



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

“DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO EN LA COMUNIDAD EL JÍCARO, MUNICIPIO DE ESTELÍ, DEPARTAMENTO DE ESTELÍ”

Para optar al título de Ingeniero Civil

Elaborado por

- ✓ Br. Deborah Fernanda Quintero Paz
- ✓ Br. Mercedes Odilí Rizo Sobalvarro
- ✓ Br. Morena Guadalupe Gómez Castro

Tutor

Ing. Juan Leonardo Chow Zúniga

Managua, Noviembre 2022

Dedicatoria

Con todo amor y cariño dedico este trabajo:

A nuestro Dios y padre celestial, por darme salud, sabiduría y voluntad para seguir adelante siempre; por ser mi fortaleza, mi guía y mi camino en los momentos felices e inciertos de mi vida, gracias por todo.

A mi madre Lydia Marina Paz Ferrufino, por ser mi apoyo incondicional, por estar siempre para mí y aguantar todas mis locuras estos años, espero que sea así por mucho tiempo.

A mi esposo Maxuell Zapata Mendoza por ser mi inspiración cada día, por darme la fuerza y regaños para seguir adelante, gracias por estar aquí en mi vida.

A mi papá de corazón Mario Bernal, por apoyarme desde el tiempo que llegó a mi vida y tomar un lugar especial en mi corazón.

A mis hermanos Josseline, Roger y Kenny, por ser una motivación cada día y estar siempre para mí.

A mis abuelos Roger y Celina, por su amor y cuidados todos estos años.

A mis suegros, Juan y Elena por sus oraciones infinitas todos estos días.

A mis tíos(as), Jairo, Denis, Noel, Ariel, Walter, Nereyda, Rafaela, Elisa, Sandra y Ericka por darme ánimos, apoyarme, aconsejarme, cuidarme y estar en cada momento de mi vida hasta el momento, y a mis primos por echarme porras siempre.

Deborah Fernanda Quintero Paz.

Dedicatoria

Esta meta alcanzada es para “DIOS”, fuente de toda sabiduría, por guiar mis pasos y darme la fortaleza en los momentos de dificultad.

Mi más sincero reconocimiento a mi mamá, “María Teresa Gonzáles” que, a pesar de nuestra distancia física, sé que estás conmigo siempre y me das las fuerzas necesarias para continuar, gracias porque fuiste una mujer excepcional, por enseñarme a luchar con tenacidad para alcanzar mis metas, por confiar en mí, en cada una de mis decisiones, me enseñaste que con entrega se puede salir adelante a pesar de los obstáculos.

Con mucho cariño, a mi papá “Daniel Rizo” y mis hermanos quienes con gran amor y esfuerzo me han apoyado para alcanzar mis metas y que junto a mí han luchado para hacer mis sueños realidad, gracias por sus sabios consejos.

A mis sobrinos, por ser una motivación y alegría en mi vida, les dejo este ejemplo de dedicación y superación, los quiero mucho.

Dedico este logro también, a todas las personas que nos han dado todo lo que somos como persona, nuestros valores, principios, carácter, empeño y conocimientos.

Mercedes Odili Rizo Sobalvarro.

Dedicatoria

Dios y la virgen de Guadalupe por el don de la vida y ser forjadores de mi camino, guías espirituales dirigiéndome por el sendero correcto aceptando mis fallas y aprendiendo de ellas para ser mejor persona cada día, darme la sabiduría necesaria para continuar en el camino que un día emprendí con el deseo de culminarlo y no desampararme en el transcurso del mismo hasta alcanzar mis anhelos.

En especial dedico este logro a mis padres Enrique Antonio Gómez Matamoros y mi madre Fátima del Rosario Castro Chavarría por compartir sus palabras llenas de amor, por ser ellos principal fuente de motivación para poder lograr uno de los pequeños anhelos de mi vida y ser los que me apoyaron desde un principio en este largo camino que con sus consejos y regaños me instaron para no darme por vencida y poder estar cada día más cerca de alcanzarlos.

A mis hermanas Eyra Susana Gómez Castro, Katherine Sujey Gómez Castro por brindarme su apoyo y consejos y nunca dejar de motivarme y desear lo mejor para mi persona.

Al padre de mi hija Gerald Carrero porque siempre me ha apoyado y nunca dejó de creer en mí y a mi bebé que, aunque aún no ha nacido desde que supe que ella venía en camino es motivo de superación.

Mi equipo de trabajo por crear un lazo de amistad sincero y contar con el mejor de los apoyos para culminar este proceso, siempre las llevare en mi corazón.

Tutor Ing. Juan Leonardo Chow Zúniga por sus consejos en el desarrollo de la misma.

Morena Guadalupe Gómez Castro.

Agradecimiento

Agradecemos a Dios por darnos la sabiduría, fuerza, coraje y el privilegio de cumplir este sueño tan anhelado en nuestras vidas.

A nuestra familia por brindarnos su apoyo moral, económico y espiritual, tanto en nuestra formación personal como profesional.

A cada uno de los profesores que durante toda nuestra carrera profesional han aportado a nuestra formación, quienes con sus conocimientos, experiencia y motivación lograron que pudiéramos concluir los estudios con éxito, en especial agradecer a nuestro tutor Ing. Juan Leonardo Chow Zúniga por sus constantes tutorías y dudas aclaradas durante el transcurso de este trabajo investigativo.

A la Universidad Nacional de Ingeniería por abrirnos las puertas de la enseñanza y darnos la oportunidad de formarnos como profesionales.

A la Alcaldía de Estelí, en especial al Ing. Jorge Lazo por acompañarnos en cada una de las etapas de esta investigación y facilitarnos información indispensable para la elaboración de este trabajo.

Por último, a todas las personas que directa e indirectamente aportaron a la elaboración de esta monografía.

“Gracias”

Br. Deborah Fernanda Quintero Paz

Br. Mercedes Odili Rizo Sobalvarro

Br. Morena Guadalupe Gómez Castro

RESUMEN

La comunidad El Jícaro, ubicada en el municipio de Estelí, departamento de Estelí presenta problemas de calidad y continuidad del servicio de agua potable suministrada por pozos artesanales y comunales expuestos a contaminación. Por tal razón es necesaria la construcción de un sistema de abastecimiento que permita mejorar la calidad de vida de la población.

El presente documento detalla los procedimientos de cada uno de los estudios que forman parte del diseño del sistema de abastecimiento de agua por bombeo y saneamiento para la comunidad, entre ellos: Recolección y procesamiento de datos para obtener información socioeconómica, topográfica y calidad de agua. A través de la información recopilada se procedió al dimensionamiento de los elementos que forman parte del sistema propuesto (fuente-tanque-red) y la propuesta de un sistema de saneamiento para la eliminación de excretas y aguas residuales, siguiendo las normativas establecidas en el país por el Ministerio de Fomento, Industria y Comercio (MIFIC).

La población beneficiaria del proyecto para un período de diseño de 20 años es de 1188 habitantes. El análisis hidráulico de la red se realizó con el software EPANET y se obtuvo un monto estimado para la ejecución del proyecto de C\$ 7,680,679.49.

ÍNDICE DE CONTENIDO

I.GENERALIDADES.....	1
1.1.INTRODUCCIÓN	1
1.2.ANTECEDENTES	2
1.3.JUSTIFICACIÓN	3
1.4.OBJETIVOS	4
1.4.1.Objetivo general:	4
1.4.2.Objetivos específicos:	4
II.MARCO TEÓRICO	5
2.1.Estudio socioeconómico.....	5
2.2.Fuente de abastecimiento	5
2.2.1.Aforo del pozo	6
2.2.2.Calidad del agua	6
2.2.2.1.Análisis físico-químico.....	6
2.2.2.2.Análisis bacteriológico.....	6
2.3.Estudio topográfico	7
2.4.Diseño del MABE	7
2.4.1.Análisis de la demanda	7
2.4.1.1.Tasa de crecimiento	7
2.4.1.2.Proyección de la población	8
2.4.1.3.Dotación	8
2.4.1.4.Nivel de servicio	8
2.4.1.5.Población a servir.....	8
2.4.2.Parámetros de diseño	8
2.4.2.1.Periodos de diseño	9
2.4.2.2.Variaciones de consumo	9
2.4.2.3.Presiones máximas y mínimas.....	9
2.4.2.4.Velocidades permisibles en tuberías.....	9
2.4.2.5.Resistencia de la tubería y su material.....	9
2.4.2.6.Cobertura de la tubería	10
2.4.3.Elementos hidráulicos del sistema	10

2.4.3.1.Estación de bombeo.....	10
2.4.3.2.Línea de conducción	10
2.4.3.3.Almacenamiento	11
2.4.3.4.Red de distribución.....	11
2.4.3.5.Tratamiento y desinfección	11
2.5.Saneamiento	12
2.6.Presupuesto	12
2.7.Planos	13
III.DISEÑO METODOLÓGICO.....	14
3.1.Tipo de investigación	14
3.1.1.Macro localización.....	14
3.1.2.Micro localización	15
3.2.Estudio socioeconómico.....	15
3.2.1.Recopilación de datos	15
3.2.2.Procesamiento de datos y análisis de información	16
3.3.Fuente de abastecimiento	16
3.3.1.Aforo del pozo	16
3.3.2.Calidad del agua	16
3.4.Estudio topográfico	17
3.5.Diseño del MABE	18
3.5.1.Análisis de la demanda	18
3.5.1.1.Tasa de crecimiento	18
3.5.1.2.Población de diseño	18
3.5.1.3.Dotación	19
3.5.2.Parámetros de diseño	19
3.5.2.1.Período de diseño	19
3.5.2.2.Demanda.....	19
3.5.3.Dimensionamiento de los elementos hidráulicos del sistema	20
3.5.3.1.Estación de bombeo.....	20
3.5.3.2.Diámetro de columna de bombeo	21
3.5.3.3.Sarta.....	22

3.5.3.4.Línea de conducción	23
3.5.3.5.Simulación hidráulica en EPANET	27
3.5.3.6.Tanques de almacenamiento	28
3.5.3.7.Desinfección.....	29
3.6.Saneamiento	31
3.7.Presupuesto	32
IV.RESULTADOS	33
4.1.Estudio socioeconómico.....	33
4.1.1.Población	33
4.1.2.Vivienda	36
4.1.3.Economía y empleo	37
4.1.4.Salud.....	39
4.1.5.Educación	39
4.1.6.Transporte.....	40
4.1.7.Energía eléctrica	40
4.1.8.Desechos sólidos y líquidos	40
4.1.9.Saneamiento	42
4.1.10.Disponibilidad de integración al proyecto	44
4.1.11.Organización comunitaria.....	45
4.2.Fuente de abastecimiento	45
4.2.1.Características	46
4.2.1.1.Ubicación	46
4.2.1.2.Características hidrogeológicas	46
4.2.1.3.Características constructivas	46
4.2.2.Prueba de bombeo.....	46
4.2.3.Calidad del agua	47
4.2.3.1.Análisis físico químico	47
4.2.3.2.Análisis bacteriológico.....	48
4.3.Estudio topográfico	48
4.3.1.Levantamiento topográfico	48
4.3.2.Planos topográficos.....	49

4.4.Análisis de la demanda	51
4.4.1.Tasa de crecimiento poblacional.....	51
4.4.2.Proyección de la población	52
4.4.3.Dotación	53
4.4.4.Demanda.....	53
4.5.Diseño hidráulico.....	55
4.5.1.Columna de bombeo	58
4.5.2.Sarta.....	59
4.5.3.Línea de conducción	61
4.5.3.1.Línea de impulsión por bombeo tramo 1, [0+000 – 0+760].....	62
4.5.3.2.Línea de impulsión por bombeo tramo 2, (0+760 – 2+787).....	63
4.5.4.Tanques de almacenamiento	71
4.5.5.Desinfección.....	73
4.5.6.Simulación hidráulica en EPANET	74
4.5.6.1.Simulación de la línea de conducción con bomba teórica.....	74
4.5.6.2.Línea de conducción con bomba comercial	77
4.5.6.3.Simulación de la red de distribución con CMH.....	89
4.5.6.4.Simulación con demanda cero	146
4.5.6.5.Simulación de cloro	148
4.5.7.Conexiones domiciliarias	150
4.6.Saneamiento	150
4.6.1.Sistema de disposición de excretas	150
4.6.2.Aguas residuales.....	153
4.6.2.1.Selección del sistema de disposición de aguas residuales	154
4.7.Presupuesto	158
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	160
□ Conclusiones	160
□ Recomendaciones.....	162
BIBLIOGRAFÍA	163
ANEXOS	I
Anexo 1: Encuesta socioeconómica	I

Anexo 2: Sistema de abastecimiento de agua y disposición de excretas actual.....	V
Anexo 3: Hidrología de Estelí.....	VII
Anexo 4: Prueba de bombeo.....	VIII
Anexo 5: Resultados del análisis físico-químico	XII
Anexo 6: Resultados del análisis bacteriológico	XIV
Anexo 7: Esquema del sistema.....	XV
Anexo 8: Diámetros comerciales de tubería PVC	XVII
Anexo 9: Diámetros comerciales de tubería HG	XVIII
Anexo 10: Pérdidas locales.....	XIX
Anexo 11: Prueba de infiltración	XXI
Anexo 12: Presupuesto	XXII
Anexo 13: Planos	XLIV

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Mapa de macro localización	14
Ilustración 2: Mapa de micro localización.....	15
Ilustración 3: Esquema de energía y sobre presión	68
Ilustración 4: Curva de rendimiento de bomba de 3 Hp	70
Ilustración 5: Curva de rendimiento de bomba de 5 Hp	71
Ilustración 6: Velocidades en el tramo 1 de la línea de conducción.....	75
Ilustración 7: Velocidades en el tramo 2 de la línea de conducción.....	76
Ilustración 8: Presiones en el tramo 1 de la línea de conducción.....	82
Ilustración 9: Presiones en el tramo 2 de la línea de conducción.....	83
Ilustración 10: Velocidades en el tramo 1 de la línea de conducción con bomba comercial.....	84
Ilustración 11: Velocidades en el tramo 2 de la línea de conducción con bomba comercial.....	85
Ilustración 12: Perfil de cota de la línea de conducción	86
Ilustración 13: Perfil longitudinal de altura de la línea de conducción	87
Ilustración 14: Perfil longitudinal de presión de la línea de conducción	88
Ilustración 15: Presiones y velocidades en el tramo 1-A.....	94
Ilustración 16: Perfil longitudinal de cota del tramo 1-A	95
Ilustración 17: Perfil longitudinal de altura del tramo 1-A	96
Ilustración 18: Perfil longitudinal de presión del tramo 1-A	97
Ilustración 19: Presiones y velocidades en el tramo 2-B.....	98
Ilustración 20: Perfil longitudinal de cota del tramo 2-B	100
Ilustración 21: Perfil longitudinal de presión del tramo 2-B	101
Ilustración 22: Perfil longitudinal de altura del tramo 2-B	102
Ilustración 23: Presiones y velocidades en el tramo 3-C.....	103
Ilustración 24: Perfil longitudinal de cota del tramo 3-C	105
Ilustración 25: Perfil longitudinal de presión del tramo 3-C	106
Ilustración 26: Perfil longitudinal de altura del tramo 3-C	107
Ilustración 27: Presiones y velocidades en el tramo 4-D.....	108
Ilustración 28: Perfil longitudinal de cota del tramo 4-D	110

Ilustración 29: Perfil longitudinal de presión del tramo 4-D	111
Ilustración 30: Perfil longitudinal de altura del tramo 4-D	112
Ilustración 31: Presiones y velocidades en el tramo 5-E	113
Ilustración 32: Perfil longitudinal de cota del tramo 5-E	115
Ilustración 33: Perfil longitudinal de presión del tramo 5-E	116
Ilustración 34: Perfil longitudinal de altura del tramo 5-E	117
Ilustración 35: Presiones y velocidades en el tramo 6-F	118
Ilustración 36: Perfil longitudinal de cota del tramo 6-F	121
Ilustración 37: Perfil longitudinal de presión del tramo 6-F	122
Ilustración 38: Perfil longitudinal de altura del tramo 6-F	123
Ilustración 39: Presiones y velocidades en el tramo 7-G	124
Ilustración 40: Perfil longitudinal de cota del tramo 7-G	126
Ilustración 41: Perfil longitudinal de presión del tramo 7-G	127
Ilustración 42: Perfil longitudinal de altura del tramo 7-G	128
Ilustración 43: Presiones y velocidades en el tramo 8-H	129
Ilustración 44: Perfil longitudinal de cota del tramo 8-H	132
Ilustración 45: Perfil longitudinal de presión del tramo 8-H	133
Ilustración 46: Perfil longitudinal de altura del tramo 8-H	134
Ilustración 47: Presiones y velocidades en el tramo 9-I	137
Ilustración 48: Perfil longitudinal de cota del tramo 9-I	138
Ilustración 49: Perfil longitudinal de presión del tramo 9-I	139
Ilustración 50: Perfil longitudinal de altura del tramo 9-I	140
Ilustración 51: Presiones y velocidades en el tramo 10-J	141
Ilustración 52: Perfil longitudinal de cota del tramo 10-J	143
Ilustración 53: Perfil longitudinal de presión del tramo 10-J	144
Ilustración 54: Perfil longitudinal de altura del tramo 10-J	145
Ilustración 55: Presiones hidrostáticas en la red	147
Ilustración 56: Distribución del cloro en la red a las 11 horas	148
Ilustración 57: Distribución del cloro a las 16 horas	149
Ilustración 58: Distribución del cloro a las 24 horas	149
Ilustración 59: Sistema de abastecimiento actual	V

Ilustración 60: Sistema de disposición de excretas actual	V
Ilustración 61: Fuente de abastecimiento superficial.....	VI
Ilustración 62: Sistema fuente-red-tanque	XV
Ilustración 63: Sistema fuente-tanque-red	XVI
Ilustración 64: Descapote de área de 1 m ²	XXI
Ilustración 65: Agujero cilíndrico de 30 cm de diámetro.....	XXI
Ilustración 66: Nivel de referencia	XXI
Ilustración 67: Profundidad del agujero.....	XXI
Ilustración 68: Llenado del agujero	XXI
Ilustración 69: Lectura de datos	XXI

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Distribución de la población	33
Tabla 2: Distribución de la población por sexo.....	34
Tabla 3: Jefatura del hogar	34
Tabla 4: Distribución de la población por edades.....	35
Tabla 5: Materiales de las viviendas	36
Tabla 6: Estado de las viviendas.....	37
Tabla 7: Ocupaciones de los habitantes	37
Tabla 8: Ingresos de las familias (Córdobas).....	38
Tabla 9: Nivel de escolaridad	39
Tabla 10: Acceso a energía eléctrica	40
Tabla 11: Manejo de la basura.....	41
Tabla 12: Manejo de las aguas grises.....	41
Tabla 13: Instalaciones sanitarias	42
Tabla 14: Condición de las instalaciones sanitarias.....	42
Tabla 15: Sistema de abastecimiento de agua	43
Tabla 16: Calidad del agua	44
Tabla 17: Organización comunitaria.....	45
Tabla 18: Planos topográficos.....	50
Tabla 19: Proyección de la población	52
Tabla 20: Demanda de agua.....	55
Tabla 21: Distribución de la población por tanque	56
Tabla 22: Comparación de sistema contra red y contra tanque.....	57
Tabla 23: Diámetros de columna de bombeo	58
Tabla 24: Diámetros de sarta	59
Tabla 25: Coeficientes de pérdidas por accesorios en la sarta.....	61
Tabla 26: Valores de K para hallar la celeridad.....	65
Tabla 27: Coeficiente C en función de la gradiente hidráulica	66
Tabla 28: Coeficiente K en función de la longitud de la línea de conducción.....	66
Tabla 29: CDT para el año 10 del período de diseño.....	69

Tabla 30: Dosis de cloro y aplicación.....	73
Tabla 31: Presiones en la línea de conducción.....	77
Tabla 32: Velocidades en la línea de conducción	79
Tabla 33: Caudales nodales.....	90
Tabla 34: Presiones en el tramo 1-A.....	91
Tabla 35: Velocidades en el tramo 1-A	92
Tabla 36: Presiones en el tramo 2-B.....	99
Tabla 37: Velocidades en el tramo 2-B	99
Tabla 38: Presiones en el tramo 3-C.....	104
Tabla 39: Velocidades en el tramo 3-C	104
Tabla 40: Presiones en el tramo 4-D.....	109
Tabla 41: Velocidades en el tramo 4-D	109
Tabla 42: Presiones en el tramo 5-E.....	114
Tabla 43: Velocidades en el tramo 5-E	114
Tabla 44: Presiones en el tramo 6-F	119
Tabla 45: Velocidades en el tramo 6-F	119
Tabla 46: Presiones en el tramo 7-G	125
Tabla 47: Velocidades en el tramo 7-G.....	125
Tabla 48: Presiones en el tramo 8-H.....	130
Tabla 49: Velocidades en el tramo 8-H.....	131
Tabla 50: Presiones en el tramo 9-I	135
Tabla 51: Velocidades en el tramo 9-I.....	136
Tabla 52: Presiones en el tramo 10-J	141
Tabla 53: Velocidades en el tramo 10-J.....	142
Tabla 54: Presiones con demanda cero.....	146
Tabla 55: Datos de campo de prueba de infiltración.....	155
Tabla 56: Relación de rebajamiento.....	157
Tabla 57: Tasa de infiltración	157
Tabla 58: Área requerida de absorción	158
Tabla 59: Presupuesto por etapas	158

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Distribución de la población	33
Gráfico 2: Distribución de la población por sexo	34
Gráfico 3: Jefatura del hogar.....	35
Gráfico 4: Distribución de la población por edades	35
Gráfico 5: Materiales de las viviendas.....	36
Gráfico 6: Estado de las viviendas	37
Gráfico 7: Ocupaciones de los habitantes.....	38
Gráfico 8: Ingresos mensuales de las familias (Córdobas)	38
Gráfico 9: Nivel de escolaridad de los pobladores	39
Gráfico 10: Acceso a energía eléctrica	40
Gráfico 11: Manejo de la basura	41
Gráfico 12: Manejo de las aguas grises	41
Gráfico 13: Instalaciones sanitarias	42
Gráfico 14: Estado de las instalaciones sanitarias	43
Gráfico 15: Sistema de abastecimiento de agua	44
Gráfico 16: Características del agua	44
Gráfico 17: Organización comunitaria	45
Gráfico 18: Infiltración	155

ABREVIATURAS

Acrónimos

ASTM: American Standard for Testing and Materials

CAPS: Comité de Agua Potable y Saneamiento

CAPRE: Comité Coordinador Regional de Instituciones de Agua Potable y Saneamiento de Centroamérica, Panamá y República Dominicana

CONAGUA: Comisión Nacional del Agua

ENACAL: Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados

FISE: Fondo de Inversión Social de Emergencia

GPS: Sistema Global de Posicionamiento Satelital

INAA: Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados

INETER: Instituto Nicaragüense de Estudios territoriales

INIDE: Instituto Nacional de Información de Desarrollo

MIFIC: Ministerio de Fomento, Industrias y Comercio

MINSA: Ministerio de salud

NTON: Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense

OMS: Organización Mundial de la Salud

OPS: Organización Panamericana de la Salud

PVC: Cloruro de Polivinilo

SDR: Standard Dimension Ratio

UMAS: Unidad Municipal de Agua y Saneamiento

UNI: Universidad Nacional de Ingeniería

UNICEF: Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia

UTM: Universal Transversel Mercator

Unidades de medida

cm: Centímetro

Hp: Power horse

km: Kilómetro

m/s: Metros por segundo

m: Metro
m²: Metro cuadrado
m³/s: Metro cúbico por segundo
m³: Metro cúbico
mg/l: Miligramo por litro
mm: Milímetro
PSI: Libras sobre pulgada cuadrada
UNT: Unidades de turbidez

Diversos

CDT: Carga dinámica total
CET: Carga estática total
CI: Consumo institucional
CMD: Consumo máximo diario
CMH: Consumo máximo horario
CPD: Consumo promedio diario
E: Módulo de elasticidad
HoFo: Hierro fundido
HoGo: Hierro galvanizado
ha: Pérdidas por accesorios
hf: Pérdidas por fricción
n: Período de diseño
NDA: Nivel dinámico del agua
NEA: Nivel estático del agua
P: Potencia
Pn: Población final
Po: Población inicial
Q: Caudal
T: Transmisividad
V: Volumen
v: Velocidad

I. GENERALIDADES

1.1. INTRODUCCIÓN

La comunidad El Jícaro pertenece al municipio de Estelí, se encuentra ubicada a 9.86 km de la cabecera municipal y a 158.6 km de la ciudad de Managua, entre las coordenadas 13°9'46".18 latitud Norte y 86°22'31".66 longitud Oeste, cuenta con una población de 1219 habitantes.

Las características climáticas del municipio de Estelí son variables, el clima generalmente es templado seco por ser una zona sujeta a la sequía, la precipitación pluvial promedio anual es de 825 milímetros y la temperatura media anual es de 21.5 °C para elevaciones de 815 m (Alcaldía Municipal de Estelí, 2000).

La agricultura es la principal actividad económica de la comunidad, posee grandes extensiones de cultivo de tabaco, aproximadamente 26 hectáreas son propiedad de la empresa A.J. Fernández CIGARS. La producción de granos básicos y hortalizas está destinada en su mayoría al comercio local y auto consumo. La economía de la comunidad se basa en el cultivo e industrialización del tabaco, proceso que se realiza generalmente con mano de obra local.

El principal problema que enfrenta la comunidad es el racionamiento del agua suministrada por pozos artesanales y comunales expuestos a contaminación y que en verano tienden a disminuir su capacidad de abastecimiento, obligando a los pobladores a consumir agua de fuentes superficiales. En cuanto a saneamiento, gran número de viviendas poseen letrinas en mal estado; otras, no cuentan con estas instalaciones, por lo que, los habitantes recurren a las letrinas de sus vecinos o familiares. Por tal razón, la comunidad demanda la construcción de un sistema de agua potable e instalaciones sanitarias.

Por lo anterior, se propone el DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO, dicho diseño se regirá por las normas establecidas en el país por el Ministerio de Fomento, Industria y Comercio (MIFIC).

1.2. ANTECEDENTES

La organización mundial de la salud y UNICEF en su último informe reportaron que en el año 2015 alrededor de 2200 millones de personas en el mundo no contaban con servicio de agua potable gestionada de manera segura, 844 millones de personas aún carecían del servicio básico, 4500 millones no contaban con servicio de saneamiento y 3000 millones carecían de instalaciones básicas para el lavado de manos (UNICEF- WHO, 2017).

En Nicaragua no se cuenta con información pública actualizada, hasta el año 2015, el porcentaje de habitantes con acceso a agua potable segura era del 66 %, los departamentos de mayor desarrollo social y económico (Masaya, Carazo, León y Granada) presentaban al menos 80 % de viviendas con acceso a agua potable segura, mientras que en el departamento de Estelí la cobertura era del 67,5% (OPS & OMS , 2015).

En el año 2020, según información brindada por la Alcaldía, el municipio de Estelí contaba con 62 sistemas de abastecimiento de agua potable en comunidades rurales, 32 MABE, 22 MAG y 8 comunidades con abastecimiento a través de pozos perforados, alcanzando una cobertura del 80 %.

En la comunidad El Jícaro en el año 1995, según información brindada por el CAPS, el Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados a través de ENACAL realizó la perforación de dos pozos comunitarios equipados con bombas de mecate en el sector El Porvenir, estos no tienen el caudal suficiente para abastecer a la comunidad, por lo que es necesario la perforación de un nuevo pozo.

