		-	370	361	351	339	327	314	292	259	247	226	150SSI50F66-3063	616303002020082		
	31		522		-	383	373	363	351	338	324	302	268	255	234	150SSI50F66-3163	616303102020082		
	32		539		-	395	385	374	362	348	335	312	276	263	241	150SSI50F66-3263	616303202020082		
	60	33	555		-	407	397	386	373	359	345	321	285	271	249	150SSI60F66-3363	616303302020082		

Fuente: Catálogo Franklin Electric FPS de bombas sumergibles de serie SSI.

Figura 90 Detalles del motor sumergible a instalar

Motores Estándar Sumergibles de 6"



Aplicaciones

Estos motores están contruidos para operar de manera segura con diámetros de 6" o pozos de agua grandes.

Características Básicas

- Diseño de Montaje NEMA de doble Brida
- Eje estriado de acero inoxidable
- Sistema de encapsulamiento de seis elementos StatorShield™ de Franklin
- Cojinete de empuje tipo Kingsbury de alta capacidad lubricado por agua
- Llenados en fábrica con la solución de llenado no tóxica, soluble en agua
- Cable reemplazable en campo utilizando la tecnología exclusiva Water Bloc™ de Franklin
- Punto de Diseño de 60 Hz, 3450 rpm
- Cubierta externa contra arena en el eje
- Sello mecánico frontal en la salida del eje
- Rotor de barra de cobre
- Están aprobados todos los modelos de los dispositivos de frecuencia variable (DFV)
- Los modelos monofásicos deben utilizarse con una caja de control de Franklin Electric

Opciones Especiales

- Los modelos Sand Fighter™ están equipados con:
 - Sistema de Sellado Sand Fighter, exclusivo de Franklin contra arena u otros abrasivos en el pozo de agua.
 - Sensor de calor SubTrol™ en devanados para uso con SubMonitor™, exclusivo de Franklin.
- Los modelos de construcción de Acero Inoxidable 316 son estándar con:
 - Sistema de Sellado Sand Fighter, exclusivo de Franklin contra arena u otros abrasivos en el pozo de agua.
 - Sensor de calor SubTrol™ en devanados para uso con SubMonitor™, exclusivo de Franklin
- El Submonitor es un protector electrónico de vanguardia contra sobrecarga del motor y se vende por separado.
 - Los soportes en el panel a tierra no requieren cableado hacia el motor.
 - Fácil de usar, probado en campo.
 - Monitores de protección para equilibrar la energía, sobrecarga, baja carga, sobrecalentamiento, ciclo rápido y más.
 - Puede utilizarse con o sin el sensor de calor SubTrol™.
 - Provee protección térmica superior cuando está fabricado con el sensor de calor SubTrol.

Consulte en fábrica para otros voltajes, hertz y caballos de fuerza no mencionados en este catálogo. Las especificaciones están sujetas a cambio sin previo aviso. Contacte a Franklin Electric para consultar si los materiales actuales son los requeridos para cumplir con las especificaciones.

Fuente: Catálogo Franklin Electric de motores sumergibles.

Figura 91 Especificaciones para motores estándar de 6 pulg.

Motores Estándar Sumergibles de 6"

Especificaciones para Motores Estándar de 6 Pulgadas

Hz	FASE	Hp	kW	Polos	RPM	Temp. Ambiente Máx.	Carga Nominal
60	1	5 - 15	3.7 - 11	2	3450	86 °F / 30 °C	Continúa en motores con flujo de 0.5 pies/seg
60	3	5 - 40	3.7 - 30	2	3450	86 °F / 30 °C	Continúa en motores con flujo de 0.5 pies/seg
60	3	50 - 60	37 - 45	2	3450	122 °F / 50 °C	Continúa en motores con flujo de 0.5 pies/seg
50	1	5 - 15	3.7 - 11	2	2875	86 °F / 30 °C	Continúa en motores con flujo de 0.5 pies/seg
50	3	5 - 40	3.7 - 30	2	2875	86 °F / 30 °C	Continúa en motores con flujo de 0.5 pies/seg
50	3	50 - 60	37 - 45	2	2875	122 °F / 50 °C	Continúa en motores con flujo de 0.5 pies/seg

Materiales de Construcción de 6 Pulgadas

Componente	Tipo de Construcción		
	Pozo de Agua Estándar	Sand Fighter™	Resistencia a la Corrosión (Acero Inoxidable 316)
Estándares UL de la Clase Aislamiento	Clase F	Por Pozo de Agua Estándar	Por Pozo de Agua Estándar
Temperatura Ambiente del Motor	86 °F / 30 °C (5-40 hp) 122 °F / 50 °C (50-60 hp)	Por Pozo de Agua Estándar	Por Pozo de Agua Estándar
Tipo de Resina del Estator	FE Estándar (5-40 hp) FE Alta Temperatura (50-60 hp)	Por Pozo de Agua Estándar	Por Pozo de Agua Estándar
Solución de Llenado del Motor (Soluble en Agua/No Tóxica)	FES91	Por Pozo de Agua Estándar	Por Pozo de Agua Estándar
Campana del Extremo Superior y Carcasa de Empuje	Hierro Gris con Recubrimiento Epóxico	Por Pozo de Agua Estándar	Acero Inoxidable 316
Sensor de Calor SubTrol™ en Devanado	No (5-40 hp) Sí (50-60 hp)	Sí	Sí
Carcasa del Estator	Serie Acero Inoxidable 300	Por Pozo de Agua Estándar	Acero Inoxidable 316
Extremos del Estator	Acero al Carbono	Por Pozo de Agua Estándar	Acero Inoxidable 316
Prolongación del Eje	Serie Acero Inoxidable 300 (5-30 hp) Acero Inoxidable 17-4 (40-60 hp)	Por Pozo de Agua Estándar	Acero Inoxidable 17-4
Casquillo	Bronce	Por Pozo de Agua Estándar	Acero Inoxidable 316
Retén de Casquillo	Serie Acero Inoxidable 300	Por Pozo de Agua Estándar	Acero Inoxidable 316
Sello Mecánico	Sello Cerámico de Carbono (5-40 hp) Sist. de Sellado Sand Fighter™ (50-60 hp)	Sistema de Sellado Sand Fighter™	Sistema de Sellado Sand Fighter™
Componentes de Caucho del Sello Mecánico	Nitrilo (5-40 hp) Viton® (50-60 hp)	Por Pozo de Agua Estándar	Por Pozo de Agua Estándar
Material del Diafragma	Nitrilo (5-40 hp) Viton® (50-60 hp)	Por Pozo de Agua Estándar	Por Pozo de Agua Estándar
Placa del Diafragma	Serie Acero Inoxidable 300	Por Pozo de Agua Estándar	Acero Inoxidable 316
Resorte de Diafragma	Serie Acero Inoxidable 300	Por Pozo de Agua Estándar	Acero Inoxidable 25-6 MO
Cubierta del Eje	Nitrilo (5-40 hp) Viton® (50-60 hp)	Por Pozo de Agua Estándar	Nitrilo
Conductor (o Cable)	XLPE	Por Pozo de Agua Estándar	Por Pozo de Agua Estándar
Impregnación del Cable	Epoxi	Por Pozo de Agua Estándar	Por Pozo de Agua Estándar
Contratuercas del Cable	Latón	Por Pozo de Agua Estándar	Acero Inoxidable 316
Cojinete de Empuje (86 °F / 30 °C)	3500 lbs (5-30 hp) 6000 lbs (40-60 hp)	Por Pozo de Agua Estándar	Por Pozo de Agua Estándar
Método para Conexión del Sistema a Tierra al Motor	Cable a Tierra en el Conector Principal del Suministro	Por Pozo de Agua Estándar	Por Pozo de Agua Estándar

Las especificaciones están sujetas a cambio sin previo aviso. Contacte a Franklin Electric para consultar si los tipos de material actuales son los requeridos para cumplir con las especificaciones.

Viton® es una marca comercial de DuPont Dow Elastomers.