En el año 2012 UNICEF construyó un mini acueducto por bombeo eléctrico en el sector El Dorado, dicho sistema solo tiene la capacidad de abastecer aproximadamente al 25% de la población de la comunidad.

1.3. JUSTIFICACIÓN

En la comunidad El Jícaro un total de 206 familias se abastecen de agua mediante pozos excavados de manera artesanal y fuentes superficiales que no poseen ningún tipo de tratamiento, por lo tanto, no cumplen la norma.

En verano, el volumen de los pozos disminuye provocando que el servicio de agua sea interrumpido y deficiente, obligando a los pobladores a movilizarse desde 50 m hasta 1 km para poder abastecerse del vital líquido.

En cuanto a saneamiento, el 36 % de la población posee letrinas en mal estado y el 21 % no cuenta con instalaciones para la disposición de excretas, de tal forma que, realizan sus necesidades fisiológicas en las instalaciones sanitarias de sus vecinos.

Por tal razón, a través del CAPS, la comunidad gestionó ante la Alcaldía la construcción de un mini acueducto por bombeo eléctrico con conexiones domiciliarias cuya fuente de abastecimiento es subterránea, así como, instalaciones sanitarias que garanticen servicios continuos y eficientes, evitando el uso de fuentes contaminadas y el riesgo de contraer enfermedades.

Con la realización del sistema de abastecimiento de agua y saneamiento se espera contar con los siguientes beneficios:

- ❖ Acceso equitativo al agua potable a un precio accesible para todos.
- ❖ Se disminuirá la necesidad de los pobladores de movilizarse largas distancias para adquirir el vital líquido.
- ❖ Se eliminará el riesgo de contraer enfermedades por el consumo de agua de mala calidad.
- ❖ Un sistema de saneamiento cubrirá las demandas de la comunidad, constituirá un logro en el campo de la higiene y salud pública.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general:

Diseñar el sistema de abastecimiento de agua potable mediante un mini acueducto por bombeo eléctrico y saneamiento para la comunidad El Jícaro, municipio de Estelí, departamento de Estelí.

1.4.2. Objetivos específicos:

1. Estudiar las condiciones socioeconómicas para conocer la demografía, demanda por servicio y el ingreso de las familias.
2. Hacer un estudio de calidad de agua y aforo de la fuente de abastecimiento.
3. Realizar un estudio topográfico para conocer las características del terreno y obtener información precisa del MABE.
4. Diseñar los elementos hidráulicos del MABE: Estación de bombeo, línea de conducción, red de distribución y almacenamiento.
5. Proponer un sistema sanitario acorde a las características de la población, para la disposición de excretas y aguas residuales de cada vivienda.
6. Realizar el presupuesto del MABE acorde a los precios de la Alcaldía.

II. MARCO TEÓRICO

Mini acueducto por bombeo eléctrico (MABE)

Un acueducto es un sistema que está compuesto por diversos elementos destinados al abastecimiento de agua potable en poblaciones concentradas. Cuando atiende a comunidades rurales, se conoce como mini acueducto (Gobierno Regional Autónomo del Atlántico Norte y Sur, 2012).

A continuación, se presentan los principales conceptos que forman parte de la investigación:

2.1. Estudio socioeconómico

Un estudio socioeconómico es un informe técnico que reúne la información necesaria para caracterizar y conocer las condiciones en que habitan las familias del área de influencia de un proyecto, contiene aspectos sociales, económicos, demográficos, productivos, necesidades de salud y educación (CENEPRED, 2016).

Acosta & Miranda (2009) concuerdan en que para la recolección de estos datos se debe proceder básicamente por medio de encuestas o entrevistas.

- ❖ Encuestas: Son métodos descriptivos con los que se pueden detectar necesidades y hábitos utilizando procedimientos de interrogación con el fin de obtener mediciones cuantitativas de las características de la población.
- ❖ Entrevistas: Son instrumentos en los que además de obtener los resultados subjetivos del encuestado acerca de las preguntas del cuestionario, se recoge información complementaria captada por el entrevistador.

2.2. Fuente de abastecimiento

La fuente de abastecimiento constituye la parte más importante del acueducto, no debe ni puede concebirse un buen proyecto si previamente no hemos definido y garantizado fuentes capaces de abastecer a la población futura de diseño en cantidad y calidad (SNIP, 2016, pág. 14).

La norma (INAA, 1999) establece que la fuente de abastecimiento debe cumplir dos propósitos fundamentales: Suministrar agua en cantidad suficiente para abastecer la demanda y mantener las condiciones de calidad.

2.2.1. Aforo del pozo

Los aforos son la principal herramienta disponible para el estudio del comportamiento de los pozos, se realizan a caudal variable y permiten determinar las condiciones hidráulicas del pozo, su eficiencia operativa y el caudal máximo de operación (CFE, 2012).

2.2.2. Calidad del agua

Siendo el agua esencial para la vida, es necesario que las personas dispongan de un abastecimiento suficiente, accesible y que no represente ningún riesgo para la salud (OPS, 2002).

Los requisitos básicos a los cuales debe responder la calidad del agua suministrada en los servicios para consumo humano y para uso doméstico, independientemente de su estado, origen o después de su tratamiento están contemplados en las Normas CAPRE (1993).

2.2.2.1. Análisis físico-químico

Análisis de laboratorio encaminado a determinar químicos disueltos en el agua. Las determinaciones más comunes hacen referencia a: Iones hidrógeno (ph), aluminio, cloruros, cobre, sulfatos, calcio, magnesio, sodio, potasio, nitratos, amonio, hierro, fluoruro, arsénico, cianuro, cromo, mercurio, plomo y zinc; adicionalmente propiedades como la temperatura, color, olor, turbiedad y conductividad (Normas de calidad del agua para el consumo humano, 1993).

2.2.2.2. Análisis bacteriológico

Análisis de laboratorio que tiene como finalidad determinar la presencia de coliformes totales o coliformes fecales en el agua. Los valores recomendados y máximos admisibles se indican en las (Normas de calidad del agua para el consumo humano, 1993).

2.3. Estudio topográfico

Es el conjunto de actividades de campo y gabinete que tienen como finalidad proporcionar información altimétrica y/o planimétrica, para representarlas en planos y a una escala adecuada (CONAGUA, 2019, pág. 1).

Los levantamientos topográficos tienen por objeto tomar suficientes datos de campo para confeccionar planos y mapas en el que figura el relieve y la localización de puntos o detalles naturales o artificiales (UNI, 2014).

Tanto el levantamiento planimétrico como altimétrico deberá cumplir con las recomendaciones que indique INETER, se deberá amarrar a la Red Geodésica Nacional de por lo menos dos puntos o mojones aprobados por INETER, convenientemente referenciados y protegidos de tal manera que pueda reconstruirse a partir de ellos el levantamiento de campo realizado, presentándose los resultados en coordenadas UTM (INAA, 1985).

2.4. Diseño del MABE

Los mini acueductos por bombeo eléctrico son aquellos cuya fuente de abastecimiento son aguas subterráneas que se encuentran por debajo de la cota mínima de abastecimiento de la localidad a ser servida. (SNIP, 2016).

2.4.1. Análisis de la demanda

La población a servir es el parámetro básico para dimensionar los elementos que constituyen un sistema, requiere la investigación de las tasas de crecimiento, las que sirven de base para efectuar la proyección de la población (INAA, 1999).

2.4.1.1. Tasa de crecimiento

La Comisión Nacional del Agua (2019) define tasa de crecimiento como: “El valor índice de la magnitud y velocidad de cambio de una población. Representa el aumento o disminución del número de habitantes durante un cierto período. Usualmente se expresa en porcentaje” (pág. 1).

La información necesaria para seleccionar la tasa de crecimiento, podrá conseguirse en las instituciones siguientes: Alcaldías, ENEL, ENACAL y MINSA (INAA, 1999).

2.4.1.2. Proyección de la población

El MIFIC (2019) a través de la NTON 09-007-19 sugiere que la proyección de la población se realice utilizando el método geométrico, este método requiere la investigación de las tasas de crecimiento, cuyos valores varían entre el 2.5 y 4%.

2.4.1.3. Dotación

La dotación es la cantidad de agua asignada a cada habitante, considerando todos los consumos de los servicios y las pérdidas físicas en el sistema, en un día medio anual, sus unidades están dadas en l / (hab/día) (CONAGUA, 2016, pág. 32).

Depende de las características de la población, factores geográficos, culturales, niveles de servicio adoptados y usos del agua, se asignan dotaciones de 80 lppd cuando los niveles de servicio son conexiones domiciliarias (MIFIC, 2019).

2.4.1.4. Nivel de servicio

- ❖ Conexiones domiciliarias: Son tomas de agua que se aplican en el sector rural, pero en ocasiones esporádicas y sujetas a ciertas condiciones, tales como: Disponibilidad suficiente de agua, capacidad de pago de la población y número de usuarios del servicio (INAA, 1999, pág. 13).
- ❖ Puestos públicos: Puntos de distribución que se emplean en el sector rural para abastecer a un máximo de 20 viviendas ubicadas en distancias no mayores a 300 metros del puesto. Se asigna dotaciones de 30 a 50 lppd (MIFIC, 2019).

2.4.1.5. Población a servir

La población a servir es el parámetro básico para dimensionar los elementos que constituyen el sistema, depende de las características de la población, el tipo y configuración de la localidad y las características tecnológicas de las instalaciones a establecerse. Para pozos perforados la población a servir se estima como mínimo de 100 personas por pozo (INAA, 1999).

2.4.2. Parámetros de diseño

Los parámetros de diseño del sistema de abastecimiento de agua potable están dados por la NTON-09-001-99 (INAA, 1999, págs. 13,14) y son los siguientes: Dotaciones por persona, período de diseño, población futura y los factores

específicos tales como: Coeficientes de flujo, velocidades permisibles, presiones mínimas y máximas, diámetro mínimo, cobertura sobre tubería y resistencia de las tuberías (INAA, 1999).

2.4.2.1. Periodos de diseño

En los diseños de proyectos de abastecimiento de agua se recomienda fijar la vida útil de cada uno de los componentes del sistema, con el propósito de determinar que períodos de estos componentes del sistema deberán satisfacer las demandas futuras de la comunidad, qué elementos del sistema deben diseñarse por etapas y cuáles serán las previsiones que deben de considerarse para incorporar los nuevos elementos al sistema (INAA, 1999).

2.4.2.2. Variaciones de consumo

Las variaciones de consumo estarán expresadas como factores de la demanda promedio diaria y sirven de base para el dimensionamiento de la capacidad de: Obras de captación, líneas de conducción, red de distribución, etc.

2.4.2.3. 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. La norma (MIFIC, 2019) establece una presión mínima de 5 m y una presión máxima de 50 m.

2.4.2.4. Velocidades permisibles en tuberías

Se permitirán velocidades de flujo de 0.6 a 5 m/s (MIFIC, 2019).

2.4.2.5. Resistencia de la tubería y su material

Las tuberías deberán resistir las presiones internas estáticas, dinámicas, de golpe de ariete y las presiones externas de rellenos y cargas vivas debido al tráfico. La sobre presión por golpe de ariete se calculará con la teoría de JOUKOWSKI u otra similar como también por fórmulas y monogramas recomendadas por los fabricantes (INAA, 1999, pág. 37).

❖ **Golpe de ariete**

Se denomina golpe de ariete al fenómeno hidráulico ocasionado por alteraciones en el flujo, esto debido a interrupciones o inicios súbitos de flujo dentro de la tubería. Provoca una variación en la presión con valores por encima o por debajo de la presión de operación y cambios bruscos en la velocidad a la que circula el fluido (Ortiz Masek, 2006).

2.4.2.6. Cobertura de la tubería

La profundidad mínima a la cual deben colocarse las tuberías varía en dependencia de los niveles de tráfico, en carreteras o caminos con gran afluencia vehicular se debe mantener una cobertura mínima de 1.20 m sobre la corona de la tubería y en caminos con poco tráfico vehicular esta cobertura será de 1 m (INAA, 1999).

2.4.3. Elementos hidráulicos del sistema

Cualquier sistema de abastecimiento de agua está constituido por los siguientes elementos: Captación, fuente de abastecimiento, estaciones de bombeo, conducción, tratamiento, almacenamiento y distribución (Aguirre M, 2015).

2.4.3.1. Estación de bombeo

Las estaciones de bombeo son un conjunto de estructuras civiles, equipos, tuberías y accesorios que toman el agua directa o indirectamente de la fuente de abastecimiento y la impulsan a un reservorio de almacenamiento o a la red de distribución (OPS, 2005, pág. 3).

En las estaciones de bombeo deben considerarse los siguientes elementos que la forman: Casetas de protección de conexiones eléctricas o mecánicas, sarta, fundación y equipo de bombeo (bomba y motor) y el tipo de energía (INAA, 1999).

2.4.3.2. Línea de conducción

La línea de conducción es el conjunto de ductos, y accesorios destinados a transportar el agua procedente de la fuente de abastecimiento, desde la captación hasta la comunidad, formando el enlace entre la obra de captación y la red de distribución. Su capacidad deberá ser suficiente para transportar el gasto de máximo día (INAA, 1999, pág. 30).

2.4.3.3. Almacenamiento

En el proyecto de cualquier sistema de agua potable, deben diseñarse los tanques que sean necesarios para el almacenamiento, de tal manera que estos sean todo el tiempo capaces de suplir las máximas demandas que se presenten durante la vida útil del sistema, además que también mantengan las reservas suficientes para hacerles frente tanto a los casos de interrupciones en el suministro de energía, como en los casos de daños que sufran las líneas de conducción o de cualquier otro elemento (INAA, 1999, pág. 57).

Existen dos tipos de tanques:

❖ Tanques sobre el suelo

Se recomienda este tipo de tanque cuando la topografía del terreno lo permita y en comunidades rurales que dispongan localmente de materiales de construcción como piedra bolón o cantera (INAA, 1999, pág. 37).

❖ Tanques elevados

Suelen construirse en zonas planas, en localidades donde no se dispone de elevaciones naturales con altimetría apropiada para garantizar la presión de servicio en el sistema de distribución de agua (CONAGUA, 2007).

2.4.3.4. Red de distribución

El Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA, 1999) define red de distribución como el sistema de conductos cerrados que permite distribuir el agua bajo presión desde el lugar de captación al punto de consumo. Se deberá diseñar para la condición de consumo máximo horario al final del periodo de diseño y se deberá proveer de válvulas, accesorios y obras necesarias, para asegurar su buen funcionamiento y facilitar su mantenimiento.

2.4.3.5. Tratamiento y desinfección

Cuando el agua captada presenta características bacteriológicas que no cumplen con los parámetros establecidos en las normas, se hace necesario emplear procesos de tratamiento que eliminen o inactiven los diferentes agentes patógenos

presentes y que son los principales causantes de enfermedades. Este proceso de desinfección generalmente se realiza mediante la aplicación de cloro (SNIP, 2016).

El cloro usado nacionalmente para desinfección del agua puede ser como solución de hipoclorito de sodio (líquido) o como cloro gas. En general, el hipoclorito se recomienda para abastecimiento de pequeñas poblaciones (INAA, 1999, pág. 96).

2.5. Saneamiento

La organización mundial de la salud (2018) define saneamiento como el acceso y uso de instalaciones y servicios para la eliminación segura de la orina y las heces humanas. Un sistema de saneamiento seguro es un sistema diseñado y utilizado para separar la excreta humana del contacto de las personas en todas las etapas desde la contención, vaciado, transporte y la disposición final. Los sistemas de saneamiento deben abordar la disposición de las aguas grises, prácticas de higiene y los servicios que se requieren para el funcionamiento de las tecnologías.

2.6. Presupuesto

Un presupuesto es el cálculo anticipado del costo total estimado para ejecutar la construcción, reparación o mantenimiento de un proyecto generalmente identificado. Es la resultante de sumar los cinco elementos que componen el cálculo del costo estimado de la obra y que son: Costo directo, costo indirecto, costo de administración central, utilidad e impuestos (MTI, 2008).

Para elaborar un presupuesto se requiere determinar todos los conceptos que intervienen en una obra. Para ello es necesario conocer el trabajo a realizar, estudiando los planos arquitectónicos, estructurales, y de instalaciones (INIFOM, 2016, pág. 13).

- ❖ Costos directos: Está compuesto por la suma de los gastos de mano de obra, equipos, maquinaria y materiales necesarios para la ejecución de una obra (INIFOM, 2016).
- ❖ Costos indirectos: Los costos indirectos son los gastos necesarios para la ejecución de un proceso constructivo, pero en el cual no se incluye maquinaria, mano de obra ni materiales. Comprende gastos de administración, organización,

vigilancia, supervisión, acarreo y prestaciones sociales, correspondientes al personal técnico y administrativo (Beltrán, 2012).

2.7. Planos

Los planos del proyecto son aquellos que de forma gráfica y específica definen la configuración, ubicación y orientación física de la obra, incluyendo cada detalle constructivo de la misma, así como la delimitación de terrenos, la ubicación y posible restitución de obras inducidas. Formarán parte del proyecto los planos generales y los correspondientes a las distintas partes de la obra, en concordancia con la memoria de cálculo, deben representar la totalidad de las obras propuestas incluyendo todos los detalles que ayuden a la comprensión de la misma (CONAGUA, 2016).

III. DISEÑO METODOLÓGICO

En esta etapa se describen los procedimientos y fórmulas empleadas en cada uno de los estudios que forman parte del diseño del sistema.

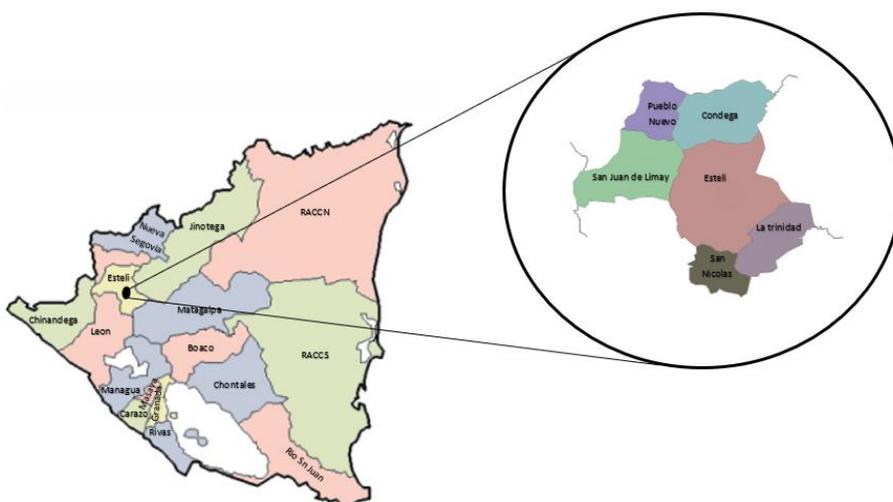
3.1. Tipo de investigación

El presente diseño es de tipo descriptivo ya que está dirigido a caracterizar a la población y área de influencia del proyecto. Contiene variables cuantitativas y cualitativas. Los datos cuantitativos son los obtenidos de los levantamientos topográficos, aforos, análisis del agua, proyección de la población, análisis socioeconómico; los datos cualitativos son los que se obtienen a través de las encuestas y entrevistas.

3.1.1. Macro localización

El departamento de Estelí, en el norte de la república de Nicaragua se localiza a 148 km de la ciudad de Managua, entre las coordenadas 13°5'30.7" N y 86°21.23' 0" O, tiene una elevación de 815 m y una superficie de 796 km², cuenta con una población de 128 mil habitantes aproximadamente.

Ilustración 1: Mapa de macro localización

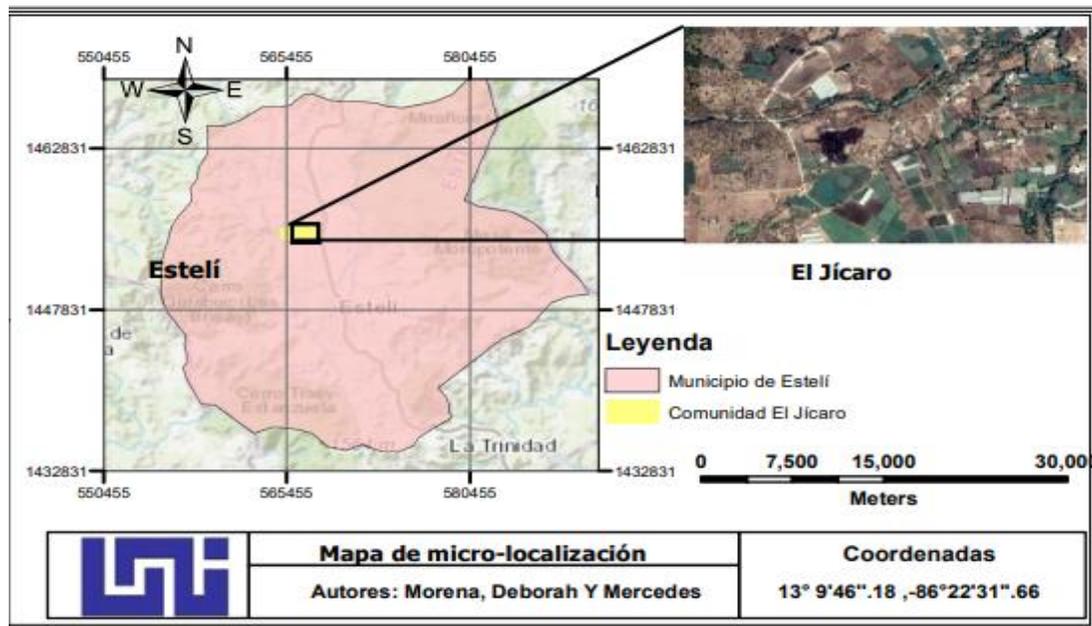


Fuente: Alcaldía de Estelí

3.1.2. Micro localización

La comunidad El Jícaro pertenece al municipio de Estelí, se encuentra ubicada a 9.86 km de la cabecera municipal y a 158.6 km de la ciudad de Managua, entre las coordenadas 13°9'46".18 latitud norte y 86°22'31".66 longitud oeste, cuenta con una población de 1219 habitantes.

Ilustración 2: Mapa de micro localización



Fuente: Elaboración propia

3.2. Estudio socioeconómico

Se llevará a cabo un estudio socioeconómico para identificar las condiciones de vida de los habitantes de la comunidad a través de la recopilación, el procesamiento y análisis de datos.

3.2.1. Recopilación de datos

Las técnicas que se emplearán para la recolección de datos se describen a continuación:

- ❖ Recopilación de datos bibliográficos: Censos poblacionales, posición geográfica, condiciones climáticas, hidrología, temperatura y relieve.

- ❖ Entrevistas a representantes tanto de las instituciones locales (Alcaldía, MINSA, ENACAL) como a los líderes comunitarios para determinar la situación actual de los servicios de abastecimiento de agua potable y saneamiento en la comunidad en estudio.
- ❖ Visitas de campo con el objetivo de conocer el área geográfica que delimita el proyecto, observar el mecanismo actual de abastecimiento de agua y los sistemas de disposición de excretas y aguas residuales.
- ❖ Encuestas aplicadas a los pobladores de la comunidad con el objetivo de identificar las necesidades básicas de la población en base a las condiciones de vida, salud, educación, economía, abastecimiento de agua y saneamiento.

3.2.2. Procesamiento de datos y análisis de información

La evaluación socioeconómica se realizará mediante el procesamiento de datos obtenidos de las encuestas, haciendo uso del software Microsoft Excel. A través de tablas, se determinará la frecuencia con que se repiten los datos, se harán los cálculos de las medidas de tendencia central (moda, media aritmética y mediana) y posteriormente se realizarán los gráficos correspondientes que servirán como punto de referencia para la interpretación de la información.

3.3. Fuente de abastecimiento

Las fuentes de abastecimiento deben producir agua en cantidad suficiente para abastecer a la población que se desea servir, además, deben cumplir con los parámetros de calidad. Por tal razón, se realizará una prueba de bombeo para determinar el caudal máximo de explotación y un análisis físico – químico y bacteriológico.

3.3.1. Aforo del pozo

La prueba de bombeo se realizará siguiendo el procedimiento que plantea la norma (MIFIC, 2019, pág. 16).

3.3.2. Calidad del agua

Se realizará un análisis físico-químico y bacteriológico a una muestra de agua de 1 litro de volumen, extraída de la fuente de abastecimiento ubicada en el sector El

Porvenir, esta muestra será llevada al laboratorio PIENSA de la Universidad Nacional de Ingeniería para realizarle un análisis secundario (Normas de calidad del agua para el consumo humano, pág. 7). Los resultados serán comparados con los parámetros establecidos en dicha norma (págs. 12-15).

3.4. Estudio topográfico

La realización del estudio topográfico se dividirá en dos etapas: el trabajo de campo y el trabajo de gabinete:

❖ Trabajo de campo:

El levantamiento topográfico tanto planimétrico como altimétrico tomará como punto de partida la Red Geodésica Nacional, siendo amarrado a dos puntos o mojones aprobados por INETER cuyas coordenadas UTM serán tomadas con GPS, de tal manera que pueda reconstruirse a partir de ellos el levantamiento de campo.

Haciendo uso de la estación total SOKKIA 550RX, se tomarán estacionamientos a distancias no mayores a 20 m, en dependencia del relieve. En lugares donde la topografía del terreno no lo permita, las estaciones se harán cada 10 o 5 m, se configurará una poligonal abierta que incluye el trazado preliminar de la línea de conducción y red de distribución, así como la localización de la estación de bombeo y tanques de almacenamiento.

❖ Trabajo de gabinete:

Los datos del levantamiento se guardarán automáticamente en la memoria de la estación total para luego descargarlos para el proceso de ajuste de coordenadas cartesianas y convertirlos a formato CSV en Microsoft Excel, posteriormente serán cargados en el Software AutoCAD Civil 3D para ubicar los estacionamientos, cambios de pendiente, elevaciones, curvas, perfiles de las posibles líneas de conducción, perfiles longitudinales, la sarta y los elementos del sistema.

Se realizarán los planos siguientes:

- Ubicación general, plano topográfico a escala 1:5000
- Planta general a escala 1:1000

- Perfiles longitudinales de la tubería, perfil de pozo y sarta; verticales a escala 1:100 y horizontales a escalas 1:1000
- Planos de detalles a escalas 1:10, 1:20, 1:50, 1:100

3.5. Diseño del MABE

A continuación, se describe el proceso de diseño del mini acueducto (MABE), basado en la norma (MIFIC, 2019).

3.5.1. Análisis de la demanda

El consumo de agua potable está íntimamente ligado a una serie de variables y factores dentro de los cuales se cuentan el crecimiento de la población y su distribución territorial. La proyección de la población se realizará para el año 20 del período de diseño.

3.5.1.1. Tasa de crecimiento

La tasa de crecimiento poblacional se calculará despejando la fórmula del método geométrico:

$r = \sqrt[n]{\left(\frac{P_n}{P_0}\right)} - 1$	Ecuación 1
--------------------------------------------------	------------

Donde:

r: Tasa de crecimiento en el periodo de diseño expresado en notación decimal

P_n : Población del año “n”

P_0 : Población al inicio del período de diseño

n: Número de años.

3.5.1.2. Población de diseño

Para determinar la población de diseño se utilizará el método geométrico recomendado por la NTON 09-007-19 (MIFIC, 2019) haciendo uso de la fórmula siguiente:

$P_n = P_0(1 + r)^n$	Ecuación 2
----------------------	------------

Donde:

r: Tasa de crecimiento en el periodo de diseño expresado en notación decimal

P_n : Población del año “n”

P_0 : Población al inicio del período de diseño

n: Número de años que comprende el período de diseño

3.5.1.3. Dotación

El nivel de servicio a instalar en cada una de las viviendas son conexiones domiciliarias, por lo que, se adoptará una dotación de 80 lppd de acuerdo a lo establecido en la NTON 09-007-19 (MIFIC, 2019).

3.5.2. Parámetros de diseño

Para el diseño del sistema de abastecimiento de agua potable se tomarán como referencia los parámetros establecidos en la Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense (MIFIC, 2019, págs. 28,29).

3.5.2.1. Período de diseño

Se adoptará un periodo de diseño de 20 años basado en lo recomendado por la norma (MIFIC, 2019, pág. 13).

3.5.2.2. Demanda

❖ Consumo doméstico (CD)

$CD = \frac{Pn \times \text{dotación}}{86400}$	Ecuación 3
------------------------------------------------	------------

Donde:

P_n : Población de diseño

Dotación: 80 lppd

❖ Consumo promedio diario (CPD)

En la comunidad El Jícaro no existe consumo comercial e industrial por lo que solamente se tomará en cuenta el consumo institucional.

$CI = \frac{7}{100} \times CD$	Ecuación 4
$CPD = CD + CI$	Ecuación 5

Donde:

CPD: Consumo promedio diario (l/s)

CD: Consumo doméstico (l/s)

CI: Consumo institucional (l/s)

- ❖ Fugas (F): La cantidad total de agua perdida se fijará como el 15% del consumo promedio diario tal como lo establece la norma (MIFIC, 2019).

$F = CPD \times \frac{15}{100}$	Ecuación 6
---------------------------------	------------

- ❖ Las variaciones de consumo estarán expresadas como factores de la demanda promedio diario y servirán de base para el dimensionamiento de la línea de conducción y red de distribución.

$\text{Consumo máximo día (CDM)} = 1.5 \text{ CPD} + \text{fugas}$	Ecuación 7
$\text{Consumo máximo hora (CMH)} = 2.5 \text{ CPD} + \text{fugas}$	Ecuación 8

3.5.3. Dimensionamiento de los elementos hidráulicos del sistema

Los componentes del sistema de abastecimiento se diseñarán en base a la demanda, de tal forma que, cumplan los parámetros establecidos por la norma (MIFIC, 2019).

3.5.3.1. Estación de bombeo

En las estaciones de bombeo se diseñarán los siguientes elementos que la forman: Casetas de control, conexión de bomba o sarta y fundación.

La caseta de control se diseñará de mampostería reforzada acorde a un modelo típico.

3.5.3.2. Diámetro de columna de bombeo

El diámetro de la columna de bombeo estará en función del consumo máximo diario y se adoptará de la tabla n° 10 de la norma (MIFIC, 2019, pág. 20).

❖ Longitud de columna de bombeo

$L_c = (N_p - N_d) + S$	Ecuación 9
-------------------------	------------

Donde:

Lc: Longitud de columna de bombeo (m)

Np: Nivel del pozo (m)

Nd: Nivel dinámico del pozo (m)

S: Sumergencia (m), generalmente son 6 m.

❖ Velocidad de flujo

La velocidad será calculada a partir de la ecuación de la continuidad:

$v = \frac{4Q}{\pi \times D^2}$	Ecuación 10
---------------------------------	-------------

Donde:

Q: Caudal de bombeo (m³/s)

D: Diámetro interno (m)

❖ Pérdidas de carga por fricción (hf)

El cálculo de las pérdidas por fricción se realizará mediante la ecuación de Hazen-Williams, adoptando el coeficiente de rugosidad de la tabla n° 15 de la norma (MIFIC, 2019, pág. 29).

$h_f = 10.674 \frac{Q^{1.85} L_c}{C^{1.85} D^{4.87}}$	Ecuación 11
-------------------------------------------------------	-------------

Donde:

hf: Pérdida de carga (m)

Q: Caudal (m³/s)

Lc: Longitud de la columna de bombeo (m)

D: Diámetro (m)

C: Coeficiente de rugosidad

- Se revisará que se cumpla la condición que establece que las pérdidas de carga deberán ser menor al 5% de la longitud de la columna de bombeo (INAA, 1999).

3.5.3.3. Sarta

Para el dimensionamiento de la sarta se tomará en cuenta el caudal (CMD), la longitud, los accesorios y válvulas que la componen.

❖ Diámetro de sarta

El diámetro de la sarta se definirá en función del caudal y será adoptado de la tabla n°11 de la norma (MIFIC, 2019, pág. 22).

❖ Longitud de sarta

Se adoptará una longitud de sarta de acuerdo a un plano típico del FISE.

❖ Velocidad de flujo

La velocidad será calculada a partir de la ecuación de la continuidad, ecuación 10.

❖ Pérdidas de carga por fricción (hf)

El cálculo de las pérdidas por fricción en la sarta se realizará mediante la ecuación 11 de Hazen-Williams. El coeficiente de rugosidad será adoptado de la tabla n° 15 de la norma (NTON 09-007-19, 2019, pág. 29).

❖ Pérdidas de carga por accesorios (ha)

Para el cálculo de las pérdidas de carga por accesorios se utilizará la fórmula siguiente:

$h_a = K \frac{v^2}{2g}$	Ecuación 12
--------------------------	-------------

Donde:

ha: Pérdida local del accesorio (m)

v: Velocidad en la sección (m/s)

g: Aceleración de la gravedad (m/s^2)

k: Coeficiente de pérdida de carga (adimensional), obtenido de la tabla n° 7 de la Guía para el diseño de estaciones de bombeo de agua potable (OPS, 2005, pág. 37).

❖ **Pérdidas totales (ht)**

$ht = hf + ha$	Ecuación 13
----------------	-------------

Donde:

ht: Pérdida de carga total (m)

hf: Pérdida de carga por fricción (m)

ha: Pérdida de carga por accesorios (m)

3.5.3.4. Línea de conducción

Para el diseño de la línea de conducción se tomará como referencia la topografía del terreno, teniendo presente cotas y longitud fuente-tanque, se dimensionará para la condición de consumo de máximo día al final del período de diseño.

❖ **Diámetro de la línea de conducción**

El diámetro de la tubería será calculado a partir de la siguiente ecuación:

$D = 0.9 (Q)^{0.45}$	Ecuación 14
----------------------	-------------

Dónde:

D: Diámetro interior aproximado (m)

Q: Caudal de diseño (m^3/s)

❖ **Longitud de la línea de conducción**

La longitud de la línea de conducción se tomará como la distancia del pozo al tanque.

❖ **Pérdidas totales (ht)**

El cálculo de las pérdidas totales en la red de conducción se realizará sumando las pérdidas por fricción y las pérdidas por accesorios, ecuación 13.

❖ **Velocidad de flujo**

La velocidad será calculada a partir de la ecuación de la continuidad, ecuación 10. Se comprobará que la velocidad no exceda de 1.50 m/s y no sea menor a 0.60 m/s tal como lo establece la norma (MIFIC, 2019).

❖ **Pérdidas de carga por fricción (hf)**

El cálculo de las pérdidas por fricción a lo largo de toda la línea se realizará mediante la ecuación de Hazen-Williams, ecuación 11, adoptando un coeficiente de rugosidad de 150 para ductos de PVC de la tabla n° 15 de la norma (NTON 09-007-19, 2019, pág. 29).

❖ **Pérdidas de carga por accesorios (ha)**

Para el cálculo de las pérdidas de carga por accesorios se utilizará la ecuación 12.

❖ **Carga dinámica total (CDT)**

El cálculo de la carga dinámica total se realizará mediante la siguiente ecuación:

$CDT = CET + \sum H_s + \sum H_d$	Ecuación 15
-----------------------------------	-------------

Donde:

CDT: Carga dinámica total (m)

CET: Carga estática, nivel dinámico del agua más la diferencia de cota de la descarga en el tanque menos la cota de nivel tapa del pozo (m)

$\sum H_s$: Sumatoria de pérdidas de carga en columna de bombeo (m)

$\sum H_d$: Sumatoria de pérdidas de carga en la descarga y línea de conducción (m).

❖ **Potencia requerida por la bomba (P)**

$P = \frac{\gamma H Q}{746 E}$	Ecuación 16
--------------------------------	-------------

Donde:

P: Potencia neta requerida por la bomba (Hp)

Q: Caudal de bombeo (l/s)

CDT: Carga dinámica total (m)

γ : Peso específico del fluido (kg/m³)

E: Eficiencia (%)

❖ Golpe de ariete

Para determinar la sobrepresión por golpe de ariete se calculará la celeridad, los tiempos de cierre y la longitud crítica, estos se detallan a continuación:

➤ Celeridad

Se utilizará la ecuación de Allievi para calcular la velocidad de propagación de la onda de presión, conocida como celeridad:

$C = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + K \cdot \frac{D}{e}}}$	Ecuación 17
------------------------------------------------------	-------------

Donde:

C: Celeridad de la onda de presión (m/s)

D: Diámetro de la conducción (mm)

e: Espesor de la tubería (mm)

K: Coeficiente función del módulo de elasticidad (e) del material constitutivo de la tubería, que representa principalmente el efecto de la inercia del grupo motobomba, cuyo valor es:

$K = \frac{10^{10}}{E}$	Ecuación 18
-------------------------	-------------

El valor de K será obtenido de la tabla “Valores de K para hallar la celeridad” (El golpe de ariete, 2015).

➤ Tiempo de cierre (T)

El tiempo de cierre se calculará con la ecuación propuesta por Mendiluce:

$T = C \times \frac{K \times L \times v}{g \times Hm}$	Ecuación 19
--------------------------------------------------------	-------------

Donde:

T: Tiempo de cierre (s)

L: Longitud de la conducción (m)

v: Velocidad del régimen del agua (m/s)

g: Aceleración de la gravedad, 9.81 m/s²

H_m: Altura manométrica proporcionada por el grupo de bombeo

C y K: Coeficientes de ajuste empíricos

➤ **Longitud crítica (L_c)**

Para el cálculo de la longitud crítica se usará la siguiente expresión:

$L_c = \frac{C \times T}{2}$	Ecuación 20
------------------------------	-------------

Donde:

L_c: Longitud crítica (m)

T: Tiempo de cierre (s)

C: Celeridad (m/s)

➤ **Definir la ecuación para el cálculo del golpe de ariete**

La longitud crítica calculada se comparará con la longitud de la línea de conducción para determinar si la impulsión es corta o larga, si es cierre lento o rápido y en dependencia de estos se escogerá la fórmula para el cálculo de la sobrepresión

- Si L < L_c, se trata de una impulsión corta, correspondería a un cierre lento, calculándose el golpe de ariete mediante la fórmula de Micheaud.
- Si L > L_c, se trata de una impulsión larga, correspondería a un cierre rápido, calculándose el golpe de ariete mediante la fórmula de Allievi.

$L < L_c$ Impulsión corta $T > \frac{2L}{c}$ Cierre lento → Micheud $\Delta H = \frac{2L \times v}{g \times T}$	Ecuación 21
$L > L_c$ Impulsión larga $T < \frac{2L}{c}$ Cierre rápido → Allievi $\Delta H = \frac{C \times v}{g}$	Ecuación 22

Donde:

ΔH: Sobrepresión (m)

L: Longitud de la línea de conducción (m)

v: Velocidad del flujo en la tubería (m/s)

g: Aceleración de la gravedad (m/s^2)

c: Celeridad (m/s)

3.5.3.5. Simulación hidráulica en EPANET

El procedimiento de análisis hidráulico se realizará trazando una red abierta basada en los datos topográficos, elevaciones y longitudes, se incorporarán cada una de las válvulas y accesorios que forman parte del sistema, se configurará el programa para los cálculos de pérdidas de cargas con la fórmula de Hazen – Williams, así mismo se definirán las unidades de medida del caudal (l/s), velocidades (m/s) y la presión (m).

El análisis hidráulico estará basado en los criterios de la norma para comparar principalmente los resultados de la velocidad en los tramos y la presión en los diferentes nodos de la red.

❖ Simulación de la línea de conducción

- La línea de conducción se simulará para la demanda máxima diaria al final del período de diseño.
- Se revisará que la velocidad sea mayor a 0.6 m/s y no exceda de 1.50 m/s tal como lo establece la norma para líneas de conducción por bombeo (MIFIC, 2019, pág. 24)
- Se adoptará la curva de la bomba previamente seleccionada en la línea de conducción.
- Se adoptarán los coeficientes de pérdidas de la sarta y la cota de nivel dinámico del agua y la de descarga del tanque.

❖ Simulación de la red de distribución

- La red de distribución se simulará para la demanda máxima horaria al final del período de diseño y la demanda cero, esta última para determinar las presiones máximas que se presentan en el sistema cuando no hay consumo.
- Las demandas nodales se calcularán en base al número de viviendas y usuarios que estaría abasteciendo cada nodo y la dotación per cápita.

- Se utilizarán diámetros mínimos de 50 mm en la red de distribución. En zonas rurales donde se determine que no habrá crecimiento poblacional, se utilizará el diámetro mínimo de 37,5 mm. (MIFIC, 2019).
- Se revisará que las velocidades en cada una de los tramos estén entre los rangos establecidos por la norma (INAA, 1999), comprendidos entre 0.6 m/s a 5.00 m/s.
- Se determinará si las presiones se encuentran dentro del rango recomendado por la norma (MIFIC, 2019), presión mínima 5.00 m, presión máxima 50 m y carga estática máxima 70.00 m.
- ❖ Elaboración de planos constructivos y de detalles: Una vez realizado el análisis hidráulico de los componentes del sistema, se procederá a la elaboración de los planos en el software AutoCAD, tomando en cuenta los datos de campo obtenidos a través del levantamiento topográfico y los diferentes elementos que conforman el diseño hidráulico: Obra de captación, sistema de bombeo, almacenamiento, ductos o tuberías y accesorios.

3.5.3.6. Tanques de almacenamiento

El tanque de almacenamiento se ubicará lo más cercano posible al poblado, tomando en cuenta la topografía del terreno de tal manera que garantice presiones aceptables en toda la red de distribución tal como lo establece la norma (INAA, 1999).

Se adoptarán tanques de plástico de volumen comercial, cuya capacidad se calculará en función de la cantidad de habitantes, el periodo de diseño y el caudal promedio diario.

❖ Dimensionamiento del tanque de almacenamiento

El dimensionamiento del tanque de almacenamiento se realizará en función del volumen compensador y volumen de reserva, tal como lo establece la norma (MIFIC, 2019).

➤ Volumen compensador (V_c)

$V_c = \frac{25}{100} \times CPD \times hb$	Ecuación 23
---------------------------------------------	-------------

Donde:

V_c : Volumen compensador (m^3)

CPD: Consumo promedio diario (m^3 /día)

hb: horas de bombeo (h)

➤ Volumen de reserva (V_r):

$V_r = \frac{15}{100} \times CPD \times hb$	Ecuación 24
---------------------------------------------	-------------

Donde:

V_r : Volumen de reserva (m^3)

CPD: Consumo promedio diario (m^3 /día)

hb: horas de bombeo (h)

➤ Volumen del tanque (V_t):

$V_t = V_c + V_r$	Ecuación 25
-------------------	-------------

Donde:

V_t : Volumen del tanque (m^3)

V_c : Volumen compensador (m^3)

V_r : Volumen de reserva (m^3)

3.5.3.7. Desinfección

Para la desinfección se usará hipoclorito de sodio (líquido), tal como lo establece la norma (INAA, 1999).

❖ Capacidad de diseño de la estación de cloración

$C_a = \frac{Q \times C}{1000}$	Ecuación 26
---------------------------------	-------------

Donde:

C_a : Capacidad de diseño de la estación de cloración (kg. cloro/día)

Q: Caudal de agua, máximo diario (m³ /día)

C: Dosis de cloro a aplicar (mg/l)

- Se recomienda hipocloración para capacidades menores de 1 kg /día y caudales de 130 gpm como máximo (8.20 l/s).

❖ **Volumen bombeado**

$Vb = \text{horas de bombeo} \times Q$	Ecuación 27
----------------------------------------	-------------

Donde:

Vb: Volumen bombeado (m³ /día)

Q: Caudal de agua, máximo horario (m³ /día)

❖ **Dosis de cloro a aplicar**

El cálculo de la dosis de cloro a aplicar se realizará en base al volumen bombeado.

$\text{Dosis de cloro (C)} = \frac{\text{peso cloro } \frac{mg}{\text{día}}}{\text{volumen bombeado } \frac{L}{\text{día}}}$	Ecuación 28
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------

❖ **Volumen de cloro comercial**

El volumen de cloro comercial necesarios por día tomando en consideración que el cloro en Nicaragua se vende en presentaciones del 12% de concentración, se determinará a través de la siguiente ecuación:

$Vc = \frac{Ca}{\text{Concentración de cloro comercial}}$	Ecuación 29
-----------------------------------------------------------	-------------

Donde:

Vc: Volumen de cloro (l)

Ca: Capacidad de diseño de la estación de cloración (kg. cloro/día)

❖ **Volumen de agua para diluir el cloro**

El hipoclorito de sodio se aplicará diluyendo la solución concentrada de fábrica con agua limpia hasta una concentración máxima de 1% al 3%. El volumen de agua para diluir el cloro comercial se calculará con la siguiente expresión:

$Va = \frac{Vc \times Cc}{\% \text{ a diluir}}$	Ecuación 30
-------------------------------------------------	-------------

Donde:

Va: Volumen de agua (l)

Vc: Volumen de cloro comercial (l)

Cc: concentración comercial (%)

3.6. Saneamiento

En base a los resultados del estudio socioeconómico se elegirán las medidas de saneamiento de acuerdo a las necesidades de la comunidad con el fin de proteger al medio ambiente de contaminación y mejorar el nivel de vida de la población, se propondrán los sistemas sanitarios tomando en cuenta los ingresos de cada familia, el nivel del agua subterránea y la distancia de las viviendas a la fuente de abastecimiento para evitar que sean contaminadas con coliformes fecales.

Para seleccionar el sistema de eliminación de aguas residuales se realizará una prueba de campo utilizando el método Porchet, que se describe a continuación:

- En el sitio seleccionado para la prueba se realizará el descapote de un área de 1 m² con profundidad de 30 cm.
- En el centro del área descapotada se excavará un agujero cilíndrico de 30 cm de diámetro y 70 cm de profundidad.
- Se colocarán niveletas y posteriormente se tomará medidas del nivel de referencia y nivel inicial del agua en el agujero.
- Una vez determinado el nivel de referencia, se llenará el agujero con agua por un periodo de tiempo de 30 minutos.
- Posteriormente con el agua hasta el nivel inicial se procederá a medir el rebajamiento del agua en períodos de tiempo de 10 minutos, en un proceso cíclico hasta alcanzar una tasa de decrecimiento constante, indicando que la infiltración está ocurriendo en suelos saturados.
- Una vez realizado el levantamiento de campo se determinará la velocidad de infiltración del agua en el suelo saturado.

$$F = \frac{R}{2(t_2 - t_1)} \times \ln\left(\frac{2h_1 + R}{2h_2 + R}\right)$$

Donde:

F= Infiltración en m/h

R= Radio de pozo interior (m)

t_1 = Tiempo de lectura inicial (h)

t_2 = Tiempo de lectura final (h)

ln= Logaritmo natural

h_1 = Altura inicial del agua (m)

h_2 =Altura final del agua (m)

3.7. Presupuesto

Se realizará una memoria de cálculo (take-off) para determinar volúmenes y cantidades de materiales pertenecientes a cada una de las etapas y se elaborará el presupuesto consultando el catálogo de etapas y sub-etapas que proporciona el FISE. Se hará uso del programa Microsoft Excel y se establecerán el total de costos directos de acuerdo a cada una de las actividades, los costos indirectos y los impuestos correspondientes.

IV. RESULTADOS

4.1. Estudio socioeconómico

A continuación, se presentan los resultados de la encuesta socioeconómica realizada en la comunidad El Jícaro. Se muestran las características demográficas, saneamiento, servicios básicos, abastecimiento, calidad de agua y organización comunitaria.

4.1.1. Población

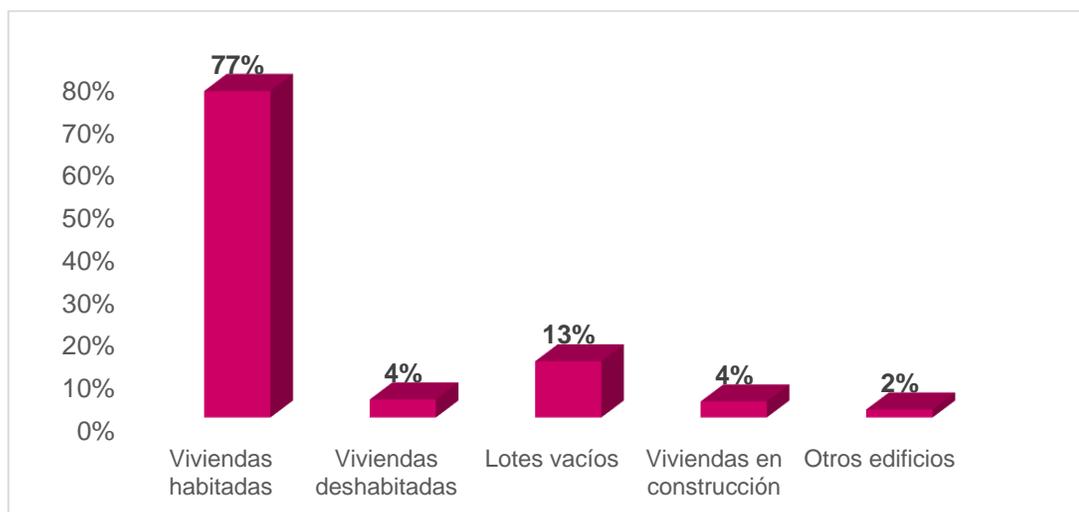
En la comunidad se contabilizaron 210 predios, de los cuales, 161 (77%) son viviendas habitadas, 9 (4%) viviendas no habitadas, 8 (4%) viviendas en construcción, 28 (13%) lotes vacíos, y 4 (2%) corresponden a instituciones del estado y religiosas tal como se muestra en la tabla 1 y gráfico 1.

Tabla 1: Distribución de la población

Viviendas habitadas	161	77%
Viviendas deshabitadas	9	4%
Lotes vacíos	28	13%
Viviendas en construcción	8	4%
Otros edificios	4	2%
Total	210	

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 1: Distribución de la población



Fuente: Elaboración propia

El total de población beneficiaria en la comunidad es de 725 habitantes, como se muestra en el anexo 13, plano 50.

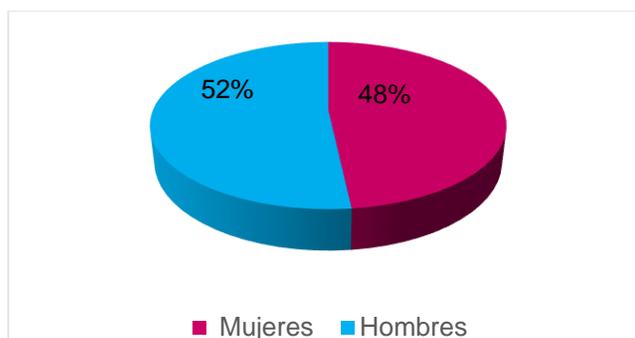
Se les realizó el estudio a 578 habitantes. La distribución de la población por sexo está representada en su mayoría por hombres con un 52 % y 48 % mujeres, tal como se muestra en la tabla 2 y gráfico 2.

Tabla 2: Distribución de la población por sexo

Femenino	279	48%
Masculino	299	52%
Total	578	

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 2: Distribución de la población por sexo



Fuente: Elaboración propia

Con respecto a la jefatura del hogar, los datos reflejan que el 82% de hogares están liderados por padres de familia, el 12% por madres y el 6% restante corresponde a abuelos o tutores, tal como se representa en la tabla 3 y gráfico 3.

Tabla 3: Jefatura del hogar

Padres	Madres	Abuelos o tutores	Total
125	19	9	153
82%	12%	6%	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3: Jefatura del hogar



Fuente: Elaboración propia

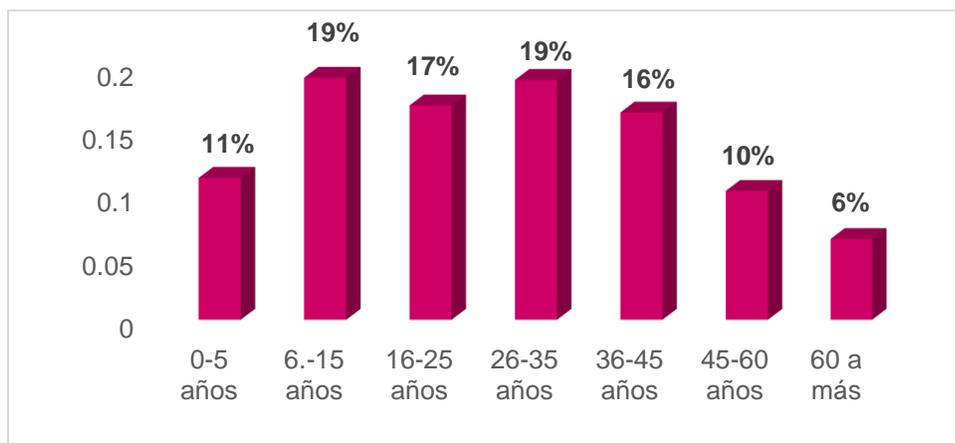
La estructura de la población que presenta esta comunidad según grupos etarios, nos evidencia una población mayoritariamente joven, donde los niños y las niñas de 0 a 5 años corresponden al 11 % del total, de 6 a 15 el 19 %, los jóvenes de 16 a 25 el 17%, de 26 a 35 el 19%. En general, 67 % de la población es menor de 35 años; la población mayor de 35 años corresponde al 33%, tal como lo muestra la tabla 4 y gráfico 4.