Fuente: Catálogo Franklin Electric de motores sumergibles.

Figura 92 Descripción de motores sumergibles de 6 pulgadas con capacidad de 30 HP

Modelos de 6 Pulgadas

HP (KW)	CONSTRUCCIÓN	DESCRIPCIÓN							MODELO	EXIS- TENCIAS
		FASE	VOLTS	HZ	SENSOR DE CALOR SUBTROL	S.F.	# DE LÍNEAS	TAMAÑO DEL CABLE (AWG)		
30 hp 22 kW	POZO DE AGUA	3	200-208	60	No Disponible	1.15	3	#8 c/TIERRA	236 656 90	Sí
		3	220	50	No Disponible	1.00	3	#8 c/TIERRA	236 686 90	
		3	220	50	No Disponible	1.00	6-90°	#10 c/TIERRA	236 676 90	
		3	230	60	No Disponible	1.15	3	#8 c/TIERRA	236 606 90	Sí
		3	230	60	No Disponible	1.15	6-90°	#10 c/TIERRA	236 726 90	
		3	380	60	No Disponible	1.15	3	#10 c/TIERRA	236 666 90	Sí
		3	380	60	No Disponible	1.15	6-90°	#10 c/TIERRA	236 786 90	
		3	415	50	No Disponible	1.00	3	#10 c/TIERRA	236 696 90	
		3	460/380-415	60/50	No Disponible	1.15/1.00	3	#10 c/TIERRA	236 616 90	Sí
		3	460/380-415	60/50	No Disponible	1.15/1.00	6-90°	#10 c/TIERRA	236 716 90	Sí
		3	575	60	No Disponible	1.15	3	#10 c/TIERRA	236 626 90	
	SAND FIGHTER	3	200-208	60	Sí	1.15	3	#8 c/TIERRA	236 656 81	Sí
		3	220	50	Sí	1.00	3	#8 c/TIERRA	236 686 81	
		3	220	50	Sí	1.00	6-90°	#10 c/TIERRA	236 676 81	
		3	230	60	Sí	1.15	3	#8 c/TIERRA	236 606 81	Sí
		3	230	60	Sí	1.15	6-90°	#10 c/TIERRA	236 726 81	Sí
		3	380	60	Sí	1.15	3	#10 c/TIERRA	236 666 81	
		3	380	60	Sí	1.15	6-90°	#10 c/TIERRA	236 786 81	
		3	415	50	Sí	1.00	3	#10 c/TIERRA	236 696 81	
		3	460/380-415	60/50	Sí	1.15/1.00	3	#10 c/TIERRA	236 616 81	Sí
		3	460/380-415	60/50	Sí	1.15/1.00	6-90°	#10 c/TIERRA	236 716 81	
		3	575	60	Sí	1.15	3	#10 c/TIERRA	236 626 81	Sí
	ACERO INOXIDABLE 316	3	200-208	60	Sí	1.15	3	#8 c/TIERRA	236 656 40	
		3	220	50	Sí	1.00	3	#8 c/TIERRA	236 686 40	
		3	220	50	Sí	1.00	6-90°	#10 c/TIERRA	236 676 40	
		3	230	60	Sí	1.15	3	#8 c/TIERRA	236 606 40	
		3	230	60	Sí	1.15	6-90°	#10 c/TIERRA	236 726 40	
		3	380	60	Sí	1.15	3	#10 c/TIERRA	236 666 40	
		3	380	60	Sí	1.15	6-90°	#10 c/TIERRA	236 786 40	
		3	415	50	Sí	1.00	3	#10 c/TIERRA	236 696 40	
		3	460/380-415	60/50	Sí	1.15/1.00	3	#10 c/TIERRA	236 616 40	Sí
		3	460/380-415	60/50	Sí	1.15/1.00	6-90°	#10 c/TIERRA	236 716 40	
		3	575	60	Sí	1.15	3	#10 c/TIERRA	236 626 40	

Fuente: Catálogo de motores sumergibles Franklin Electric

Figura 93 Detalles de bombas dosificadoras EWN-R

Bombas dosificadoras

Bombas Dosificadoras Electromagnéticas Serie EWN-R

Las bombas dosificadoras electrónicas serie EWN-R ofrecen una dosificación de alta velocidad superior con más características estándares. La flexibilidad de la bomba EWN-R permite que esta se integre virtualmente dentro de cada aplicación de dosificación química empleando un controlador digital de voltaje universal con un extenso paquete de características de control. El estupendo desempeño de la válvula y el avanzado diseño del solenoide se combinan para hacer una bomba altamente precisa para la mayoría de las aplicaciones requeridas.

Las bombas EWN ofrecen caudales de hasta 6.7 GPH (25.2 L/h) y una presión máxima de 290 PSI (20 bar). La alta velocidad de operación resulta en una dosificación química de alta resolución y una larga vida de servicio. Silenciosa y compacta, la bomba de EWN se ceba en segundos y mantiene el cebado en forma confiable.

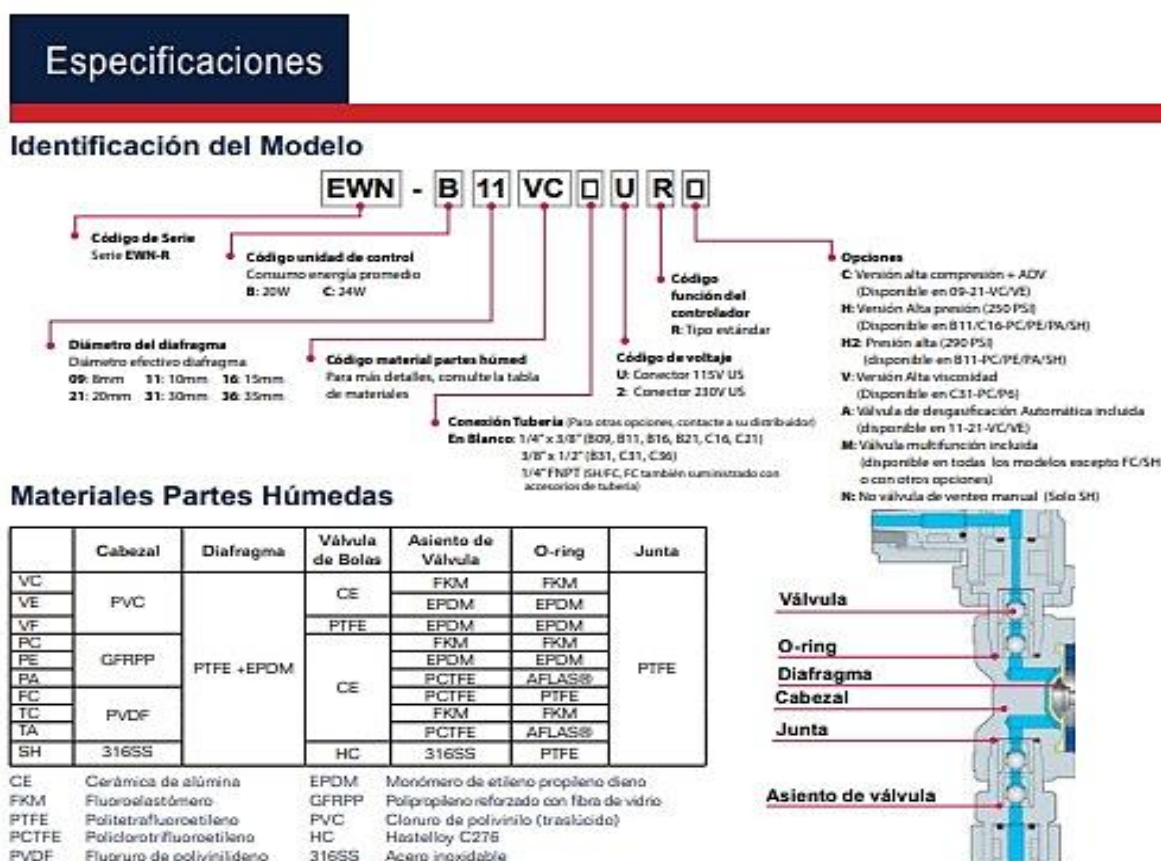
- **Desempeño de Alta Velocidad**
Las bombas Serie-E operan hasta 360 carreras por minuto con ajustes en incrementos de 1 cpm, proporcionando una dosificación química de alta resolución. El largo de carrera ajustable incrementa aún más la capacidad de refinar la descarga, haciendo de la Serie-E una de las bombas dosificadoras de solenoide más versátiles en el mercado.
- **Controlador Digital Multifunción**
El controlador de la bomba EWN-R provee flexibles características de control incluyendo control análogo escalable, entrada digital con capacidad de multiplicación y división, control de parada externo y también un simple control de velocidad y largo de carrera. La pantalla puede configurarse para ver unidades de caudal o % de velocidad para una fácil lectura de la descarga y un rápido ajuste. El controlador es de voltaje universal de modo que puede utilizarse en cualquier parte del mundo.
- **Diseñada para Durar**
Todas las bombas de la Serie-E ofrecen doble cojinete. La Armadura y el eje son soportados por un cojinete en cada extremo, lo cual asegura un apropiado movimiento axial, permitiendo que la Serie-E opere a 360 cpm mientras prolonga la vida útil del diafragma.
- **Desempeño Superior de la Válvula de Retención**
Los conjuntos de doble válvula de retención en la aspiración y de descarga presentan precisas guías de bolas y asientos cónicos. El maquinado y el moldeado preciso de estas partes limitan el desplazamiento de la bola, asegurando que estas asienten plenamente y sellen con cada carrera. Este diseño superior de válvula de retención garantiza un cebado rápido y un desempeño confiable.
- **Conexiones Flexibles**
Un inserto de tubería desmontable, proporciona flexibilidad en el diámetro de la tubería y elimina la estrangulación de la tubería durante la conexión. Puede utilizarse un inserto roscado en lugar del adaptador de tubería para convertir cualquier conexión fácilmente a NPT.
- **Relación de Compresión Alta**
La relación de compresión de una bomba dosificadora es importante ya que afecta la capacidad de la bomba para cebar y ventear. La relación de compresión se eleva cuando se reduce el volumen muerto del cabezal de la bomba durante su operación. Todas las bombas de la Serie-E presentan una relación de compresión muy alta que asegura una dosificación adecuada especialmente con productos que generan gases (p.ej.: Hipoclorito de Sodio).