Tabla 4: Distribución de la población por edades

0-5 años	6.-15 años	16-25 años	26-35 años	36-45 años	45-60 años	60 a más
65	111	101	110	95	59	37
11%	19%	17%	19%	16%	10%	6%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4: Distribución de la población por edades



Fuente: Elaboración propia

4.1.2. Vivienda

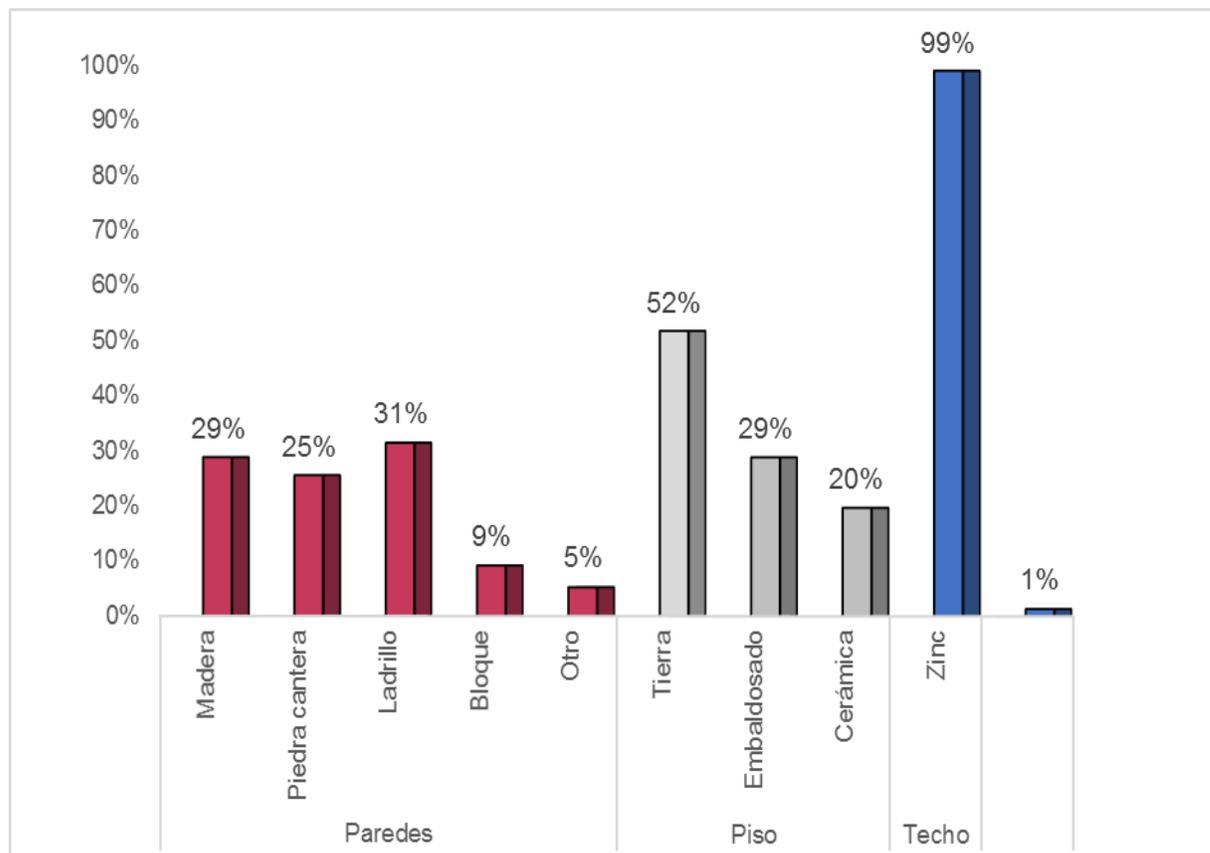
El 99 % de las viviendas de la comunidad son de un solo nivel y en su mayoría están construidas con techos de zinc (99%), paredes de ladrillo (31%), madera (29%) y/o piedra cantera (25%), el 52 % de las viviendas tienen pisos de tierra, tal como está representado en la tabla 5 y gráfico 5.

Tabla 5: Materiales de las viviendas

Paredes					Piso			Techo	
Madera	Piedra cantera	Ladrillo	Bloque	Otro	Tierra	Embaldosado	Cerámica	Zinc	Nicalit
44	39	48	14	8	79	44	30	151	2
29%	25%	31%	9%	5%	52%	29%	20%	99%	1%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 5: Materiales de las viviendas



Fuente: Elaboración propia

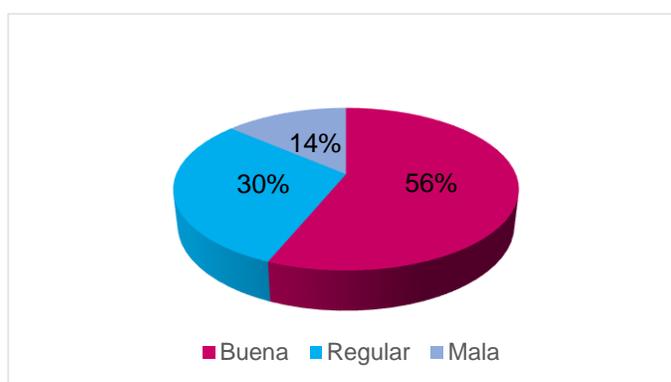
En la tabla 6 y gráfico 6 se observa que, de las 153 viviendas que forman parte del estudio socioeconómico la mayoría se encuentra en buen estado (56%), el 14% están en malas condiciones.

Tabla 6: Estado de las viviendas

Buena	86	56%
Regular	46	30%
Mala	21	14%
	153	100 %

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 6: Estado de las viviendas



Fuente: Elaboración propia

4.1.3. Economía y empleo

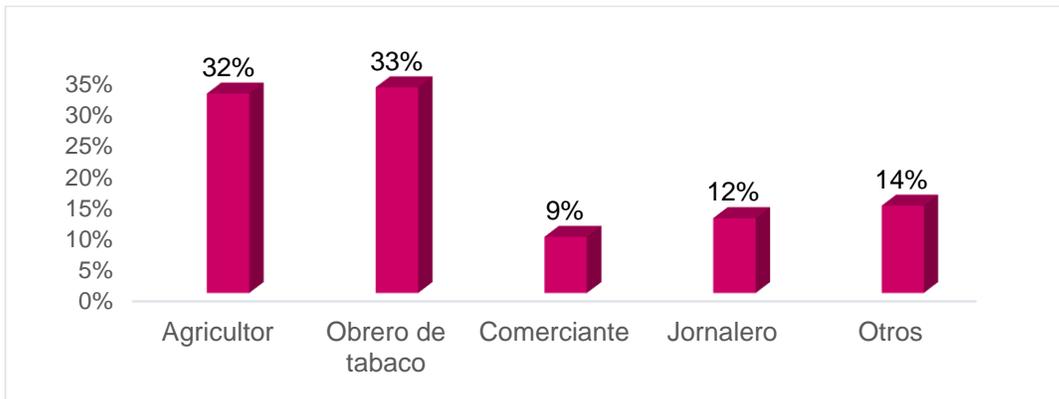
La economía y empleo de los miembros de las familias está basada en el cultivo del tabaco, donde la mayoría se dedican a trabajar como obreros, mostrando un 33% de la población dedicada a esta actividad; la agricultura representa un 32% siendo uno de las dos mayores actividades a las que se dedica la población, los oficios referidos a jornaleros y comerciantes representan un 12 % y 9 % (tabla 7 y gráfico 7).

Tabla 7: Ocupaciones de los habitantes

Agricultor	Obrero del tabaco	Comerciante	Jornalero	Otros
32%	33%	9%	12%	14%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 7: Ocupaciones de los habitantes



Fuente: Elaboración propia

Los principales rubros de producción de las familias son: Maíz, frijoles y hortalizas en menor medida.

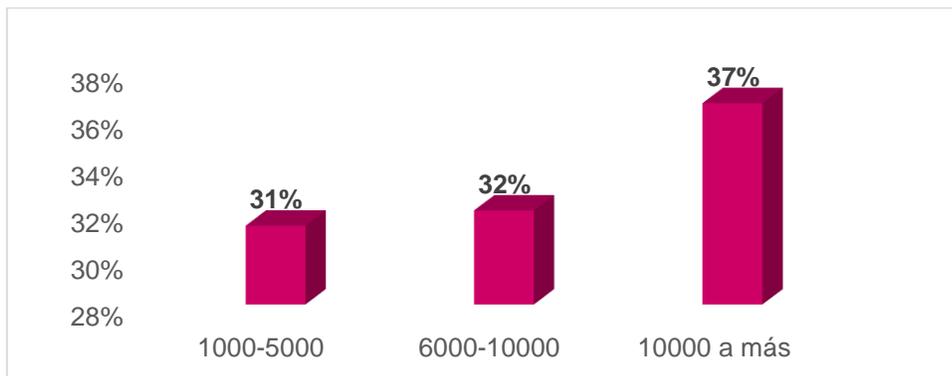
El ingreso mensual se estructura de la siguiente manera: el 69% de la población del Júcaro tienen ingresos mayores a 6000 córdobas; las familias con ingresos menores a los 6000 córdobas mensuales representan el 31% del total (tabla 8 y gráfico 8).

Tabla 8: Ingresos de las familias (Córdobas)

1000-5000 C\$	6000-10000 C\$	10000 C\$ a más
48	49	56
31%	32%	37%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 8: Ingresos mensuales de las familias (Córdobas)



Fuente: Elaboración propia

4.1.4. Salud

La comunidad El Jícaro no cuenta con un puesto de salud, por lo que, la población debe dirigirse al centro de salud Leonel Rugama en la ciudad de Estelí, el cual se ubica a una distancia de 9.86 km.

4.1.5. Educación

En la comunidad El Jícaro existe un centro escolar nombrado El Portillo que cuenta con 200 estudiantes distribuidos en las modalidades de preescolar y primaria. La distancia que deben recorrer para llegar al centro educativo está entre 100 m hasta 4 km.

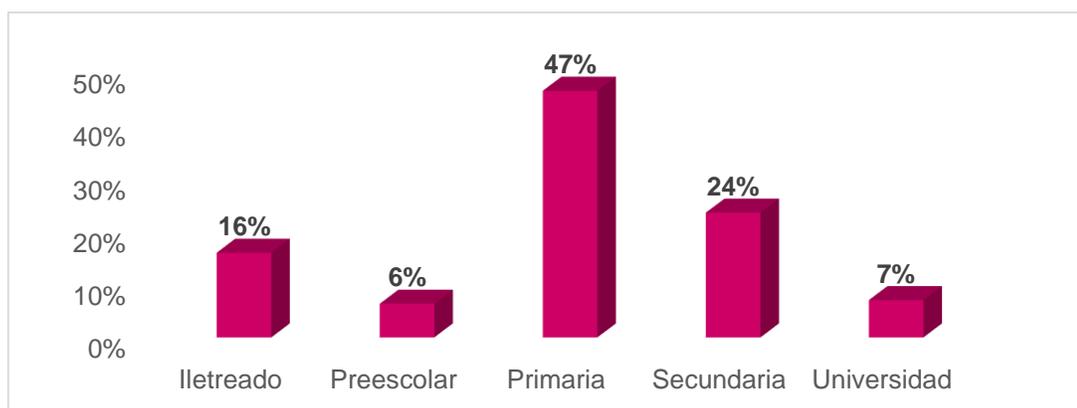
Los niveles de escolaridad de los pobladores de esta comunidad, tal como lo muestran la tabla 9 y gráfico 9, se estructuran de la siguiente manera: El 47% de la población ha culminado la primaria, el 24% finalizaron sus estudios secundarios, solamente un 7% cuentan con carrera universitaria y el 16% no recibieron ningún tipo de formación académica.

Tabla 9: Nivel de escolaridad

Iletrado	Preescolar	Primaria	Secundaria	Universidad
93	37	270	137	41
16%	6%	47%	24%	7%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 9: Nivel de escolaridad de los pobladores



Fuente: Elaboración propia

4.1.6. Transporte

En la comunidad existe una vía de acceso que se comunica directamente con la carretera panamericana. Se cuenta con dos unidades de transporte que realizan 4 viajes diarios hasta el casco urbano.

4.1.7. Energía eléctrica

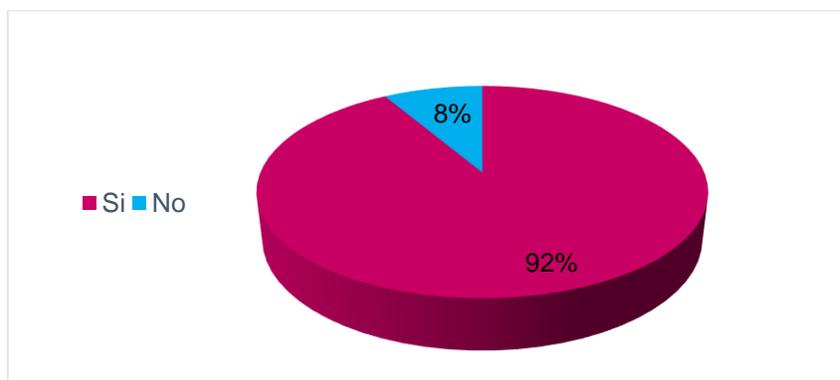
Actualmente en El Jícaro el servicio de energía eléctrica proporcionado por la empresa DISNORTE tiene una cobertura del 92% del total de viviendas, mientras que, el 8 % de los hogares no cuentan con el servicio, por lo que, generalmente se alumbran con lámparas (tabla 10 y gráfico 10).

Tabla 10: Acceso a energía eléctrica

Si	No
140	13
92%	8%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 10: Acceso a energía eléctrica



Fuente: Elaboración propia

4.1.8. Desechos sólidos y líquidos

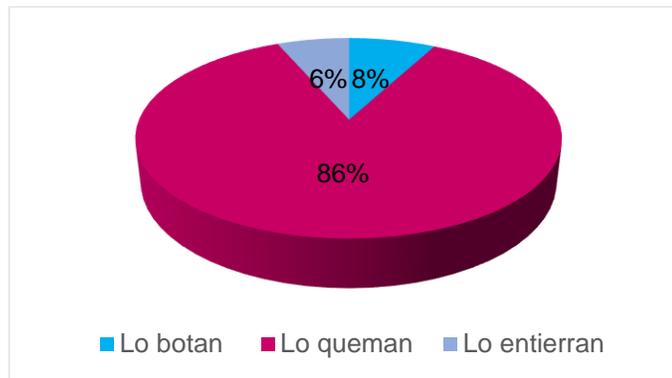
La comunidad no cuenta con un lugar establecido para la disposición de desechos y tampoco cuentan con un medio recolector de basura, por lo que, ellos buscan la manera de eliminarlos: El 86 % queman la basura, el 8% la botan en lugares aledaños y el 6% lo entierran en su patio (tabla 11 y gráfico 11).

Tabla 11: Manejo de la basura

La queman	La entierran	La botan al patio
131	9	12
86%	6%	8%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 11: Manejo de la basura



Fuente: Elaboración propia

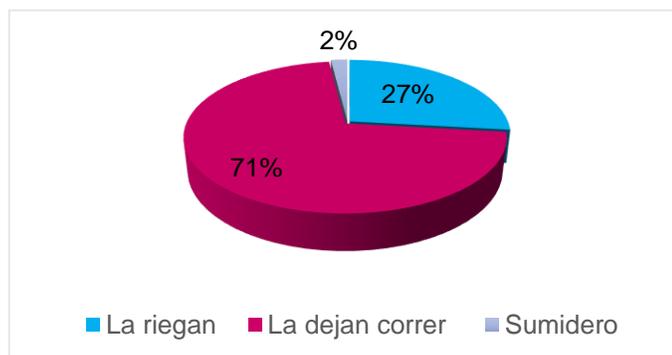
En relación al manejo de las aguas grises, el 27% de las familias afirma regar el agua en sus patios, 71% la deja correr hasta que se infiltran o llegan a los ríos y quebradas cercanos, solamente el 2 % cuentan con sumideros para drenar el agua (tabla 12 y gráfico 12).

Tabla 12: Manejo de las aguas grises

La riegan	La dejan correr	Sumidero
41	109	3
27%	71%	2%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 12: Manejo de las aguas grises



Fuente: Elaboración propia

4.1.9. Abastecimiento de agua y saneamiento

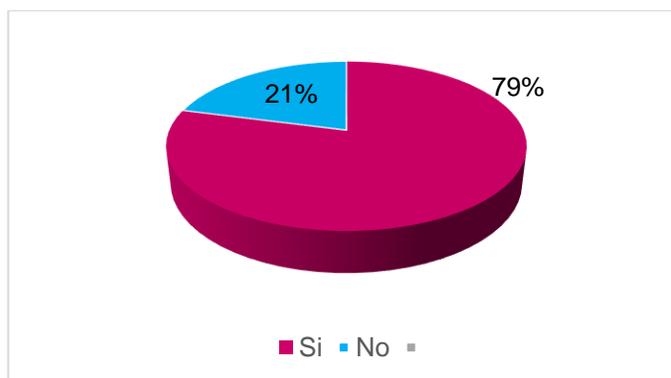
En la tabla 13 y gráfico 13 se observa que el número de familias con acceso al menos a una letrina como opción de saneamiento es de 121, representando un 79 % del total, frente a 21 % que no tienen. La opción de saneamiento con que cuentan estas familias es generalmente sencilla tradicional.

Tabla 13: Instalaciones sanitarias

Si	No
121	32
79%	21%
N° de viviendas	153

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 13: Instalaciones sanitarias



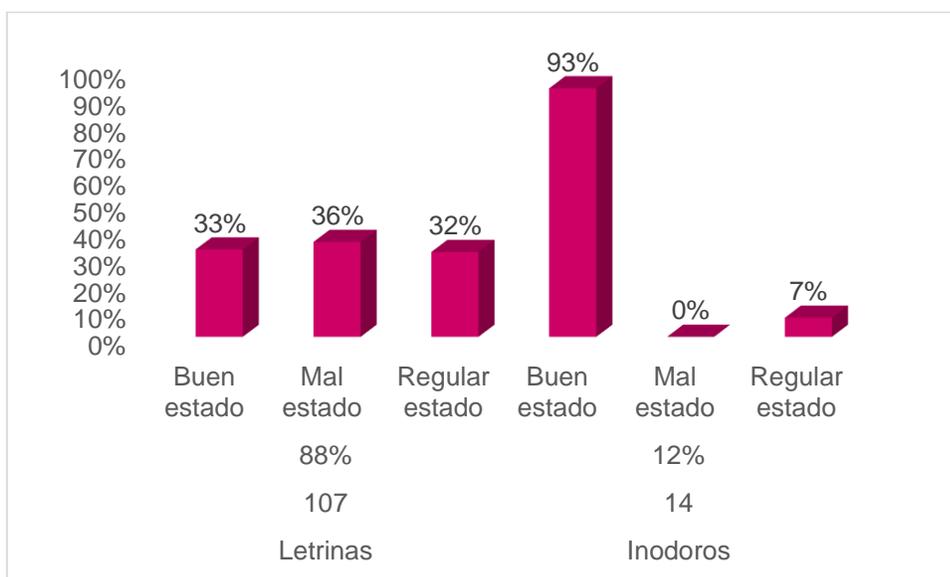
Fuente: Elaboración propia

Tabla 14: Condición de las instalaciones sanitarias

Letrinas			Inodoros		
107			14		
88%			12%		
Buena	Mala	Regular	Buena	Malo	Regular
35	38	34	13	0	1
33%	36%	32%	93%	0%	7%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 14: Estado de las instalaciones sanitarias



Fuente: Elaboración propia

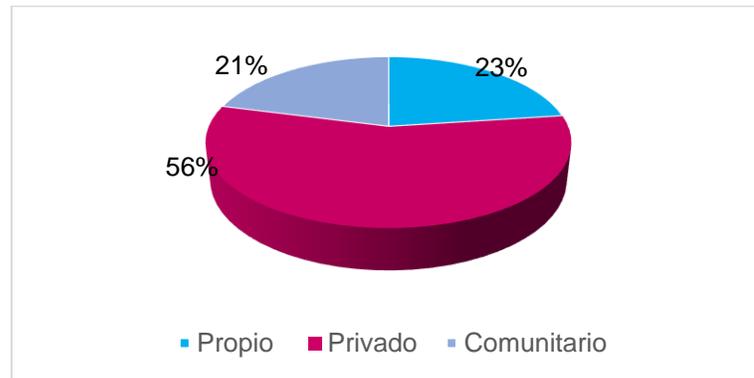
En cuanto al acceso a agua potable, el 21 % de la población se abastece de agua por medio de pozos comunales, el 23 % poseen pozos artesanales propios y un 56 % se abastecen a través del acarreo desde quebradas o del vecino que posee el servicio (tabla 15 y gráfico 15).

Tabla 15: Sistema de abastecimiento de agua

Propio			Privado			Comunitario
35			86			32
Pozo perforado	Pozo artesanal con bomba eléctrica	Pozo artesanal con bomba de mecate	Pozo perforado	Pozo artesanal con bomba eléctrica	Pozo artesanal con bomba de mecate	Bomba de mecate
0	25	10	3	49	34	32
0%	71%	29%	3%	57%	40%	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 15: Sistema de abastecimiento de agua



Fuente: Elaboración propia

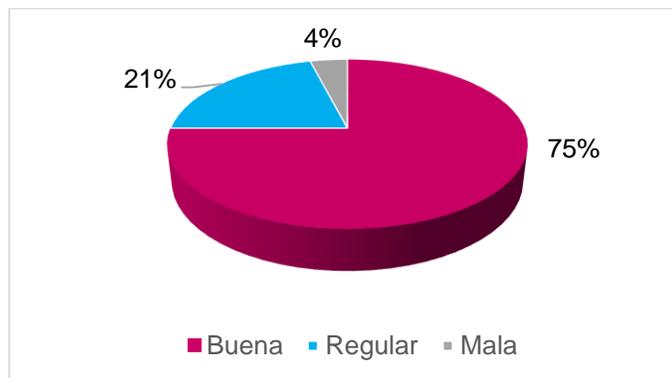
Según el 75 % de los usuarios que se abastecen del sistema y de otras fuentes, la calidad del agua que consumen es buena, no presenta mal olor, color o sabor, aunque, un 4 % afirman que el agua es de mala calidad (tabla 16 y gráfico 16).

Tabla 16: Calidad del agua

Buena	Regular	Mala
115	32	6
75%	21%	4%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 16: Características del agua



Fuente: Elaboración propia

4.1.10. Disponibilidad de integración al proyecto

Consultados sobre la disponibilidad para participar en el proyecto, el 100% de los encuestados han afirmado su deseo de participar, esto incluye su involucramiento en cualquiera de las siguientes actividades:

- Aporte de mano de obra

- Aportes comunitarios
- Organización comunitaria

Consultados sobre la disposición para el pago del servicio de agua, el 100% de los jefes de familia expresa estar dispuesto a realizarlo. En cuanto a los montos que estarían dispuestos a pagar por el servicio, estos refieren que pagarán lo que se consume.

4.1.11. Organización comunitaria

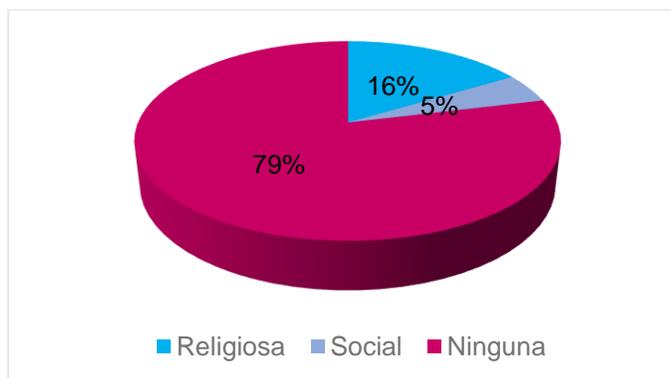
Consultadas las familias acerca de su participación en algún tipo de organización comunitaria, el 16 % afirman participar en organización de carácter religioso, 5% expresa hacerlo en organizaciones de carácter social y el 79% no participan en ningún tipo de organización (tabla 17 y gráfico 17).

Tabla 17: Organización comunitaria

Si	No
33	120
21%	79%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 17: Organización comunitaria



Fuente: Elaboración propia

4.2. Fuente de abastecimiento

La fuente de abastecimiento a utilizar para el diseño del mini acueducto es subterránea, consiste en un pozo perforado de 250 pies de profundidad y 10" (250 mm) de diámetro de perforación y ademe de 6" (150 mm).

4.2.1. Características

El pozo perforado de la comunidad El Jícara tiene las siguientes características:

4.2.1.1. Ubicación

El sitio de perforación del pozo se ubica en el terreno propiedad de la Alcaldía, en la comunidad El Jícara, en las coordenadas DATUM WGS 84, 16 P, 567553; 1455170.

4.2.1.2. Características hidrogeológicas

A través de un informe elaborado por la empresa Construcciones y Perforaciones Sociedad Anónima "CONSPERSA", encargada de la perforación del pozo, se conoció que el sitio se encuentra sobre suelos con arcilla, tobas y rocas, producto del sistema de fallas que atraviesan la zona. El acuífero local tiene una transmisividad (T) de clase III (moderada), con valores de T que van desde 40 hasta 250 m²/día (Soriano Vásquez, 2021), ver anexo 3.

La formación litológica del pozo está compuesta de arcilla y tobas de múltiples colores; de 0 a 20 pies perforados consiste en una capa de arcilla color negra; de 20 a 60 pies arcilla color gris; de 60 a 100 pies arcilla color rosada; de 100 a 160 pies tobas fracturadas de color naranja; de 160 a 250 pies tobas de color rosada, como se muestra en el anexo 4.

4.2.1.3. Características constructivas

- ❖ Profundidad nominal: 250 pies
- ❖ Diámetro de revestimiento: 6 pulgadas
- ❖ Tubería ciega o lisa PVC de 6" SDR 26: 130 pies
- ❖ Tubería ranurada PVC de 6" SDR 26, abertura 4 mm: 120 pies
- ❖ Empaque de grava: 230 pies
- ❖ Sello sanitario: 20 pies

4.2.2. Prueba de bombeo

Con el propósito de conocer las condiciones operacionales del pozo y principales características hidráulicas del acuífero local, el 7 y 8 de junio de 2021 se realizó prueba de bombeo continua de 1440 minutos de duración. El pozo tiene una

profundidad total de 76.22 m (250 pies), nivel estático del agua (NEA) a 2.20 m (7.21 pies) con respecto a la boca del pozo.

Los caudales fueron medidos utilizando el método volumétrico y los abatimientos en el pozo fueron obtenidos por medio de una sonda eléctrica.

La prueba se realizó con el equipo de bombeo instalado consistente en una bomba sumergible marca Brunell acoplada a un motor Franklin Electric de 5 Hp de potencia.

Los caudales bombeados son de 60 y 40 galones por minuto. Los resultados del ensayo muestran que el caudal óptimo de explotación es de 60 gpm con un descenso de 19.77 m.

Una vez finalizada la prueba de bombeo continua, se midió la recuperación del pozo, la cual tuvo una duración de 60 minutos. Al final de los 5 minutos el abatimiento residual en el pozo fue de 13.71 m.

Los resultados de la prueba de bombeo se muestran en el anexo 4.

4.2.3. Calidad del agua

Con el propósito de conocer las características de calidad de agua se recolectaron muestras en el pozo existente, realizándose análisis físico – químico, bacteriológico y metales pesados.

De acuerdo a los resultados del análisis físico-químico y metales pesados, todas las concentraciones de los parámetros analizados son inferiores al valor límite permisible por las (Normas de calidad del agua para el consumo humano, 1993, págs. 12-15).

Al analizar la muestra de agua extraída de la fuente de abastecimiento se obtuvieron los resultados siguientes:

4.2.3.1. Análisis físico químico

Se determinaron los valores de los siguientes parámetros: Color, conductividad, alcalinidad, carbonatos, nitratos, nitritos, cloruros, hierro, sulfatos, dureza, calcio, etc., dando como resultado lo siguiente:

- El agua es de color clara, no hay presencia de alcalinidad, carbonatos y bicarbonatos.
- Según los parámetros, el color verdadero de la fuente obtenido es menor a 1 mg/l (Pt-Co), siendo el valor recomendado por las normas CAPRE de 15 mg/l.
- Según el análisis de laboratorio, la turbiedad es de 0.249 UNT, el cual está por debajo del valor máximo establecido por la norma CAPRE, cuyo valor máximo aceptado es 5 UNT.
- La presencia de sustancias con alto riesgo para la salud, como el arsénico, plomo y pesticidas totales de la fuente son menores al límite (0.01 mg/ l), por tanto, su presencia se considera despreciable.

Los resultados detallados del análisis físico-químico se muestran en el anexo 5.

4.2.3.2. Análisis bacteriológico

El análisis realizado a la muestra de agua dio como resultado la ausencia de coliformes totales, coliformes fecales y E-coli, por lo que, solamente se debe realizar desinfección con cloro, tal como lo recomienda la norma (MIFIC, 2019) cuando el agua se encuentra dentro de los rangos admisibles establecidos por las (CAPRE, 1993).