WALCHEM
IWAKI America Inc.

Fuente: Catálogo de bombas dosificadores WALCHEM IWAKI

Figura 94 Especificaciones del modelo EWN-B11VCDURO



Especificaciones de la Bomba (Bombas standard y bombas con MFV)

Modelo			B11	B16	B21	B31	C16	C21	C31	C36	
										VC/VE/PC/PE	FC/SH/TC
Capacidad máxima descarga	GPH		0.6	1.0	1.6	3.2	1.3	2.1	4.3	6.7	6.5
	mL/min		35	65	100	200	80	130	270	420	410
	mL/diámetro		0.02-0.11	0.04-0.18	0.06-0.25	0.11-0.56	0.04-0.22	0.07-0.36	0.15-0.75	0.23-1.17	0.23-1.14
Presión de descarga máxima calculada	PSI		150	105	60	30	150	105	50	30	30
Máxima presión utilizable	PSI		203	116	73	30	174	116	50	30	30
Velocidad de carteras	% (cpm)		0.1 a 100 (1 a 360)								
Largo de carrera	% (mm)		20 a 100 (0.2 a 1.0)				20 a 100 (0.25 a 1.25)				

Nota 1: La capacidad de descarga máxima se muestra a la Presión de descarga máxima calculada (longitud de carrera 100%, velocidad de carrera 100%) y se incrementa cuando se reduce la presión de descarga.

Nota 2: El rango de Máxima presión utilizable es la capacidad máxima usable de la bomba. Las capacidades máximas podrían ser menores que las publicadas a presiones más altas que las presiones de descarga indicadas. Máxima presión utilizable en tipo PVC es 174 PSI. Por favor consulte a su distribuidor para más información.

Nota 3: El desempeño se basa en el bombeo de agua limpia a temperatura ambiente a la presión de descarga y voltaje especificado.

Nota 4: La temperatura del líquido en tipo PVC: 14 a 104°F (-10 a 40°C). Tipos GFRPP/PVDF/SS: 14 a 140°F (-10 a 60°C)

Nota 5: La temperatura ambiente: 32 a 122°F (0 a 50°C) Humedad relativa: a 85% (sin condensado)

Nota 6: Todas las bombas incluyen válvula de venteo manual con excepción del tipo FC/SHN/HV. Todas las bombas incluyen una válvula de pie, una válvula de inyección, 6 mts de tubo de polietileno con una pesa de cerámica con excepción del tipo SH/H2/HV.

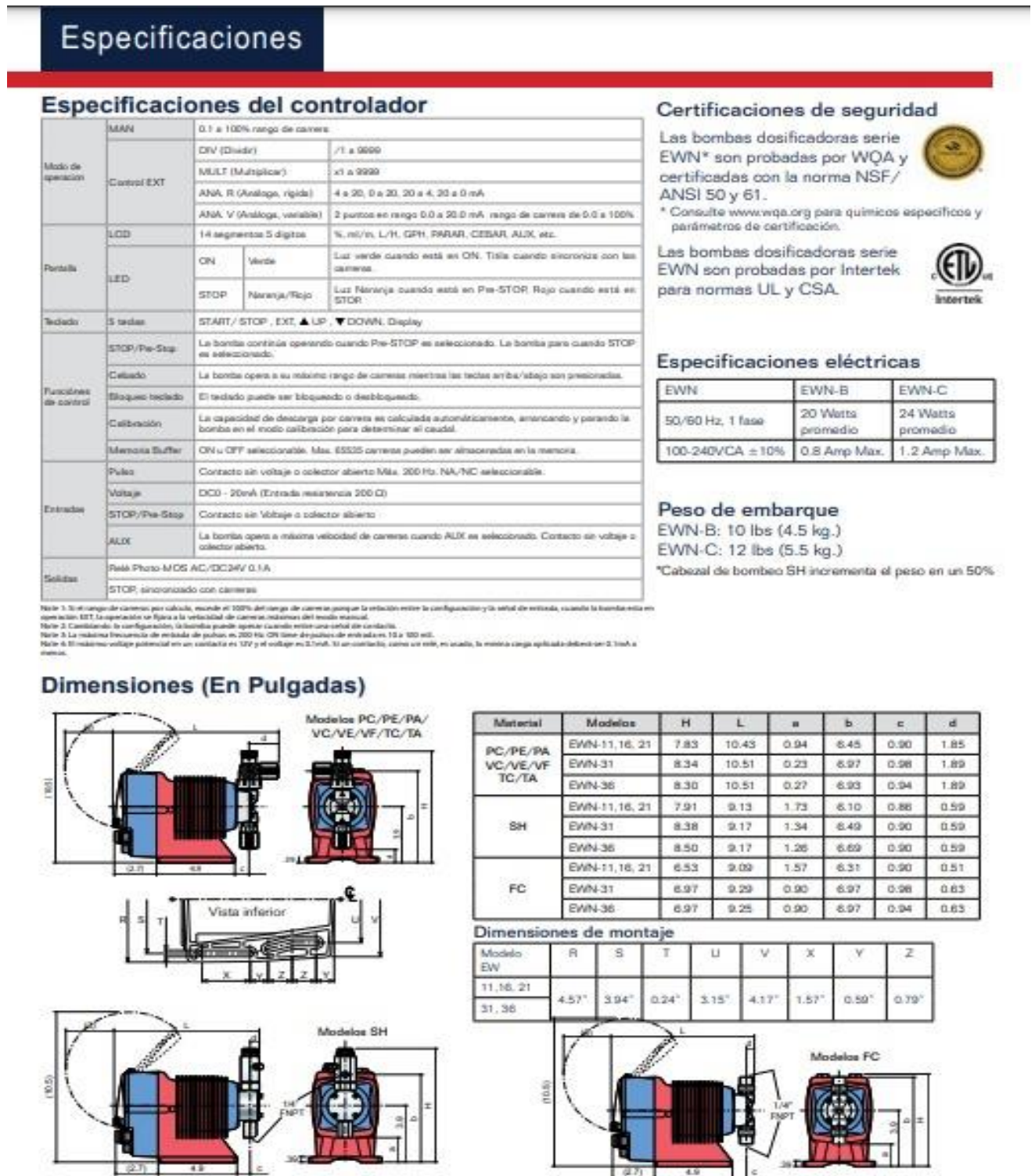
Conectores entrada/salida (venta separada):