Los resultados del análisis bacteriológico se muestran en el anexo 6.

4.3. Estudio topográfico

El estudio topográfico se dividió en 2 etapas: Levantamiento en campo y trabajo de gabinete.

4.3.1. Levantamiento topográfico

En la fase de campo, el levantamiento se realizó tal como lo manda la norma realizando estaciones cada 20 m, tomando lectura de las coordenadas y elevación de todos los puntos de interés. A lo largo de los 6.72 km que comprende el estudio se observó una topografía irregular con elevaciones que varían entre 798 m y 862 m.

4.3.2. Planos topográficos

Los datos del levantamiento fueron descargados de la estación total, convertidos a formato CSV y cargados en el software AutoCAD Civil 3D donde se generaron los planos que sirvieron como referencia para el diseño hidráulico.

Se obtuvieron 17 láminas de todo el proyecto, de las cuales 6 representan el trazado de la topografía para la línea de conducción. El listado de planos se presenta en la tabla 18.

❖ Tramo de la línea de conducción

La línea de conducción tiene una longitud de 2786.95 m, presenta una elevación máxima de 862 m y una elevación mínima de 804 m, con una diferencia de altura de 58 m.

❖ Tramo 1 de la red de distribución

Este tramo tiene una longitud de 781.28 m, está ubicado en la parte sureste de la comunidad, se encontró un relieve plano con elevación máxima de 808 m y mínima de 800 m, con una diferencia de altura de 8 m.

❖ Tramo 2 de la red de distribución

Parte de una división en el alineamiento del tramo 1, tiene una longitud de 216.67 m, presenta un relieve plano con elevación máxima de 804 m y mínima de 798 m con una diferencia de altura de 6 m.

❖ Tramo 3 de la red de distribución

Este tramo se encuentra alineado al camino principal de la comunidad, tiene una longitud de 649.17 m, presenta una elevación máxima de 814 m y una mínima de 804 m, la diferencia de altura es de 10 m.

❖ Tramo 4 de la red de distribución

Parte de una ramificación en el tramo 3 de la red de distribución, tiene una longitud de 201.13 m, se encontró un relieve plano con elevaciones entre los 810 y 814 m, con una diferencia de altura de 4 m.

❖ Tramo 5 de la red de distribución

Se ubica al sudoeste de la comunidad, presenta un relieve plano, cuenta con una longitud de 323.10 m y elevaciones que van desde los 814 m hasta los 810 m, con una diferencia de altura de 4 m.

❖ Tramo 6 de la red de distribución

Se ubica al noroeste de la comunidad. Este tramo tiene una longitud de 890.10 m, presenta una elevación máxima de 834 m y una mínima de 814 m, con una diferencia de altura de 20 m.

❖ Tramo 7 de la red de distribución

Parte de una ramificación en el tramo 6, tiene una longitud de 396.06, cuenta con una cota máxima de 830 m, una cota mínima de 822 m y un desnivel de 8 m.

❖ Tramo 8 de la red de distribución:

Se orienta al norte de la comunidad, tiene una longitud de 480 m, presenta una elevación máxima de 858 m y una mínima de 836 m, con una diferencia de altura de 22 m.

Tabla 18: Planos topográficos

Zona de levantamiento	Anexo número de planos
Planta-perfil Línea de conducción	Lámina 1-6
Tramo 1 red de distribución	Lámina 7,8
Tramo 2 red de distribución	Lámina 9
Tramo 3 red de distribución	Lámina 10
Tramo 4 red de distribución	Lámina 11
Tramo 5 red de distribución	Lámina 12
Tramo 6 red de distribución	Lámina 13, 14
Tramo 7 red de distribución	Lámina 15
Tramo 8 red de distribución	Lámina 16
Planta general	Lámina 17

Fuente: Elaboración propia

4.4. Análisis de la demanda

De acuerdo a los datos obtenidos en el estudio socioeconómico, la población inicial del proyecto es de 725 personas (anexo 13, plano 50).

4.4.1. Tasa de crecimiento poblacional

Para determinar la tasa de crecimiento poblacional se tomó como referencia información del Instituto Nacional de Información para el Desarrollo (INIDE) y el Ministerio de Salud (MINSA) de los años 1995, 2005 y 2020 respectivamente.

Los resultados revelan que la tasa de crecimiento anual del municipio es de 1.89%, la del departamento 1.43 %, la tasa de crecimiento nacional resultó ser de 1.67% y la de la comunidad de 1.91%.

La TAC se determinó utilizando la ecuación 1, los resultados se presentan a continuación:

TAC nacional

$$r = \sqrt[10]{\left(\frac{5142098}{4357099}\right)} - 1 = 1.67\%$$

TAC departamental

$$r = \sqrt[10]{\left(\frac{201548}{174894}\right)} - 1 = 1.43\%$$

TAC municipal

$$r = \sqrt[10]{\left(\frac{112084}{92988}\right)} - 1 = 1.89$$

TAC local

$$r = \sqrt[15]{\left(\frac{1219}{918}\right)} - 1 = 1.91\% < 2.5 \%$$

Como se puede apreciar la tasa de crecimiento de la comunidad es de 1.91 %, menor a lo establecido en la norma, por lo tanto, la proyección final se hará basada en una tasa de crecimiento de 2.5 %, valor mínimo establecido por la norma (MIFIC, 2019, pág. 8).

4.4.2. Proyección de la población

Se calculó la población futura a través del método geométrico haciendo uso de la ecuación 2, para el final del período de diseño de 20 años, que corresponde al año 2042 y para ese período la población alcanzará 1188 habitantes, como lo muestra la tabla 19.

Tabla 19: Proyección de la población

Población inicial: 725 habitantes		
Tasa de crecimiento: 2.50%		
N°	Año	Población final
0	2022	725
1	2023	743
2	2024	761
3	2025	780
4	2026	800
5	2027	820
6	2028	840
7	2029	861
8	2030	883
9	2031	905
10	2032	928
11	2033	951
12	2034	975
13	2035	999
14	2036	1024
15	2037	1050
16	2038	1076
17	2039	1103
18	2040	1130
19	2041	1159
20	2042	1188

Fuente: Elaboración propia

$$P_n = 725 (1 + 2.5\%)^{20} = 1188 \text{ hab.}$$

4.4.3. Dotación

Se utilizó una dotación de 80 lppd establecida en la norma para poblaciones dispersas (MIFIC, 2019, pág. 10).

4.4.4. Demanda

A partir del número de habitantes actuales, se calculó la demanda de agua requerida, de acuerdo a lo establecido en la norma (MIFIC, 2019) para el periodo de diseño de 20 años.

A continuación, se procede a calcular detalladamente los caudales y variaciones para el último año de diseño del sistema:

❖ Consumo doméstico (CD)

Aplicando la ecuación 3 y tomando en cuenta la dotación establecida en la norma (MIFIC, 2019), el consumo doméstico es de 1.10 l/s, como se muestra a continuación:

$$CD = \frac{1188 \text{ hab} (80 \text{ lppd})}{86400 \text{ s}}$$

$$CD = 1.10 \text{ l/s}$$

❖ Consumo institucional (CI)

En la comunidad El Jícaro no existe consumo comercial e industrial por lo que solamente se tomó en cuenta el consumo institucional, calculándose con la ecuación 4, resultando de 0.077 l/s.

$$CI = \frac{7}{100} \times CD$$

$$CI = \frac{7}{100} \times 1.10 \text{ l/s} = 0.077 \text{ l/s}$$

❖ Consumo promedio diario (CPD)

El consumo promedio diario calculado a partir de la ecuación 5 corresponde a 1.176 l/s y se presenta a continuación:

$$CPD = CD + CI$$
$$CPD = 1.10 \text{ l/s} + 0.077 \text{ l/s} = 1.176 \text{ l/s}$$

❖ Fugas (P): Las pérdidas de agua en el sistema se tomaron como el 15% del consumo promedio diario tal como lo establece la norma (MIFIC, 2019).

A través de la ecuación 6 se realizó el cálculo dando como resultado una pérdida en el sistema de 0.18 l/s.

$$P = CPD \times \frac{15}{100}$$
$$P = 1.176 \text{ l/s} \times \frac{15}{100} = 0.18 \text{ l/s}$$

❖ Las variaciones de consumo fueron expresadas como factores de la demanda promedio diaria y se determinaron a través de las ecuaciones 7 y 8.

$$\text{Consumo máximo día (CMD)} = 1.5 \text{ CPD} + \text{fugas}$$

$$CMD = (1.5 \times 1.176 \frac{\text{l}}{\text{s}}) + 0.18 \text{ l/s} = 2.00 \text{ l/s}$$

$$\text{Consumo máximo hora (CMH)} = 2.5 \text{ CPD} + \text{fugas}$$

$$CMH = (2.5 \times 1.176 \frac{\text{l}}{\text{s}}) + 0.18 \text{ l/s} = 3.12 \text{ l/s}$$

La línea de conducción se diseñará para el CMD (2 l/s) y la red de distribución para el CMH de 3.12 l/s.

En la tabla 20 se presentan los resultados de las proyecciones de habitantes y consumo.

Tabla 20: Demanda de agua

Caudal de explotación del pozo		3.78 l/s	Demanda				Variaciones de consumo	
Año	Dotación	Población	Consumo Doméstico	Consumo Institucional	Consumo Promedio Diario	Pérdidas en el Sistema	CMD Factor 1.5	CMH Factor 2.5
	Lppd	Hab	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s
2022	80	725	0.67	0.05	0.72	0.11	1.19	1.97
2023	80	743	0.69	0.05	0.74	0.11	1.22	2.02
2024	80	761	0.71	0.05	0.76	0.11	1.25	2.08
2025	80	780	0.72	0.05	0.77	0.12	1.28	2.12
2026	80	800	0.74	0.05	0.79	0.12	1.31	2.17
2027	80	820	0.76	0.05	0.81	0.12	1.34	2.23
2028	80	840	0.78	0.05	0.83	0.13	1.38	2.29
2029	80	861	0.80	0.06	0.86	0.13	1.41	2.35
2030	80	883	0.82	0.06	0.88	0.13	1.45	2.40
2031	80	905	0.84	0.06	0.90	0.13	1.48	2.46
2032	80	928	0.86	0.06	0.92	0.14	1.52	2.52
2033	80	951	0.88	0.06	0.94	0.14	1.55	2.58
2034	80	975	0.90	0.06	0.96	0.14	1.58	2.63
2035	80	999	0.93	0.07	1.00	0.15	1.64	2.73
2036	80	1024	0.95	0.07	1.02	0.15	1.67	2.78
2037	80	1050	0.97	0.07	1.04	0.16	1.72	2.85
2038	80	1076	1.00	0.07	1.07	0.16	1.77	2.93
2039	80	1103	1.02	0.07	1.09	0.16	1.80	2.99
2040	80	1130	1.05	0.07	1.12	0.17	1.86	3.08
2041	80	1159	1.07	0.07	1.14	0.17	1.89	3.14
2042	80	1188	1.10	0.08	1.18	0.18	2.00	3.12

Fuente: Elaboración propia

4.5. Diseño hidráulico

Se propone un sistema fuente-tanque-red, el cual consiste en el bombeo desde la fuente de abastecimiento a dos tanques de almacenamiento localizados en dos sectores de la comunidad El Jícaro. Para el sector El Dorado un tanque que abastecerá al 70% de la población de la comunidad y para el sector Jícaro Arriba

un tanque de almacenamiento que abastecerá al 30 % de la población de la comunidad, como se muestra en la tabla 21. El agua desde los tanques de almacenamiento fluye por gravedad hasta los puntos de consumo.

La ejecución de este esquema es adecuado dado que la topografía es favorable para la implementación de redes de distribución por gravedad.

Tabla 21: Distribución de la población por tanque

Tanque	# de viviendas	Población inicial	Población proyectada
1	119	492	806
2	59	233	382
Total	178	725	1188

Fuente: Elaboración propia

Se determinó que el esquema fuente-tanque-red es el más adecuado para la comunidad El Jícaro dado que:

- En la zona rural donde se localiza la comunidad, la energía eléctrica es inestable lo que significa que habrán frecuentes interrupciones del servicio de agua, en caso de fallas en el suministro de energía, con estas condiciones un esquema fuente-red-tanque sería desfavorable.
- Dado que en un sistema fuente-red-tanque el caudal de bombeo corresponde al CMH (3.12 l/s), mientras que, en el esquema fuente-tanque-red el caudal de bombeo es el CMD (2 l/s), se observa que en el primer esquema hay mayor requerimiento de energía, la cual es necesaria para vencer la topografía irregular de la comunidad, observándose una carga dinámica total con un valor de 121.56 m en el bombeo contra la red, mientras que, el sistema bombeo contra tanque la carga dinámica total alcanzó un valor de 100.06 m, por lo que, para este último es necesario un equipo de bombeo de menor potencia y por consiguiente de menor costo por el consumo de energía.
- Como se muestra en el anexo 7, el bombeo directo proporciona presiones altas en algunos tramos de la red de distribución, excediendo la presión máxima de

50 m que establece la norma (MIFIC, 2019), por lo que, se requerirá de una tubería paralela dotada de válvulas reductoras de presión para disminuirla.

- Una presión alta precisa de tuberías y accesorios más resistentes y por ende más costosos.
- Con relación a las longitudes y diámetros de las tuberías, para el sistema de bombeo contra red y tanque de cola, así como para el sistema de bombeo contra tanque, tal como se muestra en la tabla 22, se observa que las dos opciones analizadas son similares; en cambio, puede notarse que el consumo de energía y potencia de la bomba aumenta en el sistema bombeo contra red; cuando se le compara con el sistema bombeo contra tanque, por lo tanto, se considera que el bombeo contra red es la opción más desfavorable en este caso particular.

El consumo de energía se determinó a través de la siguiente ecuación:

$$CE = 0.7457 \times P \times t \times 365 \text{ días}$$

Donde:

CE: Consumo de energía (Kwh)

P: Potencia teórica del motor (Hp)

t: Tiempo de bombeo (h)

Tabla 22: Comparación de sistema contra red y contra tanque

Datos	Fuente-red-tanque	Fuente-tanque-red
Caudal (l/s)	3.12	2
Tiempo de bombeo (h)	16	16
CTD (m)	121.56	100.06
Longitud de tubería de 2" (ml)	4022.95	3541.24
Longitud de tubería de 1 1/2" (ml)	3736.65	5526.36
Potencia de la bomba teórica (Hp)	6.66	3.51
Potencia del motor teórica (Hp)	7.65	4.04
Consumo anual de energía (kwh)	33316.8	17579.6

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se procede a dimensionar los elementos que forman parte del sistema.

4.5.1. Columna de bombeo

❖ Diámetro:

Para la columna de bombeo, tomando en cuenta el consumo máximo diario (CMD) de 2 l/s y de acuerdo con lo establecido en la norma (MIFIC, 2019), se adoptó el diámetro nominal de 75 mm de la tabla 23, que corresponde a un diámetro de 3", por lo que, se adoptó del anexo 9 tubería de HG clase 40 con diámetro interno de 77.92 mm.

Tabla 23: Diámetros de columna de bombeo

Diámetro de la columna de bombeo (mm)	Caudal de bombeo (l/s)
75	3.15
100	6.03
150	37.8
200	75.7

Fuente: (MIFIC, 2019)

❖ Longitud

La columna de bombeo tiene una longitud de 31.77 m y se determinó utilizando la ecuación 9; se consideraron 6 m de sumergencia y 6 m por variación estacional.

$$L_c = Nd + S + V$$

$$L_c = 19.77 \text{ m} + 6 \text{ m} + 6 \text{ m} = 31.77 \text{ m}$$

❖ Velocidad

La velocidad de flujo en la columna de bombeo calculada a través de la ecuación 10 resultó de 0.42 m/s.

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

$$v = \frac{4 \times 0.002 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi \times (0.07792 \text{ m})^2} = 0.42 \text{ m/s}$$

❖ Pérdidas de carga por fricción

Las pérdidas de carga por fricción se calcularon mediante la ecuación 11 de Hazen-Williams, obteniéndose un resultado de 0.10 m.

$$h_f = 10.679 \frac{Q^{1.85} Lc}{C^{1.85} D^{4.87}}$$

$$h_f = 10.679 \frac{(0.002 m^3/s)^{1.85} \times 31.77 m}{130^{1.85} \times 0.07792^{4.87}}$$

$$h_f = 0.10 m$$

Se determinó que la columna de bombeo cumple con el criterio de diseño de la norma (MIFIC, 2019, pág. 20) que establece que las pérdidas de carga deberán ser menor al 5% de la longitud de la columna.

$$h_f < \frac{5}{100} \times \text{Longitud de columna}$$

$$0.10 m < \frac{5}{100} \times 31.77 m$$

$$0.10 m < 1.59 m \therefore \text{Cumple}$$

4.5.2. Sarta

Para la descarga o sarta del equipo de bombeo se utilizará tubería de hierro galvanizado clase 40.

❖ Diámetro:

Debido a que el consumo máximo diario (CMD) es de 2 l/s se adoptó de la tabla 24 de la norma (MIFIC, 2019, pág. 22), un diámetro nominal de 50 mm correspondiente a tubería comercial de 2" con diámetro interno de 52.48 mm (anexo 9).

Tabla 24: Diámetros de sarta

Diámetro de la columna de bombeo (mm)	Rango de caudales (l/s)	
50	5.05	-
75	5.05	12.6
100	12.6	25.2
150	25.2	56.8
200	56.8	75.7
250	75.7	101

Fuente: (MIFIC, 2019)

❖ Longitud de sarta

Se adoptó una longitud de sarta de 6 m de acuerdo a plano típico del FISE para tuberías de 2" (anexo 13, plano 18).

❖ Velocidad de flujo

La velocidad de flujo en la sarta evaluada a partir de la ecuación 10 resultó de 0.92 m/s, este valor cumple con el criterio de diseño establecido por la norma (MIFIC, 2019) que recomienda velocidades entre 0.6 y 1.5 m/s.

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

$$v = \frac{4 \times 0.002 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi \times (0.05248 \text{ m})^2}$$

$$v = 0.92 \text{ m/s}$$

$$0.60 \text{ m/s} < 0.92 \text{ m/s} < 1.5 \text{ m/s} \therefore \text{Cumple}$$

❖ Pérdidas de carga por fricción

Las pérdidas de carga por fricción se calcularon mediante la ecuación de Hazen-Williams, obteniéndose un resultado de 0.14 m.

$$h_f = 10.679 \frac{Q^{1.85} Lc}{C^{1.85} D^{4.87}}$$

$$h_f = 10.679 \frac{(0.002 \text{ m}^3/\text{s})^{1.85} 6 \text{ m}}{130^{1.85} \times 0.05248^{4.87}}$$

$$h_f = 0.14 \text{ m}$$

❖ Pérdidas de carga por accesorios (ha)

Las pérdidas de carga por accesorios en la sarta fueron de 0.40 m y se calcularon a partir de la ecuación 12 y en base a las pérdidas locales mostradas en el anexo 10. Los resultados del coeficiente (K) se detallan en la tabla 25, de igual manera se presentan los cálculos a continuación:

$$h_a = \sum K \times \frac{v^2}{2g}$$

$$h_a = 8.8 \times \frac{\left(0.92 \frac{m}{s}\right)^2}{2 \times 9.81 \frac{m}{s^2}}$$

$$h_a = 0.40 \text{ m}$$

Tabla 25: Coeficientes de pérdidas por accesorios en la sarta

Accesorio	C	K	kC	v ²	Ha (m)
Tee línea 2"	1	0.3	0.3	0.85	0.01
Tee salida lateral 2"	1	1.8	1.8	0.85	0.08
Codo 45° 2"	2	0.45	0.9	0.85	0.04
Válvula de compuerta 2"	1	0.2	0.4	0.85	0.02
Válvula de retención 2"	1	2.5	2.5	0.85	0.11
Unión tipo dresser 2"	1	0.3	0.3	0.85	0.01
Medidor 2"	1	2.5	2.5	0.85	0.11
Unión concéntrica 2"	1	0.3	0.3	0.85	0.01
Total			8.8		0.40

Fuente: (MIFIC, 2019)

❖ Pérdidas totales en la sarta (ht)

Las pérdidas totales en la sarta son de 0.54 m, como se muestra a continuación:

$$ht = h_f + h_a$$

$$ht = 0.14 \text{ m} + 0.40 \text{ m}$$

$$ht = 0.54 \text{ m}$$

4.5.3. Línea de conducción

El diseño de la línea de conducción por bombeo se dividió en dos tramos, un tramo de línea que va desde la sarta hasta un primer tanque (0+000 – 0+760) con una longitud de 760 m y otro tramo de línea de conducción hasta un segundo tanque (0+760 – 2+787) con una longitud de 2,027 m.

A continuación, se presenta el dimensionamiento de cada uno de los tramos:

4.5.3.1. Línea de impulsión por bombeo tramo 1, [0+000 – 0+760]

El primer tramo de la línea de conducción se dimensionó para el 100 % del consumo máximo diario (CMD) al final del período de diseño.

❖ . Diámetro

El diámetro de la línea de conducción se ha calculado para un caudal de 2 l/s utilizando la ecuación 14, resultando un diámetro teórico de 54.92 mm a partir del cual se seleccionó de la norma ASTM-2241 tubería PVC SDR 26 con diámetro nominal de 2" y diámetro interno de 55.7 mm (anexo 8).

Los resultados del cálculo se presentan a continuación:

$$D = 0.9 (Q)^{0.45}$$

$$D = 0.9 (0.002 \text{ m}^3/\text{s})^{0.45}$$

$$D = 0.0549 \text{ m} = 54.92 \text{ mm}$$

❖ Longitud

La línea de conducción por bombeo desde la sarta hasta el primer tanque tiene una longitud total de 760 m.

❖ Velocidad de flujo

Se calculó la velocidad de flujo mediante la ecuación 10, determinándose un valor de 0.82 m/s que se encuentra en el rango establecido por la norma nacional (MIFIC, 2019, pág. 25).

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

$$v = \frac{4 \times 0.002 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi \times (0.05570 \text{ m})^2}$$

$$v = 0.82 \text{ m} / \text{s}$$

$$0.60 \text{ m/s} < 0.82 \text{ m} / \text{s} < 1.5 \text{ m/s} \therefore \text{Cumple}$$

❖ Pérdidas de carga

Las pérdidas de carga por fricción se calcularon mediante la ecuación de Hazen-Williams, obteniéndose pérdidas de 9.92 m.

A continuación, se presentan los cálculos realizados:

$$h_f = 10.679 \frac{Q^{1.85} Lc}{C^{1.85} D^{4.87}}$$
$$h_f = 10.679 \frac{\left(\frac{0.002 \text{ m}^3}{\text{s}}\right)^{1.85} \times 760 \text{ m}}{150^{1.85} \times 0.05570^{4.87} \text{ m}}$$
$$h_f = 9.92 \text{ m}$$

4.5.3.2. Línea de impulsión por bombeo tramo 2, (0+760 – 2+787)

La línea de conducción en el tramo 2 se dimensionó para un caudal de 0.60 l/s correspondiente al 30 % del consumo máximo diario al final del período de diseño, esto debido a que 1.4 l/s o sea el 70% del caudal se destinó al llenado del primer tanque, descrito anteriormente.

❖ . Diámetro

El diámetro de la línea de conducción se ha calculado utilizando la ecuación 14, resultando un diámetro teórico de 30 mm a partir del cual se seleccionó de la norma ASTM 2241 tubería PVC SDR 26 con un diámetro nominal de 2" y diámetro interno de 55.70 mm (anexo 8).

Los resultados del cálculo se presentan a continuación:

$$D = 0.9 (Q)^{0.45}$$
$$D = 0.9 (0.0006 \text{ m}^3/\text{s})^{0.45}$$
$$D = 0.030 \text{ m} = 30 \text{ mm}$$

Debido a que el diámetro calculado es inferior al mínimo de la norma, se adopta una tubería PVC de 2".

❖ Longitud

La línea de conducción que va desde el primer tanque al segundo tanque tiene una longitud total de 2026.97 m.

❖ Velocidad de flujo

Se determinó que la velocidad de flujo es baja con un valor de 0.25 m/s, por lo tanto, no cumple con lo establecido en la norma (MIFIC, 2019, pág. 25), por lo que, se utilizarán válvulas de limpieza para evitar la sedimentación en la tubería.

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

$$v = \frac{4 \times 0.0006 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi \times (0.05570 \text{ m})^2}$$

$$v = 0.25 \text{ m / s}$$

$$0.60 \text{ m/s} < 0.25 \text{ m / s} < 1.5 \text{ m/s} \therefore \text{No cumple}$$

❖ Pérdidas de carga

Las pérdidas de carga por fricción se calcularon mediante la ecuación 11 de Hazen-Williams, obteniéndose pérdidas de 2.85 m.

A continuación, se presentan los cálculos realizados:

$$h_f = 10.679 \frac{Q^{1.85} Lc}{C^{1.85} D^{4.87}}$$

$$h_f = 10.679 \frac{\left(\frac{0.0006 \text{ m}^3}{\text{s}}\right)^{1.85} \times 2027 \text{ m}}{150^{1.85} \times 0.05570 \text{ m}^{4.87}}$$

$$h_f = 2.85 \text{ m}$$

❖ Carga dinámica total

El cálculo de la carga dinámica (CDT) total se realizó tomando en cuenta la carga estática total y la sumatoria de pérdidas de carga en la columna de bombeo, sarta y línea de conducción, obteniéndose un valor de 89.82 m. A continuación, se presentan los cálculos.

$$CET = 19.77 \text{ m} + (860.41 \text{ m} - 806.301 \text{ m}) + 2.5 \text{ m}$$

$$CET = 76.379 \text{ m}$$

$$CDT = CET + h_{\text{columna}} + h_{\text{sarta}} + h_{\text{li}}$$

$$CDT = 76.379 \text{ m} + 0.10 \text{ m} + 0.54 \text{ m} + 9.92 \text{ m} + 2.85 \text{ m}$$

$$CDT = 89.82 \text{ m}$$

❖ Golpe de ariete

La sobrepresión en la tubería calculada a partir de la ecuación de Allievi resultó de 10.5 m. Para determinar el tipo de cierre y tipo de impulsión se calcularon los valores de celeridad, tiempo de parada y longitud crítica, como se muestran a continuación:

➤ Celeridad

Se utilizó la ecuación 17 propuesta por Allievi para calcular la velocidad de propagación de la onda de sobrepresión. El coeficiente K con valor de 33.3 para tubería PVC fue obtenido de la tabla 26.