Conector E90495 5-PINES: Usado para entrada analógica, pulso y AUX + Salida de relé en EWN-R

Conector de llave reversa E90496 5-PINES: Usado para entrada de parada / pre-parada en EWN-R

Fuente: Catálogo de bombas dosificadores WALCHEM IWAKI

Figura 95 Especificaciones del controlador y dimensiones.



Fuente: Catálogo de bombas dosificadores WALCHEM IWAKI

Figura 96 Tarifas de energía eléctrica actualizadas por INE para el año 2024



INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ENERGÍA
ENTE REGULADOR
TARIFAS ACTUALIZADAS A ENTRAR EN VIGENCIA EL 1 DE FEBRERO DE 2024
AUTORIZADAS PARA LAS DISTRIBUIDORAS DISNORTE Y DISSUR

BAJA TENSION (120,240 y 480 V)					
TIPO DE TARIFA	APLICACIÓN	TARIFA		CARGO POR	
		CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	ENERGÍA (C\$/kWh)	POTENCIA (C\$/kW-mes)
RADIODIFUSORAS	Aplicables a las radiodifusoras con potencia de transmisión iguales o inferiores a 5 kW en estaciones de Amplitud Modulada y de 2 kW en estaciones de Frecuencia Modulada.	TR	TARIFA MONOMIA		
			Todos los kWh	6.5446	
BOMBEO	Para extracción y bombeo de agua potable para suministro público.	T-7	TARIFA MONOMIA		
			Todos los kWh	6.9730	
		T-7A	TARIFA BINOMIA SIN MEDICIÓN HORARIA ESTACIONAL		
			Todos los kWh	4.7573	
			kW de Demanda Máxima		1,053.0006
		T-7B	TARIFA BINOMIA CON MEDICIÓN HORARIA ESTACIONAL		
			Verano Punta	8.1037	
			Invierno Punta	7.8459	
			Verano Fuera de Punta	5.3114	
			Invierno Fuera de Punta	5.1292	
			Verano Punta		961.0625
			Invierno Punta		600.2742
			Verano Fuera de Punta		0.0000
			Invierno Fuera de Punta		0.0000

Fuente: Instituto Nicaragüense de Energía

Figura 97 Ubicación de sondes SPT



Fuente: FISE

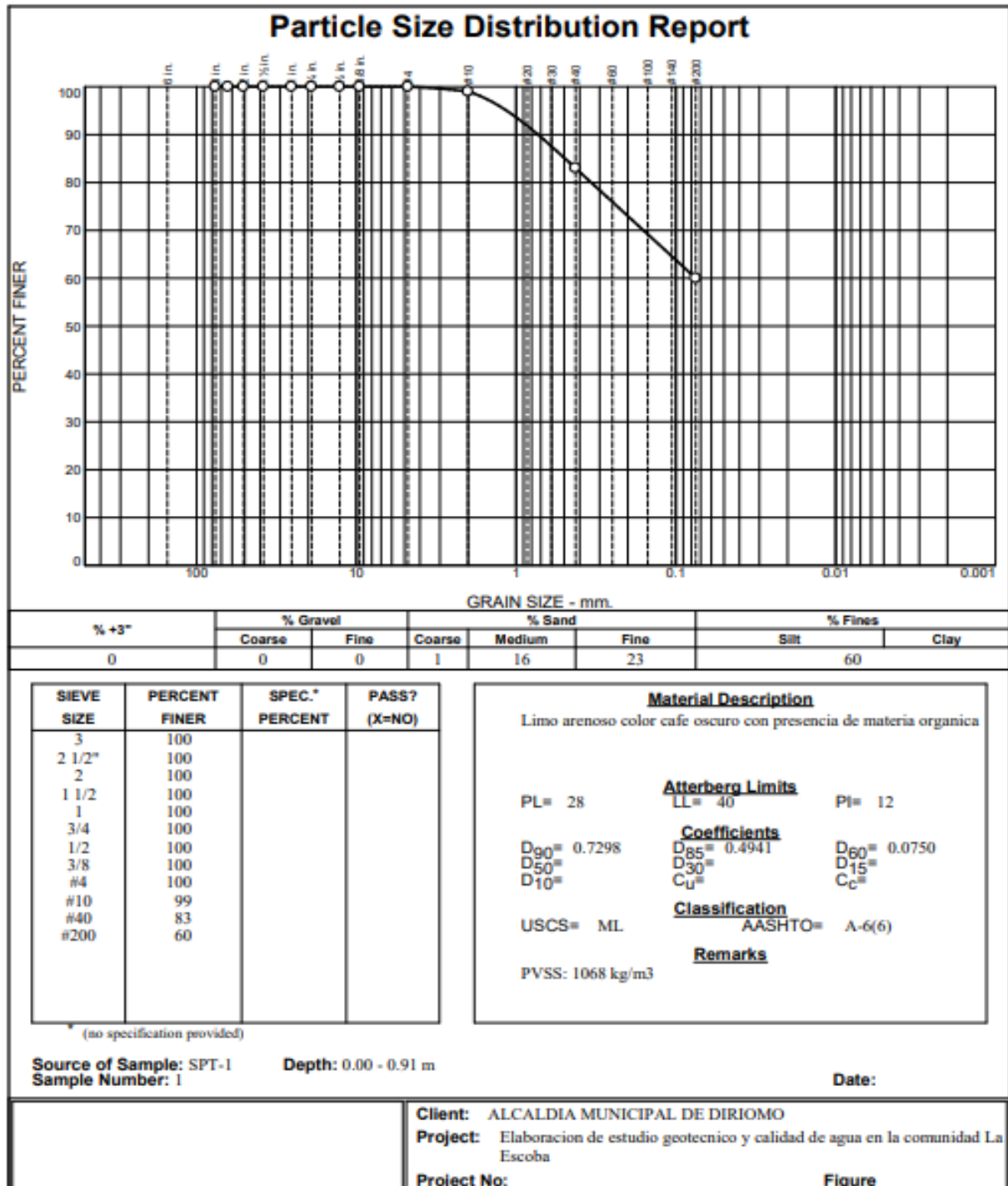
Figura 98 Ubicación de bancos de materiales



NOMBRE	COORDENADAS UTM WGS-84 ZONA 16P		DISTANCIA APROXIMADA DEL BANCO AL PROYECTO
SITIO PROYECTO	607463.00 m E	1308558.00 m N	-----
BANCO SAN ANTONIO	608503.00 m E	1311887.00 m N	4.90 KM
BANCO GALLO FINO	604510.00 m E	1309440.00 m N	5.20 KM

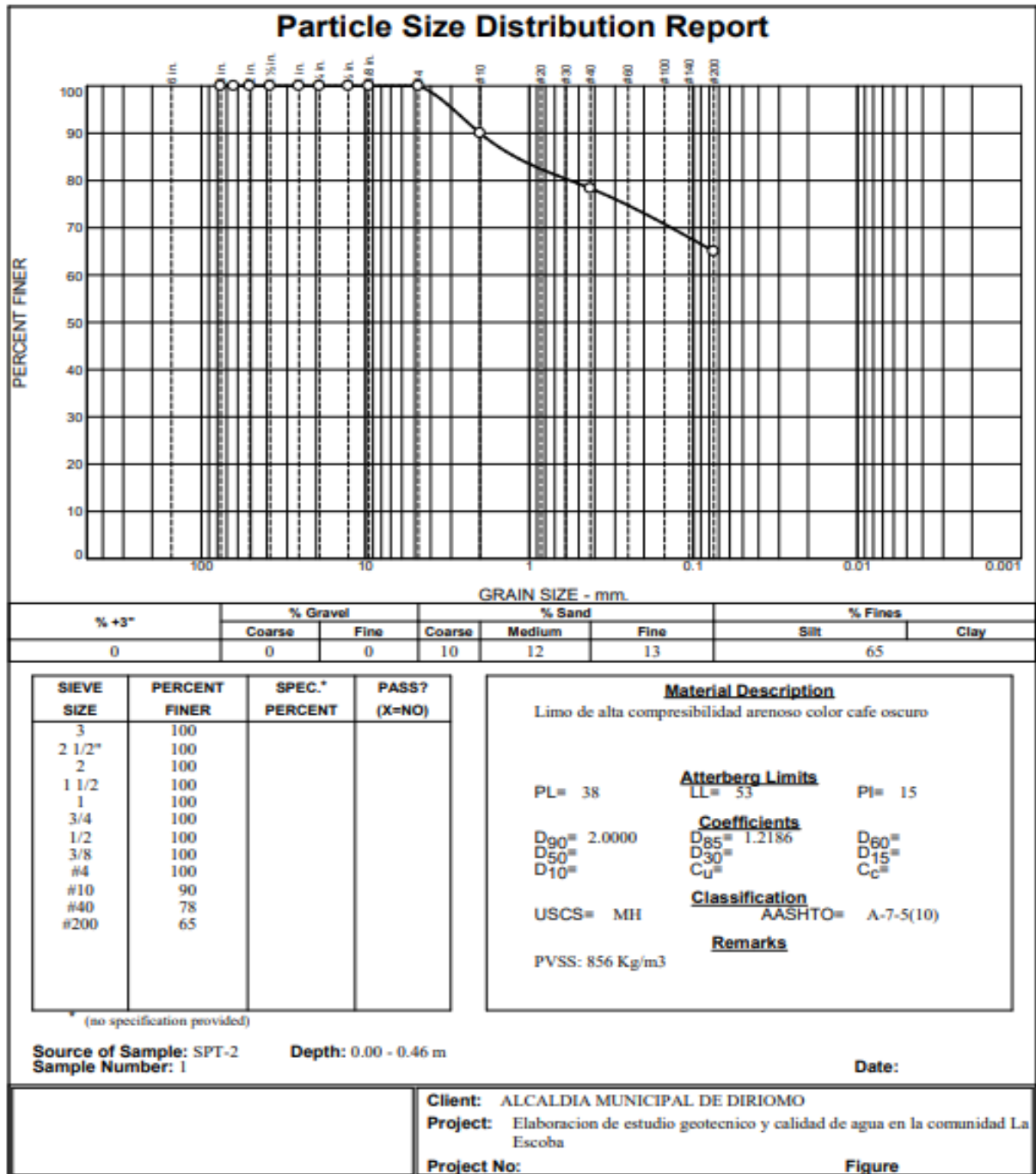
Fuente: FISE

Fuente: FISE



Tested By: Javier S **Checked By:** Kenia E

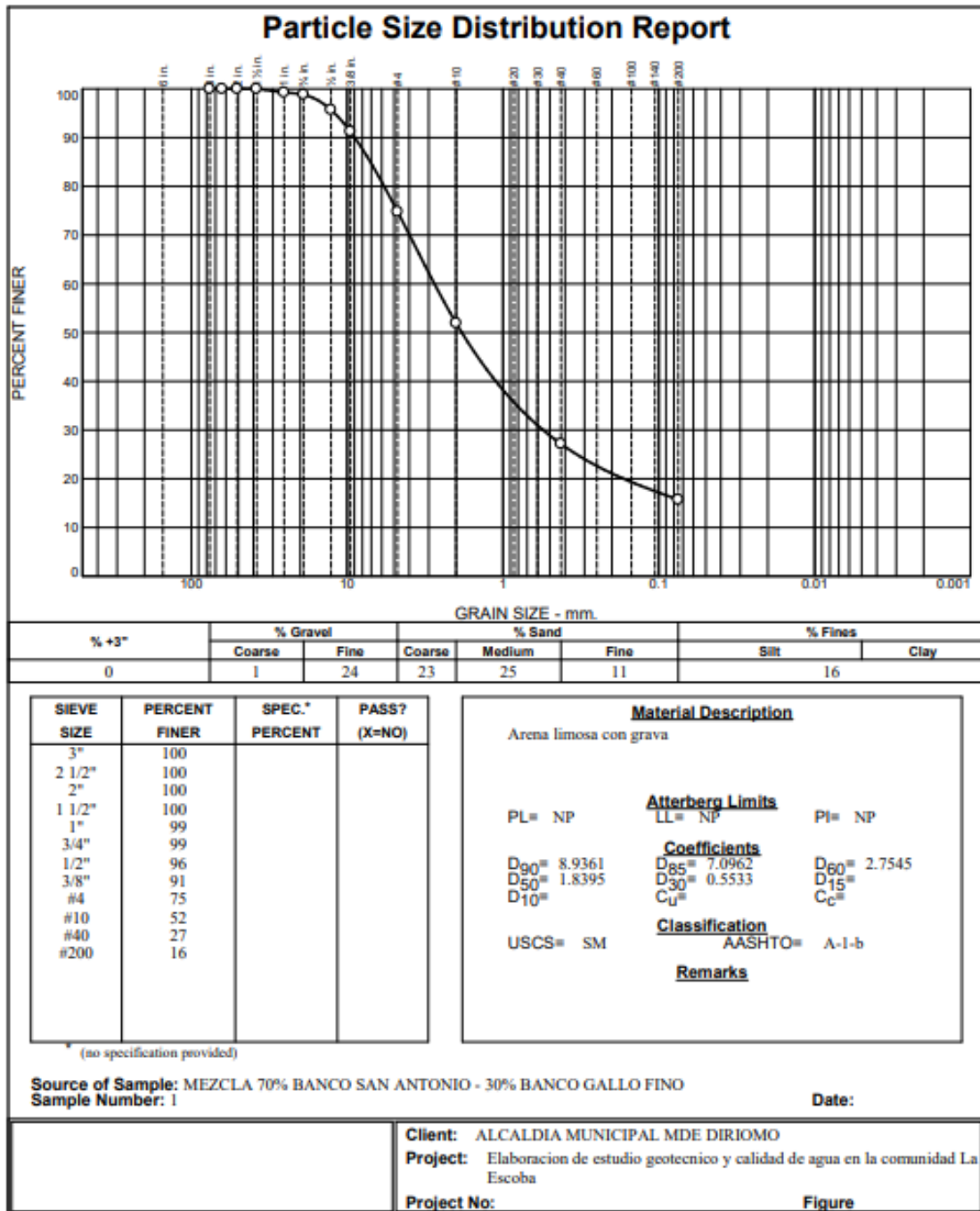
Figura 100 Curva granulométrica SPT-2



Tested By: Javier S Checked By: Kenia E

Fuente: FISE

Figura 101 Curva granulométrica de la combinación de los bancos de materiales



Tested By: Javier S Checked By: Kenia E

Fuente: FISE



Cliente : ALCALDIA MUNICIPAL DE DIRIOMO

Proyecto : ELABORACIÓN DE ESTUDIO GEOTÉCNICO Y CALIDAD DE AGUA EN LA COMUNIDAD LA ESCOBA

Sondeo No. SPT-1

Lugar : COMARCA LA ESCOBA, DIRIOMO

COTAS EN METROS	PROFUNDIDAD EN METROS	ESPAZOR ESTIMADO EN METROS	ALTEZA	TREPO	CLASIFICACION S.U.C.S.	DESCRIPCION GEOLOGICA Y CLASIFICACION DEL MATERIAL ENCONTRADO	LIMITE LIQUIDO	INDICE DE PLASTICIDAD	INDICE DE HUMEDAD		
Elevacion en metros 0											
-0.46	0.46	0.46	10	10	10	LIMO ARENOSO COLOR CAFE OSCURO CON PRESENCIA DE MATERIA ORGANICA	40	12			
-1.37	1.37	0.91				ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD CON ARENA COLOR CAFE CLARO	35	11	41.3	10	1
-2.29	2.29	0.91				ARENA LIMOSA COLOR CAFE CLARO	NP	NP	13.5	5	2
-4.11	4.11	1.83				ARENA LIMOSA COLOR AMARILLENTO	NP	NP	17.3	8	3
FIN DEL SONDEO No.SPT-1											

CLUE: CN = Cuchena Normal.