Tabla 26: Valores de K para hallar la celeridad

Material de la tubería	\mathcal{E} (kg/m ²)	K
Palastros de tierra y acero	$2 \cdot 10^{10}$	0.5
Fundición	10^{10}	1
Hormigón (sin armar)	$2 \cdot 10^{10}$	5
PVC	$3 \cdot 10^8$	33.3 (20-50)
PE baja densidad	$2 \cdot 10^7$	500
PE alta densidad	$9 \cdot 10^7$	111.11

Fuente: (Cátedra de Ingeniería Rural, 2015)

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

$$C = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + 33.3 \times \frac{55.70mm}{2.3 mm}}}$$

$$C = 338.48 \text{ m/s}$$

➤ **Tiempo de parada**

El tiempo de parada se calculó a partir de la ecuación 19 propuesta por Mendiluce resultando un valor de 1.96 s. El Coeficiente C se determinó en función de la gradiente hidráulica (m) y se adoptó de la tabla 27. El coeficiente empírico K se adoptó de la tabla 28. A continuación, se presenta el cálculo de la gradiente hidráulica:

$$m = \frac{Hm}{L}$$

$$m = \frac{89.82 \text{ m}}{2786.97 \text{ m}} = 0.03$$

$$0.03 < 0.20 \therefore C = 1$$

Tabla 27: Coeficiente C en función de la gradiente hidráulica

Condición	C
$\frac{Hm}{L} < 0.20$	1
$\frac{Hm}{L} \geq 0.20$	0
$\frac{Hm}{L} = 0.20$	0.6

Fuente: (Cátedra de Ingeniería Rural, 2015)

Tabla 28: Coeficiente K en función de la longitud de la línea de conducción

Longitud	K
L<500	2
L=500	1.75
500<L<1500	1.5
L=1500	1.25
L>1500	1

Fuente: (Cátedra de Ingeniería Rural, 2015)

Debido a la existencia de dos tramos con diferentes velocidades en la línea de conducción, se determinó un valor ponderado para la velocidad de flujo, siendo éste de 0.31 m/s, como se muestra a continuación:

$$\frac{L}{v} = \frac{L_{T1}}{v_{T1}} + \frac{L_{T2}}{v_{T2}}$$

$$v = \frac{L}{\sum \frac{L_i}{v_i}}$$

$$\frac{2787 \text{ m}}{v} = \frac{760 \text{ m}}{0.82 \text{ m/s}} + \frac{2027 \text{ m}}{0.25 \text{ m/s}}$$

$$v = \frac{2787 \text{ m}}{9034} = 0.31 \text{ m/s}$$

$$T = C + \frac{K \times L \times V}{g \times Hm}$$

$$T = 1 + \frac{1 \times 2786.97 \times 0.31 \text{ m/s}}{9.81 \times 89.82 \text{ m}}$$

$$T = 1.96 \text{ s}$$

Tomando en consideración que el tiempo que tarda la onda de presión en dar un ciclo completo es de $t = \frac{2L}{C}$, se obtienen los siguientes resultados:

$$t = \frac{2 \times 2786.97 \text{ m}}{338.48 \text{ m/s}}$$

$$t = 16.47 \text{ s}$$

Como el tiempo de parada es menor al tiempo de recorrido de la onda de presión ($T < t$), se determina que es un cierre rápido.

$1.96 \text{ s} < 16.47 \text{ s} \therefore$ Cierre rápido

➤ Longitud Crítica

La longitud crítica se calculó utilizando la ecuación 20, resultando un valor de 331.71 m.

$$Lc = \frac{C \times T}{2}$$

$$Lc = \frac{338.48 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 1.96 \text{ s}}{2}$$

$$Lc = 331.71 \text{ m}$$

Dado que la longitud crítica calculada es menor a la longitud de la línea de conducción, se tiene una impulsión larga.

$$331.71 \text{ m} < 2786.97 \text{ m} \therefore \text{Impulsión larga}$$

➤ Sobrepresión

Como se trata de una impulsión larga y cierre rápido, se adopta para el cálculo del golpe de ariete la ecuación 22 de Allievi, obteniéndose un resultado de 10.5 m, como se muestra a continuación:

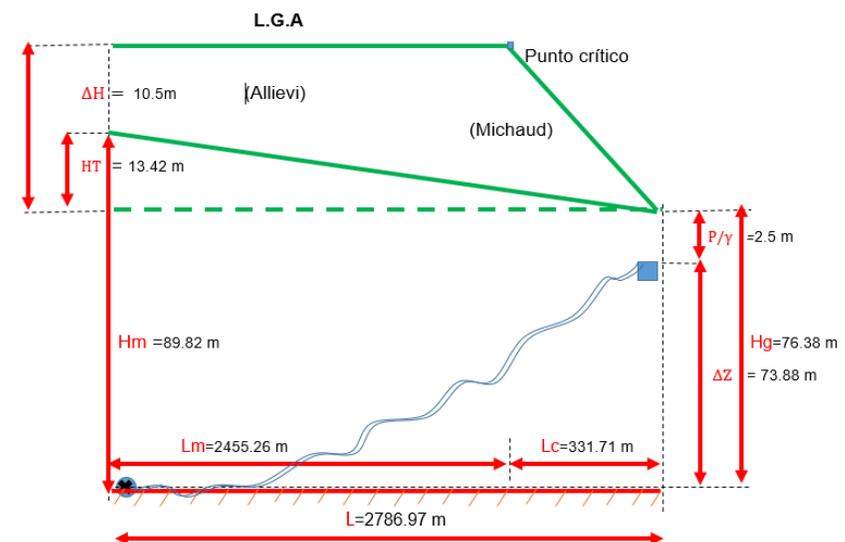
$$\Delta H = \frac{C \times V}{g}$$

$$\Delta H = \frac{338.48 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 0.31 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{9.81 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}}$$

$$\Delta H = 10.5 \text{ m}$$

La presión total en el sistema se determinó sumando la altura hidrostática con un valor de 76.38 m y la sobrepresión de 10.5 m, resultando una presión total de 86.88 m (123.6 PSI), a partir del cual se deduce que la tubería de PVC SDR 26 de diámetro 2" utilizada para el diseño de la línea de conducción y que soporta presiones de 160 PSI, resiste la sobrepresión por golpe de ariete por lo que garantiza un diseño adecuado. En la ilustración 3 se muestra el esquema de energía y sobrepresión.

Ilustración 3: Esquema de energía y sobre presión



Fuente: Elaboración propia

➤ **Potencia de la bomba**

Dado que la vida útil de las bombas es de 10 años, se seleccionaron bombas para los años 10 y 20 del periodo de diseño, cuya potencia se determinó en función del consumo máximo diario (CMD) y la carga dinámica (CDT), resultando un valor teórico de 2.25 Hp y 3.15 Hp respectivamente.

El valor de la CDT para el año 10 del período de diseño se adoptó de la tabla 29.

$$P = \frac{Y H Q}{746 E}$$

$$P_{\text{año 10}} = \frac{9810 \times 84.46 \text{ m} \times 0.00152 \text{ m}^3/\text{s}}{746 \times 0.75} = 2.25 \text{ hp}$$

$$P_{\text{año 20}} = \frac{9810 \times 89.82 \text{ m} \times 0.002 \text{ m}^3/\text{s}}{746 \times 0.75} = 3.15 \text{ hp}$$

Tabla 29: CDT para el año 10 del período de diseño

CDT (año 10)	
Caudal (l/s)	1.52
Pérdidas en la columna (m) de bombeo (m)	0.06
Pérdidas en la sarta (m)	0.30
Pérdidas en la línea de conducción (m)	7.72
CET (m)	76.4
CTD (m)	84.46

Fuente: Elaboración propia

➤ **Selección de la bomba**

Se seleccionaron dos bombas comerciales con potencias superiores a las calculadas: Para los primeros 10 años del periodo de diseño se optó por una bomba Franklin Electric serie FPS 4400 de diámetro 4", de 3 Hp de potencia, con rendimiento nominal de 35 gpm. La curva de bomba adoptada se muestra en la ilustración 4; para los 10 años del final del periodo de diseño se seleccionó una bomba Franklin Electric serie FPS 4400 de diámetro 4", de 5 Hp de potencia que

proporcionará un caudal de 2.50 l/s (39.68 gpm), superior al caudal requerido (31.75 gpm). La curva de bomba adoptada se muestra en la ilustración 5.

La simulación del sistema en EPANET se realizará con la bomba seleccionada para el año 20 del período de diseño.

Ilustración 4: Curva de rendimiento de bomba de 3 Hp

Alta Capacidad 4" Curvas de Rendimiento 35 GPM

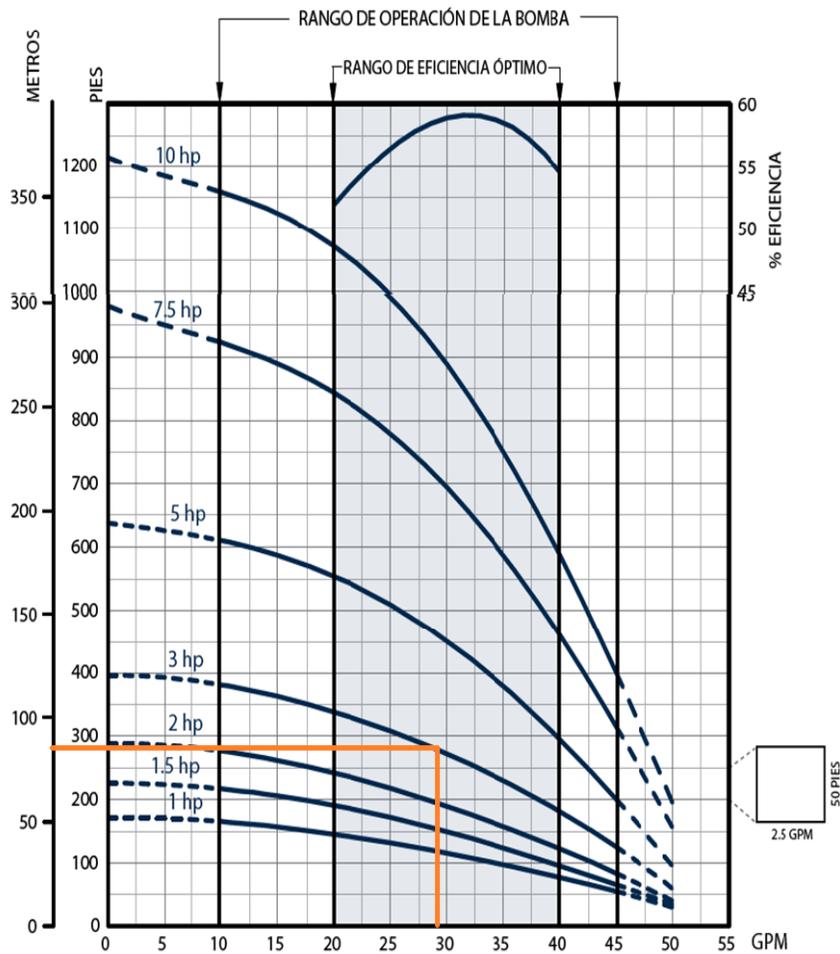
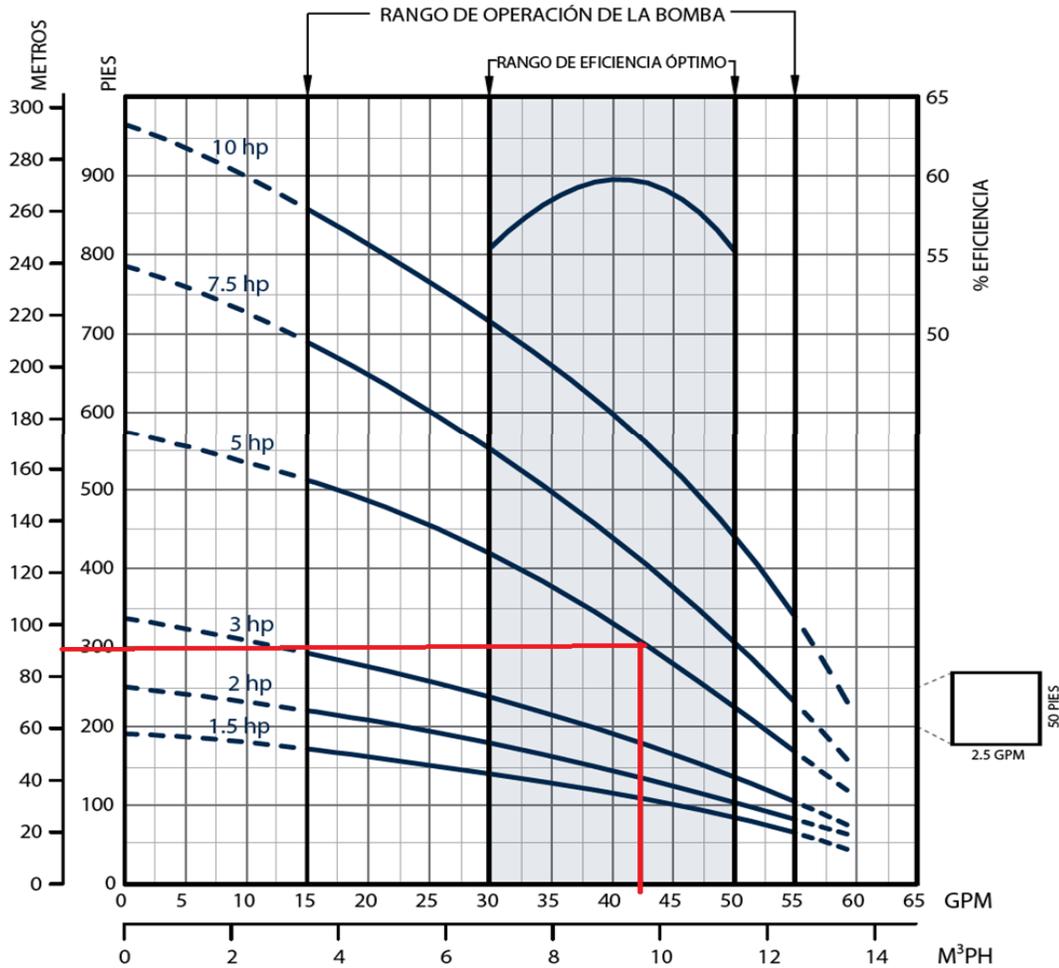


Ilustración 5: Curva de rendimiento de bomba de 5 Hp

Alta Capacidad 4"

Curvas de Rendimiento 45 GPM



4.5.4. Tanques de almacenamiento

❖ Capacidad

De acuerdo a lo establecido en la norma (MIFIC, 2019, pág. 33), el volumen de almacenamiento lo componen la suma de un volumen del 15 % del CPD de reserva para eventualidades y/o emergencias y un 25% del CPD para compensar las variaciones horarias de consumo. En este caso se debe almacenar el 40% del CPD.

Cumpliendo con lo anterior y tomando en consideración las ecuaciones 24, 25 y 26 así como la distribución de los usuarios (tabla 21), se determinaron los volúmenes

de almacenamiento de los dos tanques que forman parte del diseño, obteniéndose tanques de 18.43 m³ y 8.76 m³, como se muestra a continuación:

Tabla 21: Distribución de la población por tanque

Tanque	# de viviendas	Población inicial	Población proyectada	C. Doméstico (l/s)	C. Institucional (l/s)	CPD (l/s)
1	119	492	806	0.75	0.05	0.80
2	59	233	382	0.35	0.02	0.38
Total	178	725	1188	1.10	0.08	1.18

Fuente: Tabla 21 “Diseño hidráulico”

➤ **Tanque 1 (El Dorado):**

$$V_{t1} = \frac{40}{100} \times CPD \times hb$$

$$V_{t1} = \frac{40}{100} \times 0.0008 \times 16 h \times \frac{3600 s}{1 h}$$

$$V_{t1} = 18.43 m^3$$

➤ **Tanque 2 (Jícara Arriba):**

$$V_{t2} = \frac{40}{100} \times CPD \times hb$$

$$V_{t2} = \frac{40}{100} \times 0.00038 \times 16 h \times \frac{3600 s}{1 h}$$

$$V_{t2} = 8.76 m^3$$

❖ **Tipo de tanque**

Se adoptaron tanques de polietileno de alta densidad con las siguientes características.

- Para abastecer al sector El Dorado un tanque de 22 m³ ubicado sobre una losa de concreto en las coordenadas UTM zona 16 P, x= 565209.75; y= 1454610.23

con una altura de 3.52 m, diámetro 3 m, con tapa tipo C de 0.45 m, como se muestra en el plano 23 del anexo 13.

- Para abastecer al sector El Jícaro Arriba un tanque de 10 m³ ubicado sobre una losa de concreto en las coordenadas UTM zona 16 P, x= 567062.64, y= 1455073.19 con una altura de 2.68 m, diámetro 2.38 m, con tapa tipo C de 0.60 m, como se muestra en el plano 24 del anexo 13.

4.5.5. Desinfección

Para la desinfección se usará hipoclorito de sodio, como lo establece la norma (MIFIC, 2019) para caudales menores a 8.2 l/s. Para el cálculo de la capacidad de la estación de cloración se utilizó la ecuación 26, obteniéndose un resultado de 0.24 kg de cloro por día. Los resultados detallados se muestran en la tabla 30.

La aplicación de la solución se realizará mediante inyección en la sarta de bombeo a una tasa de 1.02 l/h, durante 16 horas.

$$Ca = \frac{Q \times C}{1000}$$

$$Ca = \frac{115.20 \frac{m^3}{d} \times 2.1 mg}{1000}$$

$$Ca = 0.24 \frac{kg}{día}$$

Tabla 30: Dosis de cloro y aplicación

Descripción	U/M	Cantidad
Requerimiento según la norma		
Caudal máximo para hipo-cloración	l/s	8.20
Hipoclorito para capacidades pequeñas	kg/día / 8.2 l/s	1.00
Ca para el proyecto		
Ca del proyecto	kg/día	0.24
	mg/día	243902.4
	g/día	243.90

CMD	l/s	2
Volumen bombeado		
Volumen bombeado	l/día	115200
Horas de bombeo	h	16.00
CMD	l/s	2
Dosis de cloro a aplicar		
Dosis a aplicar	mg/l	2.12
Hipoclorito comercial concentrado a 130 g/ l	l/día	1.88
Forma de aplicación		
Volumen de agua para diluir mezcla al 1.5% usando cloro comercial al 13% de concentración.	l	16.26
Aplicación del cloro en 16 horas de bombeo	l/h	1.02

Fuente: Elaboración propia

4.5.6. Simulación hidráulica en EPANET

El procedimiento de análisis hidráulico se realizó trazando una red abierta basada en los datos topográficos, elevaciones y longitudes; los diámetros, caudales y la carga dinámica total se tomaron del acápite 4.5 “Diseño hidráulico”.

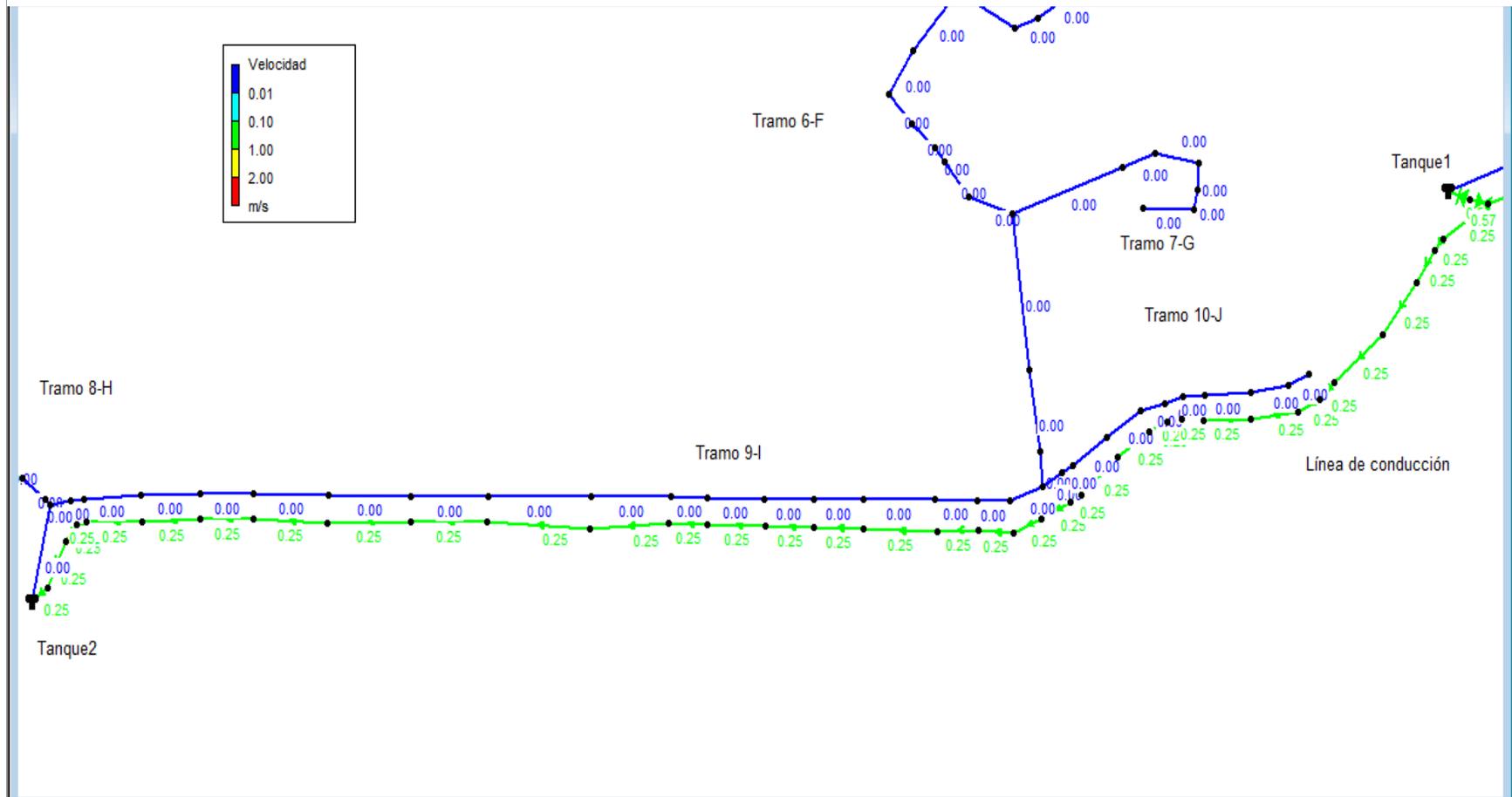
4.5.6.1. Simulación de la línea de conducción con bomba teórica

Con toda la información antes indicada se realizó la simulación basada en una bomba teórica con caudal 2 l/s y altura manométrica de 89.82 m. Se compararon los resultados de la simulación con los cálculos realizados en la sección 4.5.3.2, obteniéndose valores similares de las velocidades en la columna de bombeo con 0.42 m/s y sarta con 0.92 m/s.

Así mismo se obtuvieron resultados similares en la velocidad de flujo de la línea de impulsión la cual fue de 0.82 m/s para el primer tramo (ilustración 6) y 0.25 m/s para el segundo tramo (ilustración 7).

La altura manométrica calculada en la sección 4.5.3.2, fue de 89.82 m, mientras que en EPANET fue de 89.06 m, observándose resultados muy similares.

Ilustración 7: Velocidades en el tramo 2 de la línea de conducción



Fuente: Elaboración propia

4.5.6.2. Línea de conducción con bomba comercial

La línea de conducción se simuló con la bomba comercial Franklin Electric de 4" de diámetro y 5 Hp de potencia, con capacidad de 39.68 gpm (2.5 l/s), se obtuvieron las presiones, velocidades, diámetros y longitudes de la tubería de impulsión.

❖ Presiones en la línea de conducción

Los resultados de las presiones de la línea de conducción se presentan en la tabla 31 y las ilustraciones 8 y 9, siendo la mayor en la columna de bombeo correspondiente a la CDT con un valor de 100.06 m y la menor de 2.58 m en la entrada al último tanque de almacenamiento.

Tabla 31: Presiones en la línea de conducción

Nodos	Cota	Demanda Base	Altura	Presión
	m	LPS	m	M
Conexión LN53	860.296	0	862.87	2.58
Conexión LN52	858	0	863.11	5.12
Conexión LN51	857.012	0	863.22	6.21
Conexión LN50	856.885	0	863.28	6.4
Conexión LN49	855.708	0	863.59	7.89
Conexión LN48	854.515	0	863.92	9.4
Conexión LN47	852.696	0	864.21	11.52
Conexión LN46	850.587	0	864.63	14.04
Conexión LN45	848	0	865.09	17.09
Conexión LN44	846	0	865.51	19.51
Conexión LN43	844	0	866.1	22.1
Conexión LN42	842	0	866.52	24.52
Conexión LN41	840	0	866.74	26.74
Conexión LN40	838	0	867.07	29.07
Conexión LN39	835.999	0	867.33	31.34
Conexión LN38	833.409	0	867.61	34.2
Conexión LN37	832.454	0	868.02	35.56

Conexión LN36	832.206	0	868.25	36.05
Conexión LN35	833.204	0	868.45	35.24
Conexión LN34	832	0	868.61	36.61
Conexión LN33	830.568	0	868.79	38.23
Conexión LN32	829.139	0	868.86	39.73
Conexión LN31	824.544	0	869.14	44.6
Conexión LN30	823.445	0	869.35	45.91
Conexión LN29	823.222	0	869.46	46.24
Conexión LN28	823.011	0	869.55	46.54
Conexión LN27	822.705	0	869.67	46.96
Conexión LN26	822.403	0	869.93	47.53
Conexión LN25	822.327	0	870.2	47.87
Conexión LN24	822.222	0	870.33	48.11
Conexión LN23	822.274	0	870.45	48.17
Conexión LN22	824.527	0	870.8	46.27
Conexión LN21	825.735	0	871.11	45.38
Conexión LN20	825.899	0	871.3	45.4
Conexión LN19	825.672	0	871.37	45.7
Conexión LN18	823.483	0	871.46	47.98
Conexión LN17	822.201	0	872.33	50.12
Conexión LN16	821.551	0	874.53	52.98
Conexión LN15	816.03	0	877.13	61.1
Conexión LN14	812.224	0	878.44	66.21
Conexión LN13	809.879	0	879.83	69.95
Conexión LN12	809.114	0	880.42	71.31
Conexión LN11	808.047	0	880.79	72.75
Conexión LN10	806.575	0	881.43	74.85
Conexión LN9	805.863	0	882	76.14
Conexión LN8	804.434	0	882.84	78.4
Conexión LN7	804.015	0	883.19	79.18

Conexión LN6	802.221	0	883.56	81.34
Conexión LN5	804.777	0	884.46	79.68
Conexión LN4	806.301	0	885.54	79.24
Sarta	806.301	0	886.48	80.17
Columna de bombeo	786.531	0	886.6	100.06
Pozo	786.531		786.53	0
Depósito (Tanque 2)	860.41		862.86	2.45

Fuente: Elaboración propia

❖ Velocidad

➤ Línea de conducción tramo 1 (0+000 - 0+760)

La línea de conducción para el tramo 1 se simuló para el 100 % del caudal de 2.5 l/s y se adoptó del acápite 4.5, tubería PVC SDR 26 de 2" con diámetro interno de 55.70 mm. La velocidad del flujo se encuentra dentro del rango establecido por la norma con un valor de 1.03 m/s. Los valores permisibles por la norma son de 0.6 m/s a 1.5 m/s para líneas por bombeo (MIFIC, 2019, pág. 29).

➤ Línea de conducción tramo 2 (0+760 - 2+787)

La línea de conducción para el tramo 2 se simuló para un caudal de 1.1 l/s (17.46 gpm). La velocidad de flujo es de 0.45 m/s, menor a lo establecido en la norma (MIFIC, 2019), por lo tanto, se instalarán válvulas de limpieza en los puntos bajos para eliminar los sedimentos acumulados en la tubería. En las ilustraciones 10,11 y en la tabla 32 se muestran los resultados detallados.