40.1

Fuente: FISE

Gráfico 3 Gráfico de resistencia a la penetración estándar y estratigrafía del sub-suelo SPT-2



Cliente : ALCALDIA MUNICIPAL DE DIRIOMO

Proyecto : ELABORACIÓN DE ESTUDIO GEOTÉCNICO Y CALIDAD DE AGUA EN LA COMUNIDAD LA ESCOBA

Sondeo No. SPT-2

Lugar : COMARCA LA ESCOBA, DIRIOMO

COTA EN METROS	PROFUNDIDAD EN METROS	ESPESOR ESTRATOS EN METROS	ACME	TREPMO	CLASIFICACION S.U.C.S.	DESCRIPCION GEOLOGICA Y CLASIFICACION DEL MATERIAL ENCONTRADO	LMITE LÍQUIDO	ÍNDICE DE PLASTICIDAD	ÍNDICE DE HUMEDAD	Operador : MARVIN G	Nivel Freático : NO SE ENCONTRÓ	Observaciones :	Archivo :	Fecha : 22-04-2019	HOJA No. 1 DE 1
ELEVACION EN METROS 0										N = Golpes / Pie					
										RECORRO	GOLPES	GOLPES FUERTE	REPETIDOS		
-0.46	0.46	0.46			CU-1	LIMO DE ALTA COMPRESIBILIDAD ARENOSO COLOR CAFE OSCURO	53	15		6"	3	6	1		
					CU-1	LIMO DE ALTA COMPRESIBILIDAD ARENOSO COLOR CAFE CLARO	50	11	36.4	6"	3	6	2		
-0.91	0.91	0.46			CU-1	LIMO DE ALTA COMPRESIBILIDAD ARENOSO COLOR CAFE OSCURO	54	21		7"	6	12	4		
		0.91			CU-1	LIMO DE ALTA COMPRESIBILIDAD ARENOSO COLOR CAFE OSCURO			34.1	7"	11	22	5		
-1.83	1.83				CU-1	LIMO DE ALTA COMPRESIBILIDAD ARENOSO COLOR CAFE OSCURO				7"	12	24	6		
-2.29	2.29	0.46			CU-1	ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD ARENOSA COLOR CAFE OSCURO	36	12		9"	12	24	7		
					CU-1	ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD ARENOSA COLOR CAFE OSCURO				9"	12	24	7		
-3.20	3.20	0.91			CU-1	ARENA LIMOSA COLOR CAFE OSCURO	36	11	16.3	7"	6	12	8		
					CU-1	ARENA LIMOSA COLOR CAFE OSCURO				11"	2	4	10		
		1.83			CU-1	ARENA LIMOSA COLOR AMARILLENTA	NP	NP	11.7	10"	10	20	11		
-5.03	5.03				CU-1	ARENA LIMOSA COLOR AMARILLENTA				7"	11	22	12		
					CU-1	ARENA LIMOSA COLOR AMARILLENTA			14.5	8"	10	20	14		
					CU-1	ARENA LIMOSA COLOR AMARILLENTA				6"	12	24	15		
					CU-1	ARENA LIMOSA COLOR AMARILLENTA				6"	18	36	16		
					CU-1	ARENA LIMOSA COLOR AMARILLENTA				6"	17	34	15		
FIN DEL SONDEO No. SPT-2															

C.N.E: CN = Cucheta Normal.

40.2

Fuente: FISE

Tabla 64 Lista de Coordenadas de BM's que Conforman La Poligonal Base

PTO	E	N	Z	DESCRIPCION
1	607433	1309131	337	BM-1
2	607456	1309083.6	335.26	BM-2
3	607430	1309114.7	336.27	BM-3
5516	605247	1308098.6	237.53	BM
5517	605243	1308105.6	237.53	BM
6540	608325	1309277.7	423.02	BM-14A
6602	608405	1309309.5	433.38	BM-15A
6655	608504	1309338.5	445.4	BM-16A
6667	608587	1309347	459.39	BM-17A
6748	608703	1309345.8	483.17	BM-18A
6811	608834	1309338.4	509.98	BM-19A
6892	608871	1309269	524.28	BM-20A
6917	608908	1309235.3	527.33	BM-21
6959	608929	1309193.5	531.65	BM-22A
7016	608961	1309149.7	538.33	BM-23A
7017	608940	1309196.2	531.97	BM-24A
7133	608970	1309169.1	542.66	BM-25A
7461	607273	1309412.7	329.1	BM-A4

Fuente: FISE

Tabla 65 Lista de Coordenadas de BM's que Conforman La Poligonal Auxiliar

PTO	E	N	Z	DESCRIPCION
7298	607353	1309291.9	334.69	AUX-1
7316	607335	1309299.3	333.1	AUX-2
7446	607280	1309416.1	329.19	AUX-3
6118	607477	1309179.9	343.49	AUX-4
1817	607826	1307959.6	337.21	AUX-5
1818	607791	1307979.9	334.69	AUX-6

Fuente: FISE



LABORATORIOS AMBIENTALES

CERTIFICADO DE ENSAYOS

FGAN1904-0056

CLIENTE		DIRECCIÓN		TELÉFONO
Johana López Olivas		Seminario 1c al norte		NR
ATENCIÓN		CARGO	EMAIL	CELULAR
Johana López Olivas		Ingeniera	idr2296@yahoo.com	8565-1468
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO				
INGRESO	INICIO DE ANALISIS	FINAL DE ANALISIS	FECHA DE EMISIÓN DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA CUSTODIA
22/04/2019	23/04/2019	03/05/2019	03/05/2019	3460
Fecha y Hora de Muestreo		22/04/2019; 11:45 am		
Muestreado por		Johana López Olivas		
Supervisor de Muestreo en Campo		Ing. Víctor Gutiérrez Gutiérrez		
Fuente		Pozo La Escoba		
Tipo de muestra		Agua Subterránea		
Observaciones de Ubicación		Diámetro		
Coordenadas		X: 0807462; Y: 1309178		
Codificación PIENSA		LA-1904-0353		
METODO SM y EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	UNIDAD	VALOR DE CONCENTRACIÓN PUNTO DE MUESTREO 1	Norma CAPRE*
Visual	Aspecto	NE	Claro	NE
4500-B	Potencial de Hidrógeno	pH	7.51	6.5 - 8.5**
2510-B	Conductividad Eléctrica	µS/cm	314.00	400**
2130-B	Turbiedad	UNT	0.042	5
2120-C	Color Verdadero	mg/L (Pt-Co)	<1.00	15
2320-B	Carbonatos	mg/L CaCO ₃	<0.40	NE
2320-B	Bicarbonatos	mg/L CaCO ₃	134.60	NE
4500-B	Nitratos	mg/L	10.94	50
4500-B	Nitritos	mg/L	<0.009	0.1
4500-D	Cloruros	mg/L	7.83	250
3500-B	Hierro Total	mg/L	0.007	0.3
4500-D	Sulfatos	mg/L	1.81	250
2340-C	Dureza total	mg/L CaCO ₃	123.12	400**
2340-C	Dureza Cálcica	mg/L CaCO ₃	79.20	NE
3500-B	Calcio	mg/L	31.74	100**
3500-B	Magnesio	mg/L	10.67	50
3500-B	Manganeso	mg/L	<0.02	0.5
3500-X	Sodio	mg/L	8.17	200
3500-C	Potasio	mg/L	1.70	10
4500-C	Fluor	mg/L	0.311	0.7
2540-C	Sólidos Disueltos Totales	mg/L	194.00	1000
4500-P	Fósforo	mg/L	0.30	NE
4500-E	Cianuro	mg/L	0.002	0.05

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva.
Abreviaturas y símbolos: <= menor al Límite de Detección que se especifica por parámetro, NE= No especificada en la Norma, NR= No Reporta
Métodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater 23 RD 2017,
EPA = Environmental Protection Agency, * Normas de Calidad del Agua Para Consumo Humano, Norma Regional CAPRE, ** Valor recomendado
OBSERVACIONES: La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada al laboratorio por el cliente.
Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente.

Ing. María Lidia Gómez
Coordinadora de Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.

0000583



LABORATORIOS AMBIENTALES

CERTIFICADO DE ENSAYOS

MP-1904-048

CLIENTE		DIRECCIÓN		TELÉFONO	
Johana López Olivas		Seminario 1c. al norte		NR	
ATENCIÓN		CARGO		EMAIL	
Johana López Olivas		Ingeniera		idr2296@yahoo.com	
CELULAR		8565-1468			
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO					
INGRESO		INICIO DE ANALISIS		FINAL DE ANALISIS	
22/04/2019		26/04/2019		26/04/2019	
FECHA DE EMISIÓN DE CERTIFICADO DE ANALISIS		CADENA CUSTODIA		NUMERO DE MUESTRAS	
02/05/2019		3460		Cuatro (04)	
Fecha y Hora de Muestreo		22/04/19; 11:45 am			
Muestreado por		Johana López Olivas			
Supervisor de Muestreo en Campo		Ing. Victor Gutiérrez Gutiérrez			
Fuente		Pozo la Escoba			
Tipo de muestra		Agua Subterránea			
Observaciones de Ubicación		Diriomo			
Coordenadas		X:0607462; Y:1309178			
Codificación PIENSA		LA-1904-0353			
MÉTODO SM // EPA		ENSAYO REALIZADO PARAMETRO		UNIDAD	
G.H		Arsénico		mg/L	
3350-B		Mercurio		mg/L	
VALOR DE CONCENTRACION		PUNTO DE MUESTREO 1			
<0.001		0.01			
<0.001		0.001			

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva.

Abreviaturas y símbolos: <= menor al Límite de Detección que se especifica por parámetro. NE= No especificada en la Norma, NR= No Reporta,

Métodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater 23 RD 2017

EPA = Environmental Protection Agency, * Normas de Calidad del Agua Para Consumo Humano: Norma Regional CAPRE

G.H: Generador de Hidruros, Utilizando ARDNATOR

Uti:KVALIUNI: La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada al laboratorio por el cliente.

Los resultados reportados corresponden a las ensayos solicitados por el cliente


Ing. María Lidia Gómez
Coordinadora de Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.



LABORATORIOS AMBIENTALES

CERTIFICADO DE ENSAYOS

MB-1904-069

CLIENTE			DIRECCIÓN		TELÉFONO
Johana López Olivas			Seminario 1o al norte		NR
ATENCIÓN			CARGO	EMAIL	CELULAR
Johana López Olivas			Ingeniera	idr2296@yahoo.com	8565-1458
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO					
INGRESO	INICIO DE ANALISIS	FIN DE ANALISIS	FECHA DE EMISIÓN DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA CUSTODIA	NÚMERO DE MUESTRAS
22/04/2019	22/04/2019	26/04/2019	03/05/2019	3460	Cuatro (04)
Fecha y Hora de Muestreo			22/04/2019 : 11.45 am		
Muestreado por			Johana López Olivas		
Supervisor de Muestreo en Campo			Ing. Victor Gutiérrez Gutiérrez		
Fuente			Pozo La Escoba		
Tipo de muestra			Agua Subterránea		
Observaciones de Ubicación			Diciendo		
Coordenadas			X:0807462 ; Y:1369178		
Codificación PIENSA			LA-1904-0353		
MÉTODO SM / EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	UNIDAD	VALOR DE CONCENTRACIÓN PUNTO DE MUESTREO 1		Norma CAPRE*
9221-B	Coliforme Total	NMP/100mL	33.0		Negativo
9221-E	Coliforme Fecal	NMP/100mL	4.0		Negativo

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva.
Abreviaturas y símbolos: <= menor al Límite de Detección que se especifica por parámetro. NE= No especificado en la Norma. NR= No Reporte.
Métodos, Normas y/o Decreto aplicados: SM = Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater 23 RD 2017
EPA = Environmental Protection Agency, * Normas de Calidad del Agua Para Consumo Humano: Norma Regional CAPRE

OBSERVACIONES: La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada al laboratorio por el cliente.

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente

Ing. María Lidia Olivas
Coordinadora Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.



EMPRESA NICARAGÜENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS SANITARIOS

LABORATORIO CENTRAL
REPORTE ANALITICO

I. Datos generales

Número de Informe: 2018-2349

Unidad Organizativa Solicitante

ENACAL Granada

Informe dirigido a: Lic. Erving Baca

Procedencia de la muestra

Departamento: Granada

Municipio: Diriomo

Localidad: La Escoba

II. Información de la muestra

Código Laboratorio 14793

Cadena custodia 0632

Descripción de la muestra y Punto de captación

PP La Escoba

Fecha de captación: 12/12/2018 11:21:00 a.m.

Fecha de ingreso al Lab: 12/12/2018 01:35:00 p.m.

Fecha de emisión de informe: 14/12/2018

Muestra captada por: Erick García

RESULTADOS DE ANALISIS FISICO QUIMICO

PARÁMETRO	Unidad	RESULTADO	Método	Limite de Detección
Apariencia		CLARA	inspección visual	no aplicable
Color verdadero	UC	0.09	colorimétrico Pt Co	3.226 UC
Turbidez	NTU	0.17	SM 2130 B.	0.404 ntu
Sólidos disueltos	mg/L	144.50	SM 2540 c	no aplicable
Temperatura	°C	20.1	SM 2550 B.	no aplicable
pH	adim.	7.65	SM 4500-H B.	no aplicable
Conductividad elect.	µS/cm	276.10	SM 2510 B.	2.547 µS/cm
Alcalinidad total (CaCO ₃)	mg/L	130.43	SM 2320 B.	5.202 mg/L
Dureza total (CaCO ₃)	mg/L	125.13	SM 2340 C.	no determinado
Índice de saturación	Adim.	-0.01	SM 2330 B.	no aplicable
Sodio (Na)	mg/L	9.38	SM 3500-Na B	0.020 mg/l
Calcio (Ca)	mg/L	29.89	SM 3500-Ca B.	no determinado
Magnesio (Mg)	mg/L	12.27	SM 3500-Mg B.	no determinado
Potasio (K)	mg/L	3.20	SM 3500-K B.	0.020 mg/l
Hierro total (Fe 2+)	mg/L	0.002	SM 3500 Fe- B	0.044 mg/L
Bicarbonatos (HCO ₃)	mg/L	159.03	SM 2320 B.	no determinado
Carbonatos (CO ₃)	mg/L	0.0	SM 2320 B.	no determinado
Hidroxilo (OH)	mg/L	0.0	SM 2320 B.	no determinado
Cloruros (Cl)	mg/L	5.18	SM 4500-Cl F.	2.917 mg/L
Sulfatos (SO ₄)	mg/L	2.55	SM 4500-SO ₄ B.	6.576 mg/L
Nitratos (NO ₃)	mg/L	16.07	SM 4500-NO ₃ -C	2.8820 mg/L
Nitritos (NO ₂)	mg/L	ND	SM 4500-NO ₂ -C.	0.007 mg/L
Fluor (F)	mg/L	0.14	SM 4500-F C.	0.1400 mg/L
Boro (B)	mg/L		SM 4500-B B.	0.062 mg/L
Silice (SiO ₂)	mg/L		SM 4500-SiO ₂ C.	0.05 mg/L
Amonio	mg/L		4500-NH ₃ F.	0.0003 mg/L
Sulfuro	mg/L			0.040 mg/L