Tabla 32: Velocidades en la línea de conducción

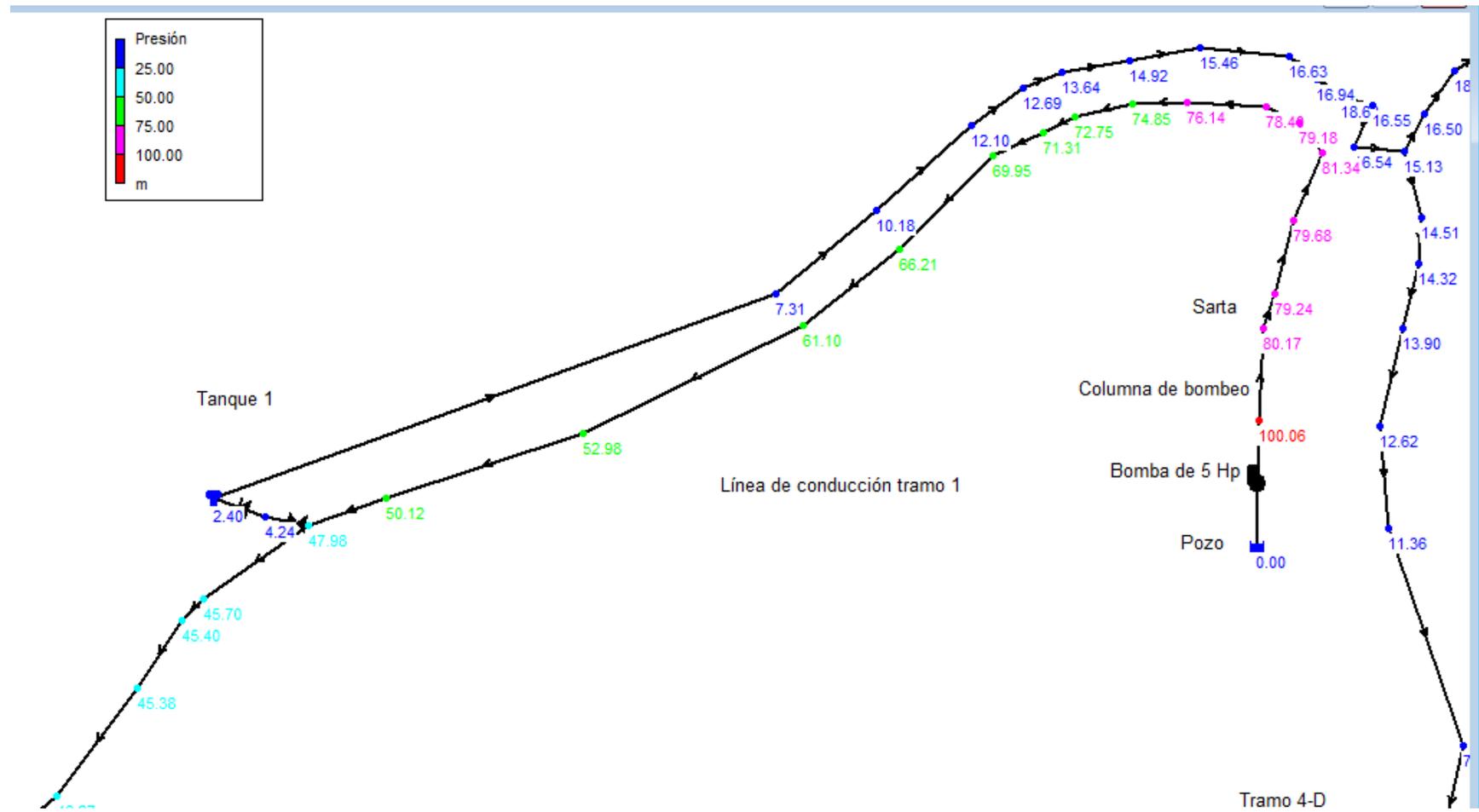
Tuberías	Longitud	Diámetro	Caudal	Velocidad	Pérd. Unit.
	2785.40 m	Mm	LPS	m/s	m/km
Tubería LP1	2.998	55.7	1.1	0.45	4.24
Tubería LP2	56.96	55.7	1.1	0.45	4.25
Tubería LP3	25.37	55.7	1.1	0.45	4.25
Tubería LP4	14.47	55.7	1.1	0.45	4.25

Tubería LP5	72.96	55.7	1.1	0.45	4.25
Tubería LP6	75.37	55.7	1.1	0.45	4.25
Tubería LP7	69.97	55.7	1.1	0.45	4.25
Tubería LP8	97.46	55.7	1.1	0.45	4.25
Tubería LP9	109.3	55.7	1.1	0.45	4.25
Tubería LP10	99.06	55.7	1.1	0.45	4.25
Tubería LP11	136.9	55.7	1.1	0.45	4.25
Tubería LP12	100.3	55.7	1.1	0.45	4.25
Tubería LP13	51.03	55.7	1.1	0.45	4.25
Tubería LP14	77.26	55.7	1.1	0.45	4.25
Tubería LP15	62.65	55.7	1.1	0.45	4.25
Tubería LP16	64.84	55.7	1.1	0.45	4.25
Tubería LP17	96.15	55.7	1.1	0.45	4.25
Tubería LP18	54.72	55.7	1.1	0.45	4.25
Tubería LP19	45.55	55.7	1.1	0.45	4.25
Tubería LP20	39.45	55.7	1.1	0.45	4.25
Tubería LP21	42.77	55.7	1.1	0.45	4.25
Tubería LP22	16.31	55.7	1.1	0.45	4.25
Tubería LP23	64.78	55.7	1.1	0.45	4.25
Tubería LP24	50.41	55.7	1.1	0.45	4.25
Tubería LP25	26.02	55.7	1.1	0.45	4.25
Tubería LP26	19.44	55.7	1.1	0.45	4.25
Tubería LP27	28.64	55.7	1.1	0.45	4.25
Tubería LP28	61.09	55.7	1.1	0.45	4.25
Tubería LP29	62.62	55.7	1.1	0.45	4.25
Tubería LP30	32.18	55.7	1.1	0.45	4.25
Tubería LP31	27.34	55.7	1.1	0.45	4.25
Tubería LP32	82.18	55.7	1.1	0.45	4.25
Tubería LP33	73.78	55.7	1.1	0.45	4.25
Tubería LP34	44.11	55.7	1.1	0.45	4.25

Tubería LP35	16.2	55.7	1.1	0.45	4.25
Tubería LP36	22.55	55.7	1.1	0.45	4.25
Tubería LP37	44.35	55.7	2.5	1.03	19.42
Tubería LP38	113.7	55.7	2.5	1.03	19.42
Tubería LP39	133.7	55.7	2.5	1.03	19.42
Tubería LP40	67.27	55.7	2.5	1.03	19.42
Tubería LP41	71.86	55.7	2.5	1.03	19.42
Tubería LP42	30.27	55.7	2.5	1.03	19.43
Tubería LP43	19.16	55.7	2.5	1.03	19.42
Tubería LP44	32.65	55.7	2.5	1.03	19.43
Tubería LP45	29.39	55.7	2.5	1.03	19.43
Tubería LP46	43.13	55.7	2.5	1.03	19.43
Tubería LP47	18.4	55.7	2.5	1.03	19.42
Tubería LP48	19.03	55.7	2.5	1.03	19.42
Tubería LP49	46.11	55.7	2.5	1.03	19.43
Tubería LP50	55.42	55.7	2.5	1.03	19.42
Sarta	6	52.48	2.5	1.16	6.54
Columna de bombeo	31.77	77.92	2.5	0.52	3.79

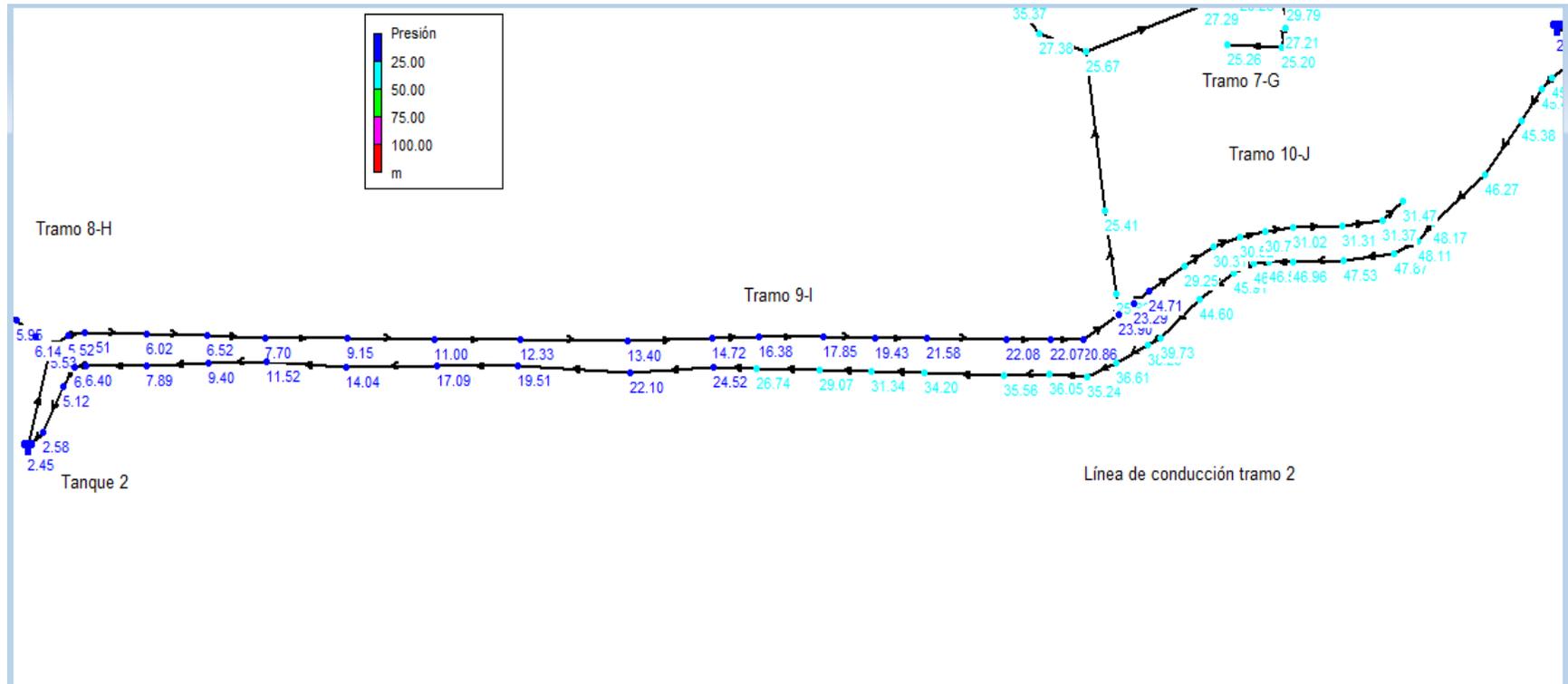
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 8: Presiones en el tramo 1 de la línea de conducción



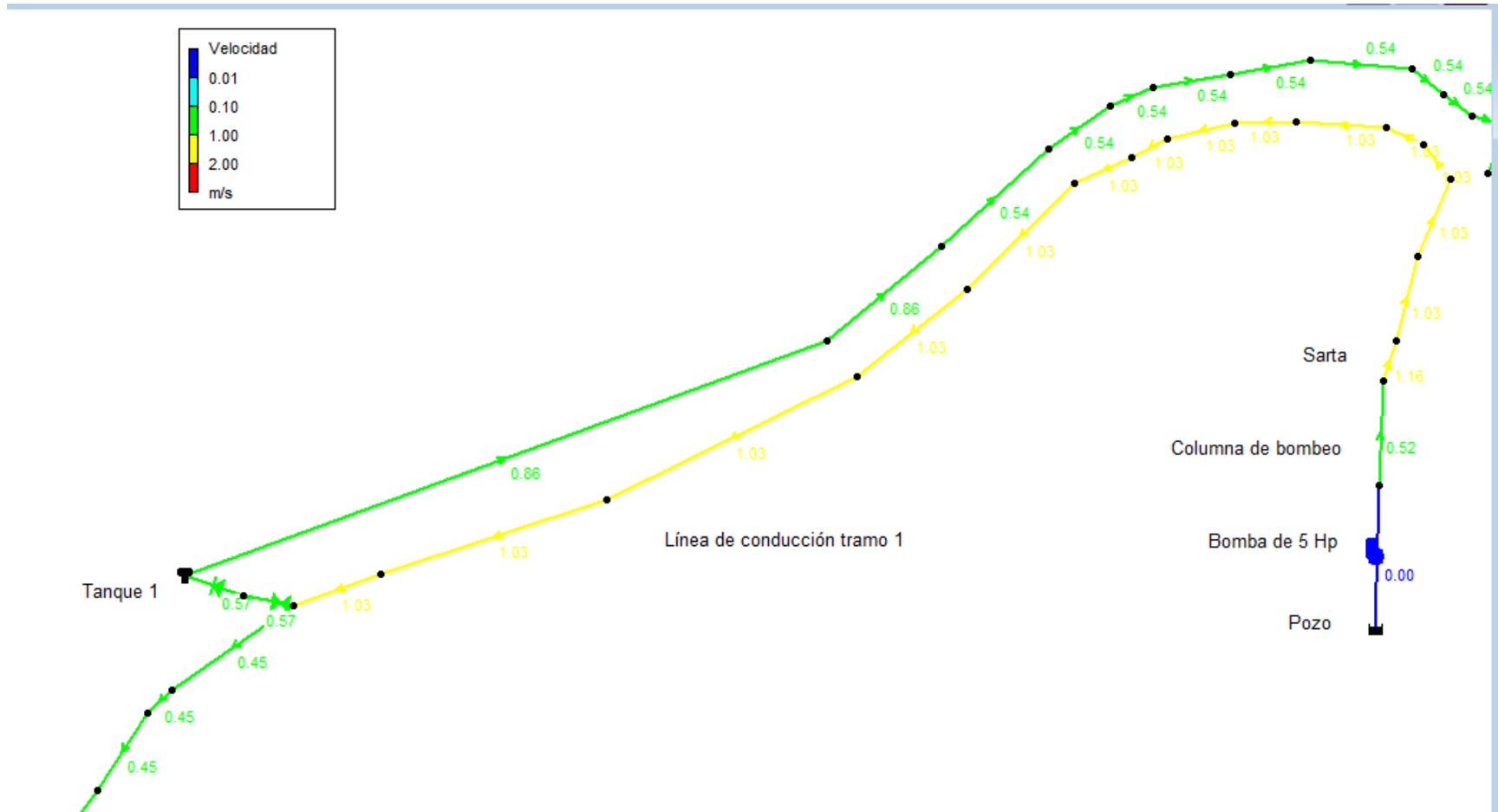
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 9: Presiones en el tramo 2 de la línea de conducción



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 10: Velocidades en el tramo 1 de la línea de conducción con bomba comercial

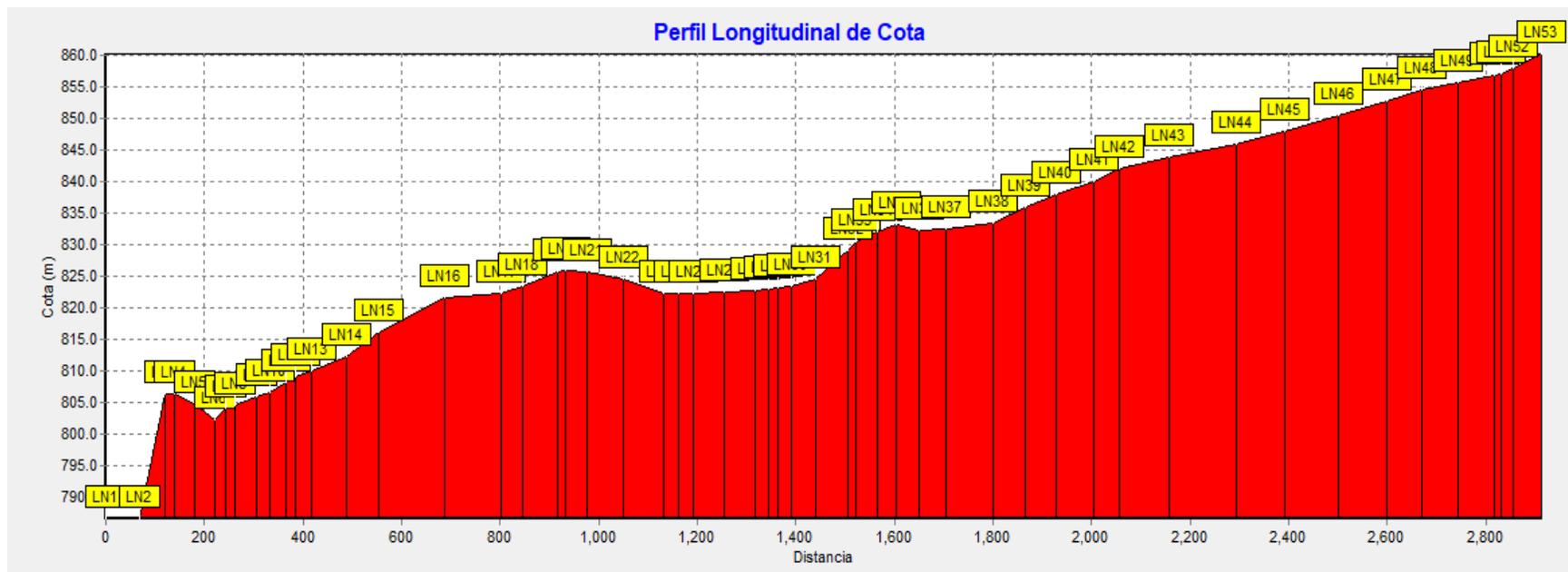


Fuente: Elaboración propia

❖ Perfiles

Se crearon los perfiles correspondientes al terreno natural, línea piezométrica y presiones. En la ilustración 12 se muestra el perfil del terreno natural de la línea de conducción en el que se observa la irregularidad del terreno con cambios de pendientes visibles en gran parte de la longitud.

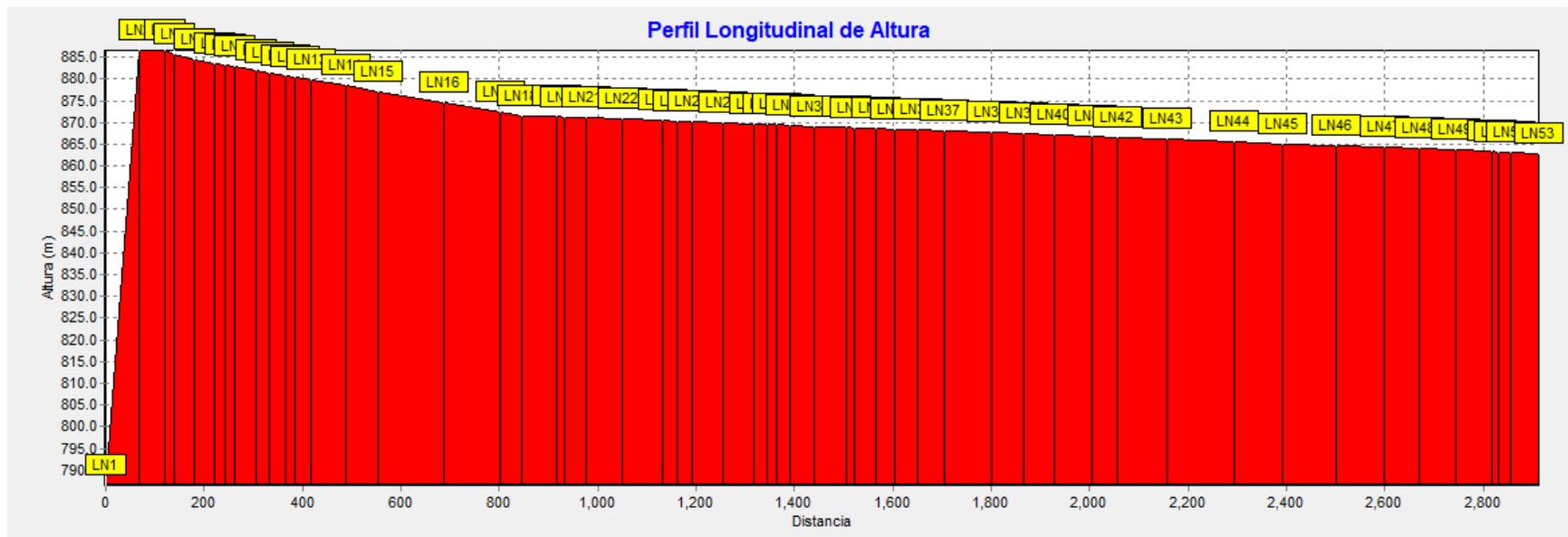
Ilustración 12: Perfil de cota de la línea de conducción



Fuente: Elaboración propia

En base al perfil de cotas y las presiones obtenidas en la simulación se creó el perfil de la línea piezométrica (ilustración 13), observándose la mayor altura de presión en la columna de bombeo, con un cambio de gradiente hidráulica entre el nodo L-N18, punto donde se reduce el caudal por la entrega de agua al primer tanque hasta el 'segundo tanque.

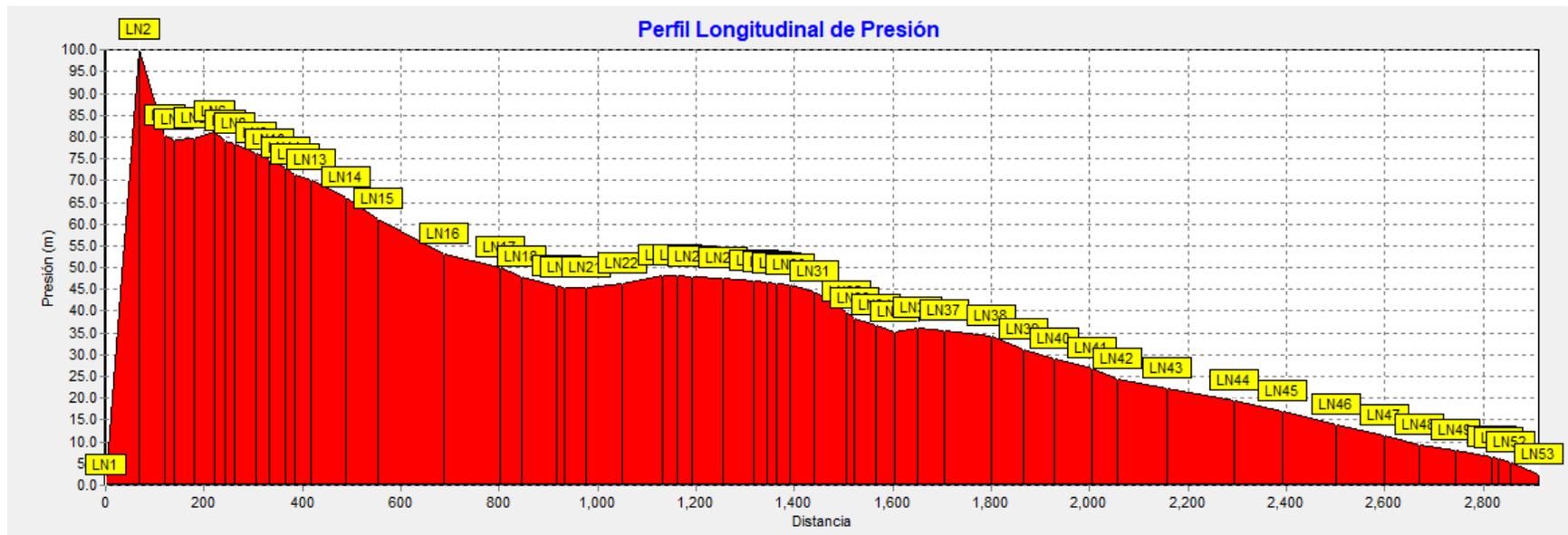
Ilustración 13: Perfil longitudinal de altura de la línea de conducción



Fuente: Elaboración propia

En la ilustración 14, se muestran las presiones, siendo las máximas en la columna de bombeo, luego descienden a lo largo de la línea, hasta llegar al tanque de almacenamiento con una presión mínima.

Ilustración 14: Perfil longitudinal de presión de la línea de conducción



Fuente: Elaboración propia

❖ **Válvulas en la línea de conducción**

La ubicación de las válvulas y los accesorios se muestran en los planos de diseño del anexo 13, hojas 28-33. La línea de conducción estará dotada de 2 válvulas de compuerta, 3 válvulas de aire ubicadas en los puntos con mayor elevación y 2 válvulas de limpieza que permitirán la eliminación de los sedimentos acumulados en los puntos bajos. Las válvulas y accesorios incluirán estructuras complementarias de protección.

4.5.6.3. Simulación de la red de distribución con CMH

El sistema se dividió en 10 tramos los cuales están dispuestos según la distribución de las viviendas en El Dorado y Jícaro Arriba y se analizó para la condición de CMH, evaluando las presiones y velocidades respecto a los rangos establecidos por la norma (MIFIC, 2019).

Los tramos donde las velocidades son inferiores a lo indicado en la norma se dotarán de válvulas de limpieza para evitar la acumulación de sedimentos.

❖ **Caudales nodales**

A los diferentes tramos de la red se les asignó nodos concentrados acorde al número de viviendas. La sumatoria de los caudales nodales corresponde al consumo máximo horario (CMH) como se muestra en la tabla 33.

El caudal base unitario de $0.018 \frac{1}{s}$ /vivienda, se determinó mediante la siguiente expresión:

$$Q_b = \frac{CMH}{N^{\circ} \text{ de viviendas}}$$

$$Q_b = \frac{3.12 \text{ l/s}}{178 \text{ viviendas}}$$

$$Q_b = 0.018 \text{ l/s por cada vivienda}$$

Tabla 33: Caudales nodales

Sector	Tramo	ID Nudo	N° de viviendas	Población proyectada	Caudal base $\frac{l}{s}/viv$	Caudal nodal l/s
El Dorado	A	N-16	8	59	0.018	0.14
		N-31	9	74		0.16
		N-3	44	365		0.77
	B	N-5	12	56		0.21
	C	N-4	19	110		0.33
		N-8	4	21		0.07
		N-11	1	8		0.02
	D	N-3	14	70		0.25
	E	N-7	8	43		0.14
	Jícara Arriba	F	N-3	4		7
N-7			4	23	0.06	
N-14			4	21	0.06	
G		N-6	12	93	0.21	
H		N-16	6	54	0.11	
I		N-14	16	80	0.28	
J		N-5	7	39	0.12	
		N-10	7	64	0.12	
Total			178	1188		3.12

Fuente: Elaboración propia

❖ **El Dorado**

La parte de la red de distribución que corresponde a El Dorado tiene una longitud total de 2.82 km, está diseñada con tubería PVC SDR 26 que soporta presiones de 160 PSI, con diámetro de 2" para 668.94 m y 1 ½" para 2153.26 m, abastece a 119 viviendas y se dividió en 5 tramos para realizar el análisis de los datos obtenidos en EPANET.

➤ **Tramo 1-A**

En la ilustración 15 se observa la topología del tramo 1-A, este tramo tiene una longitud de 1386.18 m, está diseñado con tubería PVC SDR 26 con diámetro de 2" para tubería principal y posteriormente disminuye a 1½" a partir del nodo A-N14.

Los resultados de las presiones en el tramo 1 se muestran en la tabla 34, siendo la mayor de 19.69 m que se presenta en el nodo con la cota más baja del tramo con un valor de 800.45 m (nodo A-N21); la presión mínima se produjo en la salida del tanque con un valor de 7.31 m. Todas las presiones se encuentran en el rango establecido en la norma (MIFIC, 2019).