% balance iónico: -1.3

OBSERVACIONES: SM Estándar Método para la examinación de agua y agua residual. Edición 17 y 21 APHA AWWA WEF

DATOS DE CAMPO: pH= 7.74, Temp= 27.1, Cond. Elect= 364.0, Turb= 0.0, Color= 0.0, CR= 0.0

Lic. Narciso Romero Pérez

Analista Laboratorio Físico Químico

ENACAL
Dpto. Control y Calidad del Agua
Recibido por: Darlyn
Fecha: 19 DIC 2018
Hora: 8:25 AM

Lic. Evelyn Rodríguez Orozco

Analista Lab. Cromatografía de Gases

Km 5 carretera sur 35 avenida S.O., Managua, Nicaragua

Teléfono 22538000 ext 2160-2162 Módulos Nuevos

Página 1 de 1

ENAL

CADENA No.: 0632
Fecha/Hora Recep: 12/12/2018 02:00 p.m.
Muestra captada por: Erick García

[illegible]

Observación:

Melida Nufiez
Ing. Melida Nufiez
Analista Laboratorio Bacteriologia

ENACAL
Dpto. Control y Calidad del Agua
Recibido por: Parlay
Fecha: 19 DIC 2018
Hora: 3:25 AM

Ing. Evelyn Rodríguez Ojeda
Analista Lab. Cromatografía de Gases



EMPRESA NICARAGÜENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS SANITARIOS

LABORATORIO CENTRAL
REPORTE ANALITICO

I. Datos generales

Número de Informe: 2349-2018

Unidad Organizativa Solicitante

ENACAL Granada

Informe dirigido a: Lic. Erving Baca

Procedencia de la muestra

DEPARTAMENTO: Granada

MUNICIPIO: Diriomo

LOCALIDAD: La Escoba

II. Información de la muestra

Código Laboratorio

Cadena custodia 0632-2018

Descripción de la muestra y Punto de captación

PP La Escoba (14793)

Fecha de captación: 12/12/2018 11:21:00 a.m.

Fecha de ingreso al Lab: 12/12/2018 03:00:00 p.m.

Fecha de emisión de informe: 26/12/2018

Muestra captada por: Erick García

RESULTADOS DE ANALISIS DE CROMATOGRAFIA DE GASES

PARÁMETRO	Unidad	RESULTADO	Método	Límite de Detección
Alfa-BHC	ug/l	ND	EPA 8081A	0.002
Beta-BHC	ug/l	ND	EPA 8081A	0.001
Lindano	ug/l	ND	EPA 8081A	0.001
Delta-BHC	ug/l	ND	EPA 8081A	0.003
Heptacloro	ug/l	ND	EPA 8081A	0.001
Aldrin	ug/l	ND	EPA 8081A	0.002
Heptacloro-epóxido	ug/l	ND	EPA 8081A	0.004
Endosulfán I	ug/l	ND	EPA 8081A	0.001
p,p-DDE	ug/l	ND	EPA 8081A	0.001
Dieldrin	ug/l	ND	EPA 8081A	0.001
Endrin	ug/l	ND	EPA 8081A	0.002
Endosulfán II	ug/l	ND	EPA 8081A	0.002
p,p-DDD	ug/l	ND	EPA 8081A	0.001
Endrin aldehído	ug/l	ND	EPA 8081A	0.002
Endosulfán sulfato	ug/l	ND	EPA 8081A	0.004
p,p-DDT	ug/l	ND	EPA 8081A	0.002
Metoxicloro	ug/l	ND	EPA 8081A	0.002
Toxafeno total	ug/l	ND	EPA 505	1.0

ND: NO DETECTADO

COMP_ SURROGADO: % RECOBRO SURROGADO:

Dibutylcloroendate 84

LIMITE PERMITIDO: 70 - 130

Datos de campo

TEMP. °C

pH

Turbidez NTU

observaciones:

Los resultado de plaguicidas organoclorados están basados en el método de cuantificación del estándar interno, tomando como referencia la curva de calibración del método. Rango de la curva de calibración: 5-100 ppb.

Ing. Evelyn Rodríguez O.
Analista Responsable

ENACAL	
Dpto. Control y Calidad del Agua	
Recibido por:	HSU
Fecha:	28/12/18
Hora:	7:20 am

Ing. Evelyn Rodríguez O.
Analista Lab. Cromatografía de Gases

Km 5 carretera sur 36 avenida S.O., Managua, Nicaragua
Teléfono 22538000 ext 2160/2162

Página 1 de 1

**LABORATORIO CENTRAL
REPORTE ANALITICO**

I. Datos generales

Número de Informe: 2018-2349

Unidad Organizativa Solicitante

ENACAL Granada

Informe dirigido a: Lic. Erving Baca

Procedencia de la muestra

Departamento: Granada

Municipio: Diriomo

Localidad: La Escoba

II. Información de la muestra

Código Laboratorio 2018-2349

Cadena custodia 0632

Descripción de la muestra y Punto de captación

PP La Escoba (14793)

PP

Fecha de captación: 12/12/2018

Fecha de ingreso al Lab: 12/12/2018

Fecha de emisión de informe: 13/12/2018

Muestra captada por: Erick García

RESULTADOS DE ANALISIS DE ABSORCION ATOMICA

PARÁMETRO	Unidad	RESULTADO	Incertidumbre	Método	Límite de Detección
Arsénico (As)	µg/L	1.13		SM 3113 B, 3030 E	0.484
Plomo (Pb)	µg/L	ND		SM 3113 B, 3030 E	0.274
Cromo (Cr)	µg/L			SM 3113 B, 3030 E	
Aluminio (Al)	µg/L			SM 3113 B, 3030 E	
Cobre (Cu)	mg/L	<LDM		SM 3111 B, 3030 E	0.105
Cadmio (Cd)	µg/L			SM 3113 B, 3030 E	
Manganeso (Mn)	mg/L	0.082		SM 3111 B, 3030 E	0.064
Mercurio (Hg)	µg/L			SM 3114 C, 3030 E	
Zinc (Zn)	mg/L	<LDM		SM 3111 B, 3030 E	0.040
Hierro total (Fe T.)	mg/L			SM 3113 B, 3030 E	
Niquel (Ni)	µg/L			SM 3113 B, 3030 E	

ND: No Detectado

Datos de campo

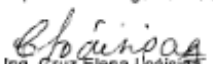
Temp_campo: 27.1

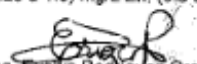
pH_campo: 7.74

Cond. Elect. campo 364

OBSERVACIONES:

El Método utilizado es SM-3113-B (Absorción Atómica con Horno de Grafito) y SM-3111-B (Absorción Atómica con Método Directo de Llama Aire-Acetileno) de Standard Methods, 21th Edición. Con modificador de matriz de Pd (NO₃)₂ 40% para As y modificador de matriz de Mg (NO₃)₂ 50% para Pb. Rango de Trabajo de (5.0 a 20) µg/L As, (2.5 a 10) µg/L Pb, (0.5 a 3.5) mg/L Cu, (0.25 a 1.0) mg/L Zn, (0.5 a 2.0) mg/L Mn.


Ing. Cruz Elena Loaisiga
Analista Laboratorio Absorción Atómica


Ing. Evelyn Rodríguez Orozco
Analista Laboratorio Cromatografía de Gases

Km 5 carretera sur 35 avenida S.O., Managua, Nicaragua
Teléfono 22538000 ext 2160 / 2162