En el análisis con caudal máximo horario se obtuvieron velocidades de flujo con valores máximos y mínimos de 0.86 m/s y 0.1 m/s, este último se encuentra fuera del rango establecido por la norma (MIFIC, 2019), por tanto, en los puntos mas bajos del tramo se instarán válvulas de limpieza. Los resultados detallados se muestran en la tabla 35.

Tabla 34: Presiones en el tramo 1-A

Nodos	Cota	Demanda Base	Altura	Presión
	m	LPS	M	m
Conexión AN1	816.03	0	823.34	7.31
Conexión AN2	812.224	0.772	822.41	10.18
Conexión AN3	809.879	0	821.98	12.1
Conexión AN4	809.114	0	821.8	12.69
Conexión AN5	808.047	0	821.69	13.64
Conexión AN6	806.575	0	821.5	14.92
Conexión AN7	805.863	0	821.32	15.46
Conexión AN8	804.434	0	821.07	16.63
Conexión AN9	804.015	0	820.96	16.94
Conexión AN10	802.221	0	820.85	18.63
Conexión AN11	804.204	0	820.75	16.55
Conexión AN12	804.204	0	820.75	16.54
Conexión AN13	805.441	0	820.57	15.13
Conexión AN14	804	0	820.5	16.5
Conexión AN15	801.528	0	820.41	18.88
Conexión AN16	802	0.14	820.35	18.35
Conexión AN17	802.477	0	820.32	17.85
Conexión AN18	802.899	0	820.28	17.38

Conexión AN19	802	0	820.21	18.21
Conexión AN20	800.774	0	820.16	19.39
Conexión AN21	800.446	0	820.13	19.69
Conexión AN22	800.867	0	820.13	19.26
Conexión AN23	800.842	0	820.12	19.28
Conexión AN24	800.978	0	820.11	19.13
Conexión AN25	802.728	0	820.09	17.36
Conexión AN26	802.817	0	820.08	17.27
Conexión AN27	804.1	0	820.07	15.97
Conexión AN28	804.808	0	820.06	15.25
Conexión AN29	806	0	820.03	14.03
Conexión AN30	807.303	0	820	12.7
Conexión AN31	807.543	0.158	819.98	12.44

Fuente: Elaboración propia

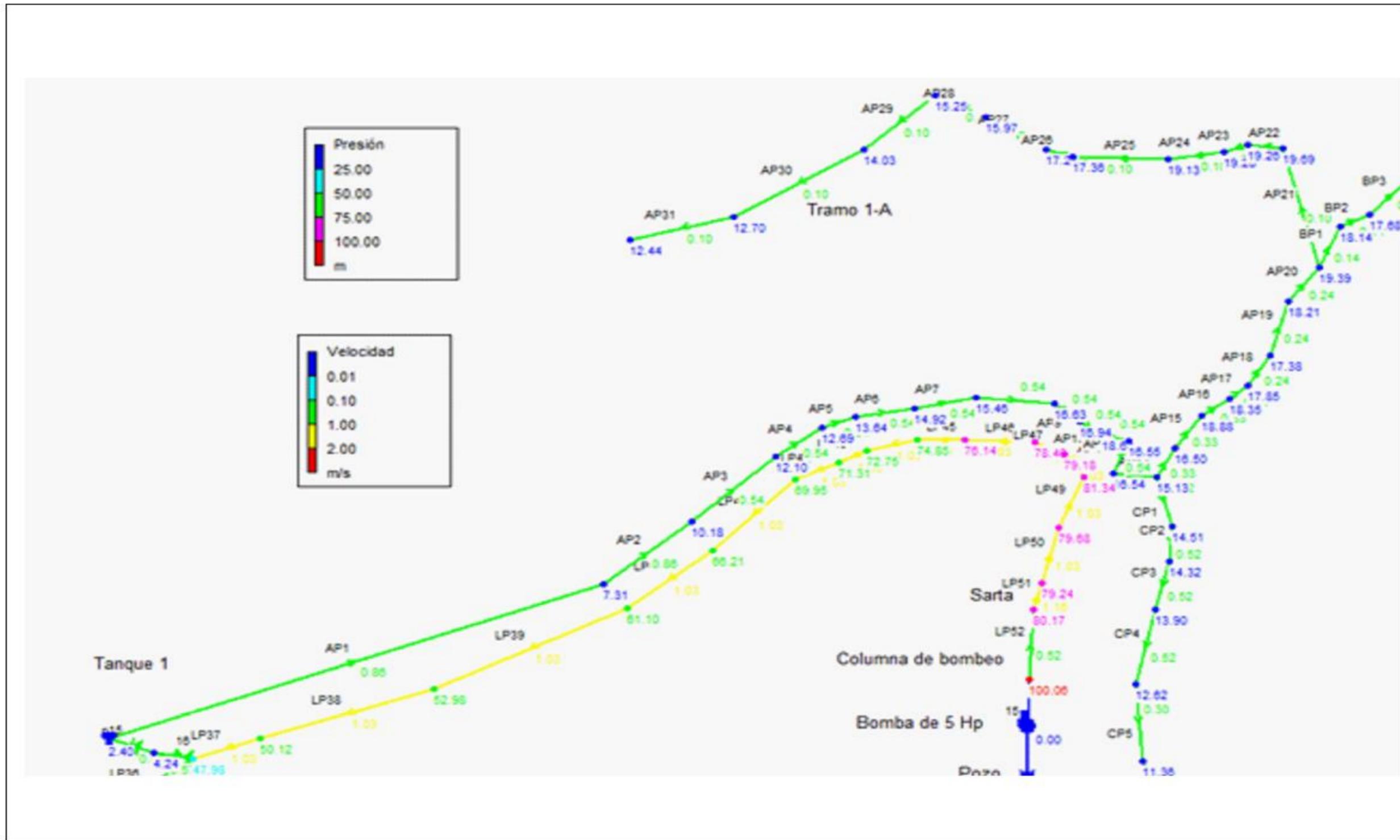
Tabla 35: Velocidades en el tramo 1-A

Tuberías	Longitud	Diámetro	Caudal	Velocidad	Pérd. Unit.
	m	mm	LPS	m/s	m/km
Tubería AP1	291.75	55.7	2.09	0.86	13.9
Tubería AP2	67.27	55.7	2.09	0.86	13.9
Tubería AP3	71.86	55.7	1.32	0.54	5.91
Tubería AP4	30.27	55.7	1.32	0.54	5.91
Tubería AP5	19.16	55.7	1.32	0.54	5.91
Tubería AP6	32.65	55.7	1.32	0.54	5.91
Tubería AP7	29.39	55.7	1.32	0.54	5.91
Tubería AP8	43.13	55.7	1.32	0.54	5.91
Tubería AP9	18.4	55.7	1.32	0.54	5.91
Tubería AP10	19.03	55.7	1.32	0.54	5.91
Tubería AP11	15.74	55.7	1.32	0.54	5.91
Tubería AP12	1	55.7	1.32	0.54	5.95
Tubería AP13	29.29	55.7	1.32	0.54	5.91
Tubería AP14	25.56	44.6	0.51	0.33	3
Tubería AP15	29.02	44.6	0.51	0.33	3.01
Tubería AP16	21.42	44.6	0.51	0.33	3.01
Tubería AP17	14.35	44.6	0.37	0.24	1.65
Tubería AP18	26.16	44.6	0.37	0.24	1.66
Tubería AP19	40.94	44.6	0.37	0.24	1.66
Tubería AP20	29.84	44.6	0.37	0.24	1.66
Tubería AP21	81.8	44.6	0.16	0.1	0.34
Tubería AP22	21.16	44.6	0.16	0.1	0.34
Tubería AP23	16.02	44.6	0.16	0.1	0.34

Tubería AP24	34.8	44.6	0.16	0.1	0.34
Tubería AP25	59.25	44.6	0.16	0.1	0.34
Tubería AP26	18.02	44.6	0.16	0.1	0.35
Tubería AP27	44.13	44.6	0.16	0.1	0.34
Tubería AP28	34.88	44.6	0.16	0.1	0.34
Tubería AP29	59.09	44.6	0.16	0.1	0.35
Tubería AP30	94.56	44.6	0.16	0.1	0.34
Tubería AP31	66.24	44.6	0.16	0.1	0.34

Fuente: Elaboración propia

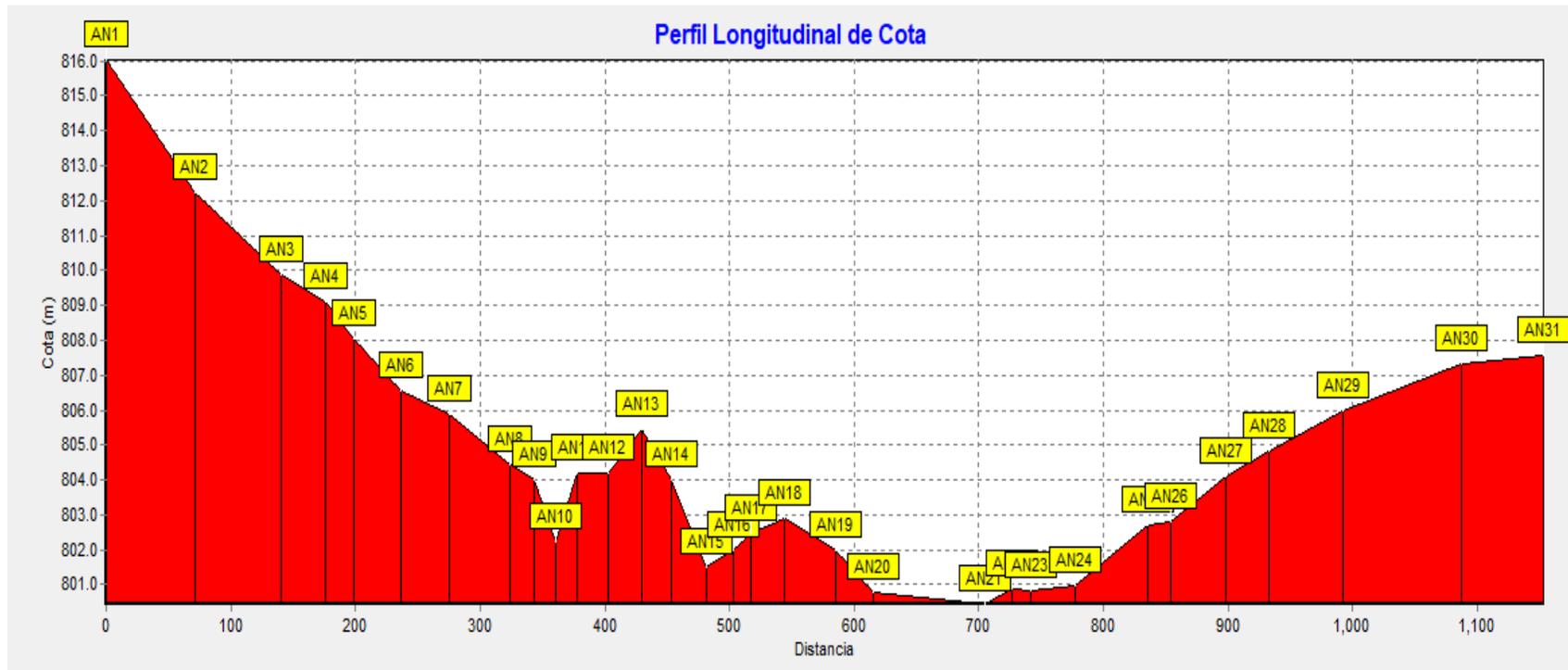
Ilustración 15: Presiones y velocidades en el tramo 1-A



Fuente: Elaboración propia

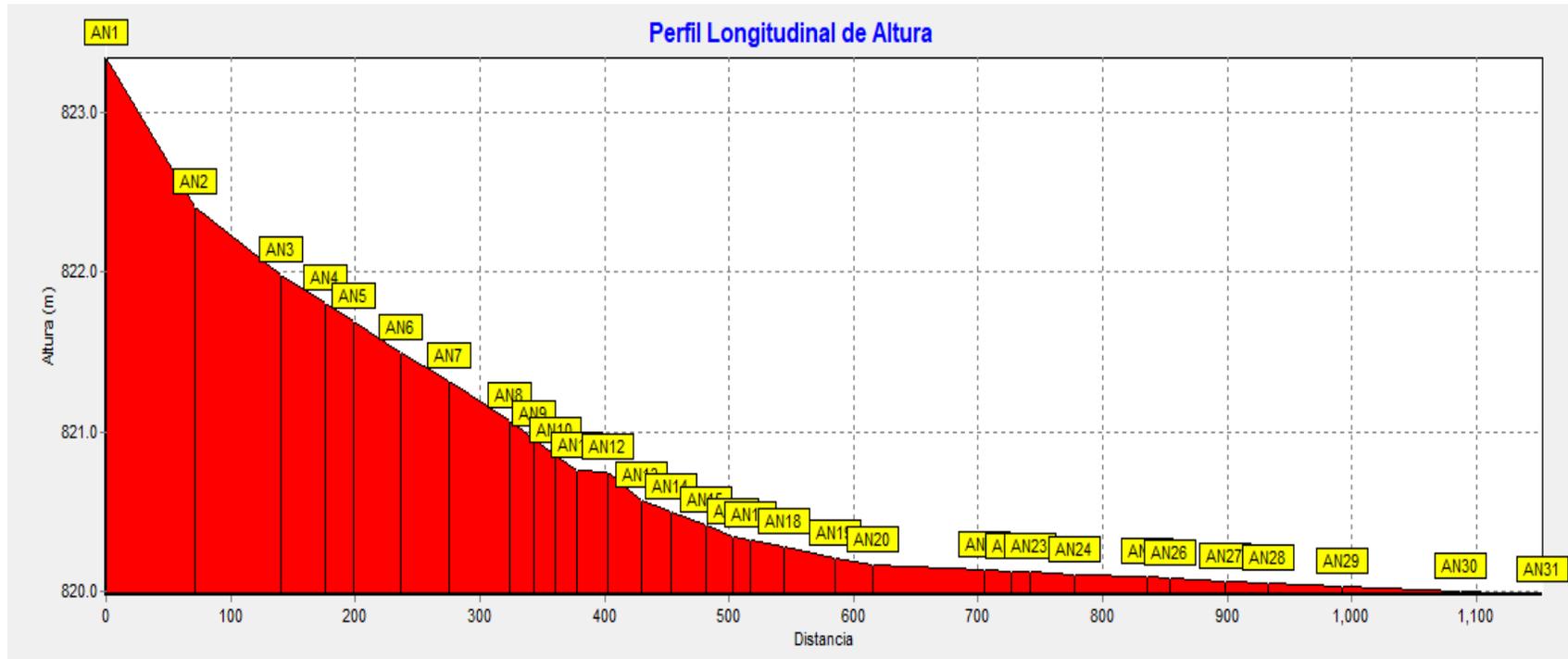
También se realizaron los perfiles correspondientes al terreno natural, presión y línea piezométrica, los que se muestran en las ilustraciones 16, 17 y 18.

Ilustración 16: Perfil longitudinal de cota del tramo 1-A



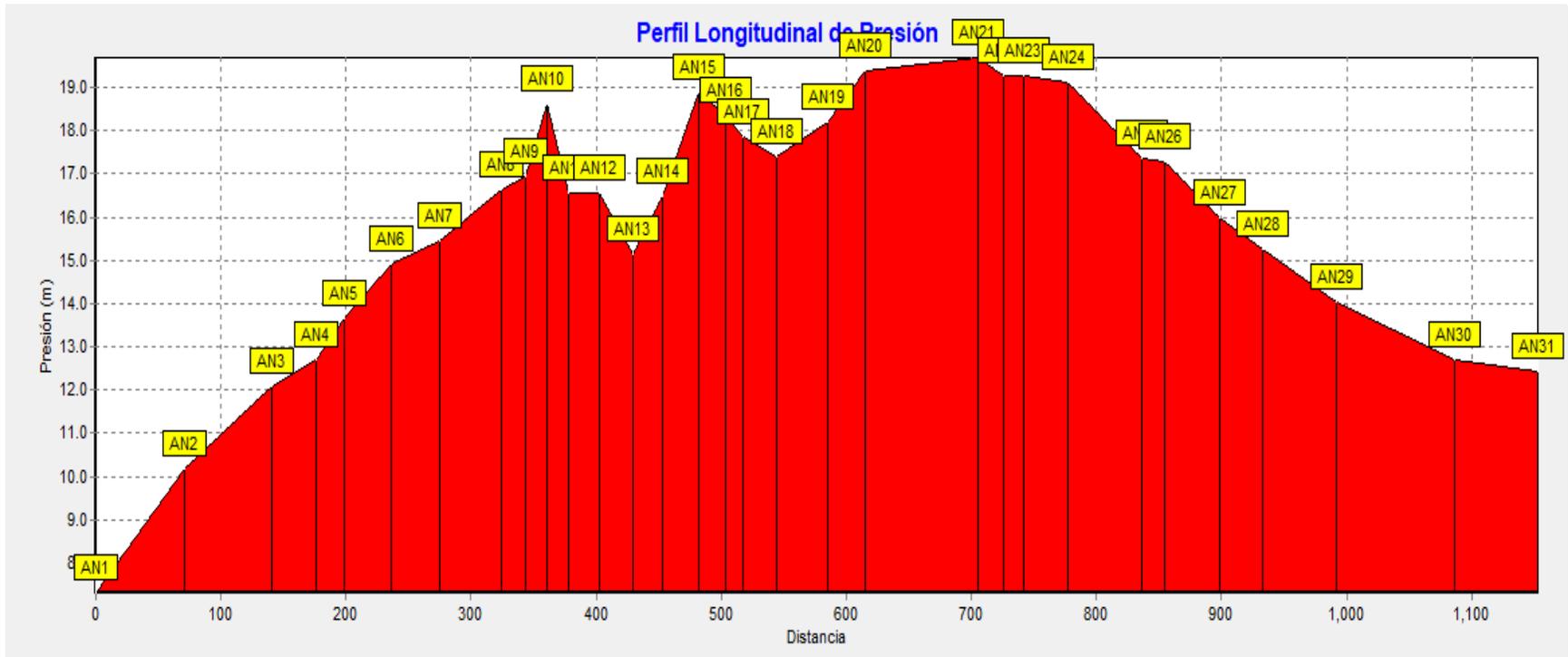
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 17: Perfil longitudinal de altura del tramo 1-A



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 18: Perfil longitudinal de presión del tramo 1-A

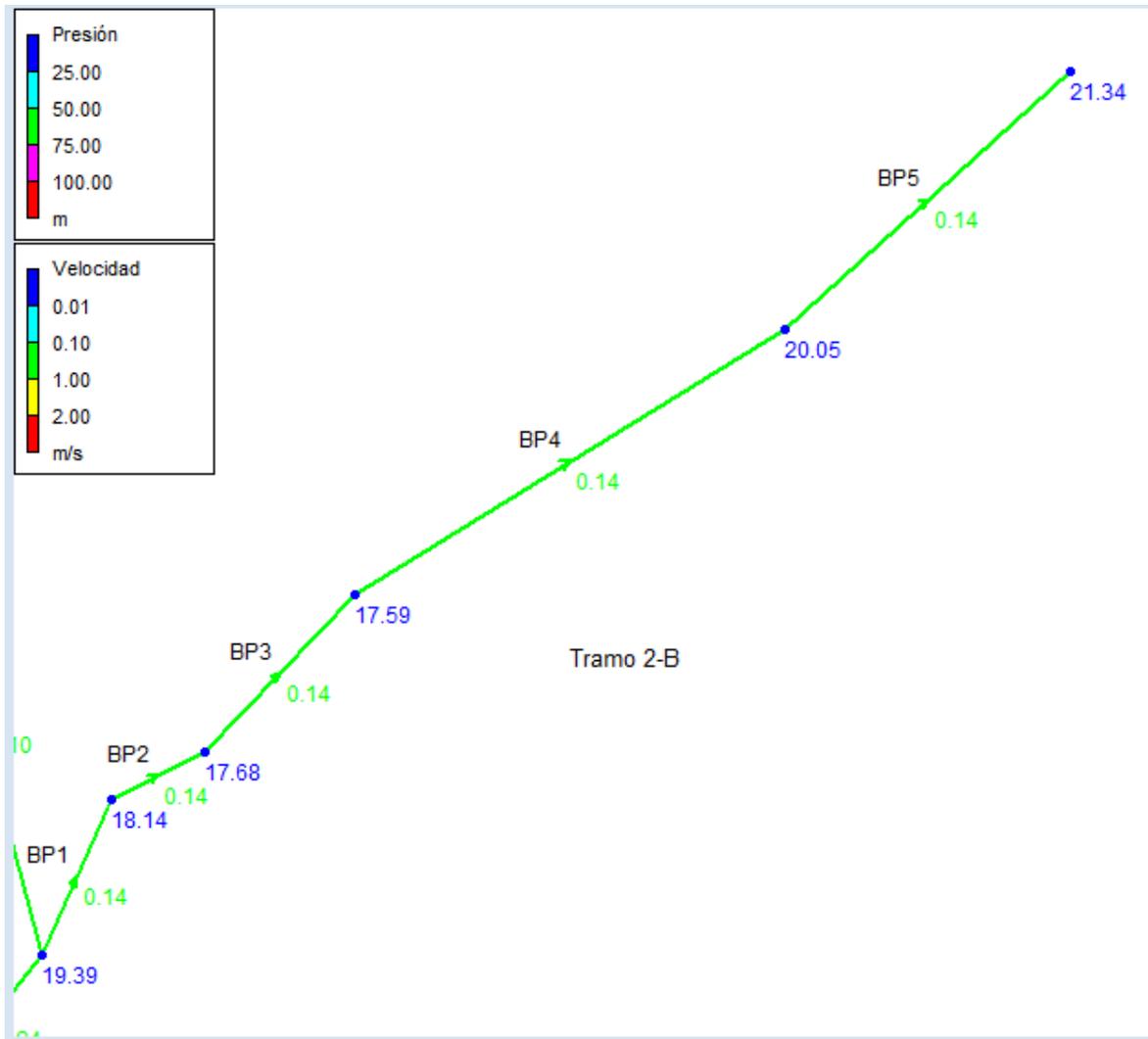


Fuente: Elaboración propia

➤ Tramo 2-B

El tramo 2-B tiene una longitud de 262.99 m, está diseñado con tubería PVC SDR 26 con diámetro de 44.6 mm (1 ½"), abastece a 12 viviendas trasportando un caudal de 0.21 l/s. En la ilustración 19 se muestran las velocidades y presiones correspondientes al tramo 2-B.

Ilustración 19: Presiones y velocidades en el tramo 2-B



Fuente: Elaboración propia

Todas las presiones en el tramo se mantienen dentro del rango establecido en la norma (MIFIC, 2019), encontrándose una presión mínima de 17.59 m y máxima de 21.34 m en el nodo más bajo del tramo (Nodo B-N5). Los resultados se detallan en la tabla 36.

Tabla 36: Presiones en el tramo 2-B

Nodos	Cota	Demanda Base	Altura	Presión
	m	LPS	m	m
Conexión BN1	802	0	820.14	18.14
Conexión BN2	802.448	0	820.13	17.68
Conexión BN3	802.515	0	820.11	17.59
Conexión BN5	798.668	0.211	820.01	21.34
Conexión BN4	800	0	820.05	20.05

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 37 se muestran los diámetros, caudales, velocidades y pérdidas de carga en la tubería. Dado que el caudal en el conducto es pequeño, el flujo circula a una velocidad de 0.14 m/s, inferior al valor mínimo de 0.6 m/s recomendado por la norma, por lo tanto, se instalarán dispositivos que permitan periódicamente la limpieza de las tuberías.

Tabla 37: Velocidades en el tramo 2-B

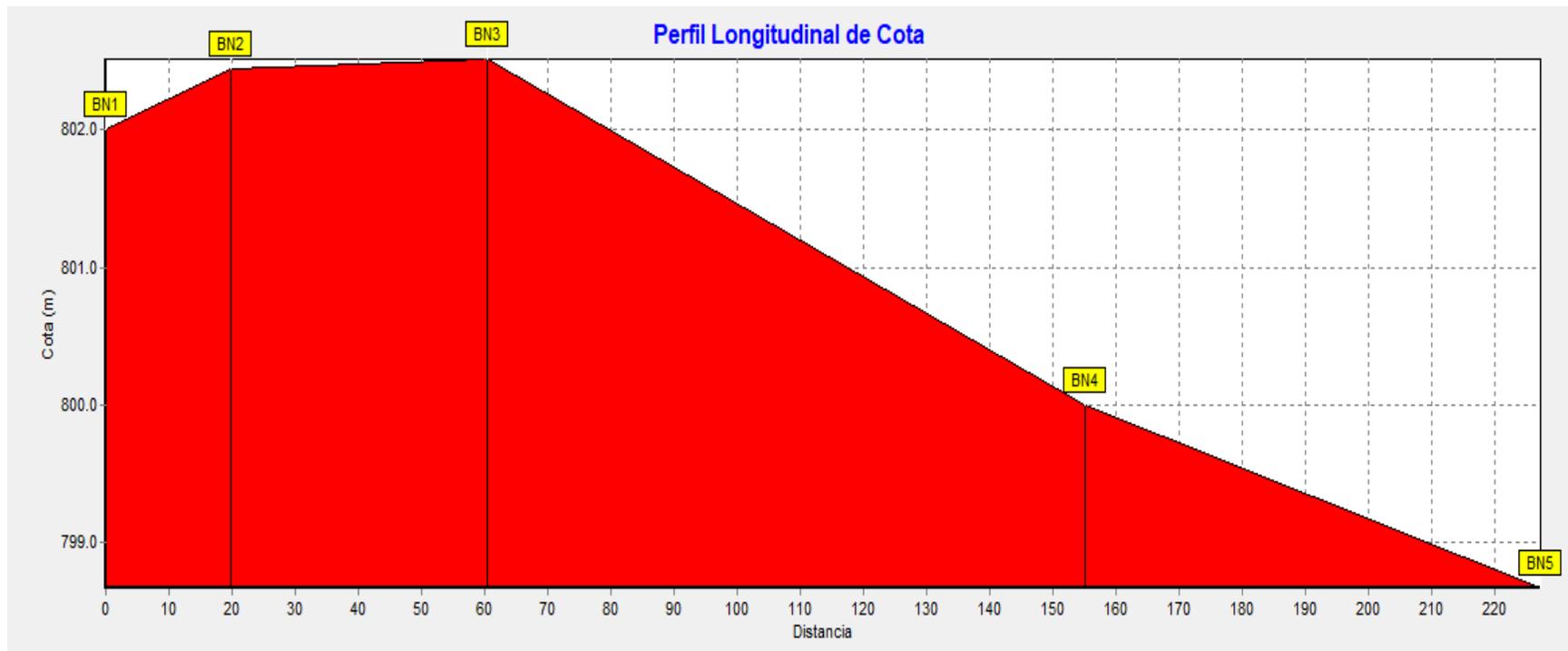
Tuberías	Longitud	Diámetro	Caudal	Velocidad	Pérd. Unit.
	m	mm	LPS	m/s	m/km
Tubería BP5	72.28	44.6	0.21	0.14	0.59
Tubería BP4	94.52	44.6	0.21	0.14	0.59
Tubería BP3	40.77	44.6	0.21	0.14	0.59
Tubería BP2	19.76	44.6	0.21	0.14	0.59
Tubería BP1	35.66	44.6	0.21	0.14	0.59
TOTAL	262.99				

Fuente: Elaboración propia

También se muestran los perfiles correspondientes al terreno natural, presión y línea piezométrica en las ilustraciones 20, 21 y 22.

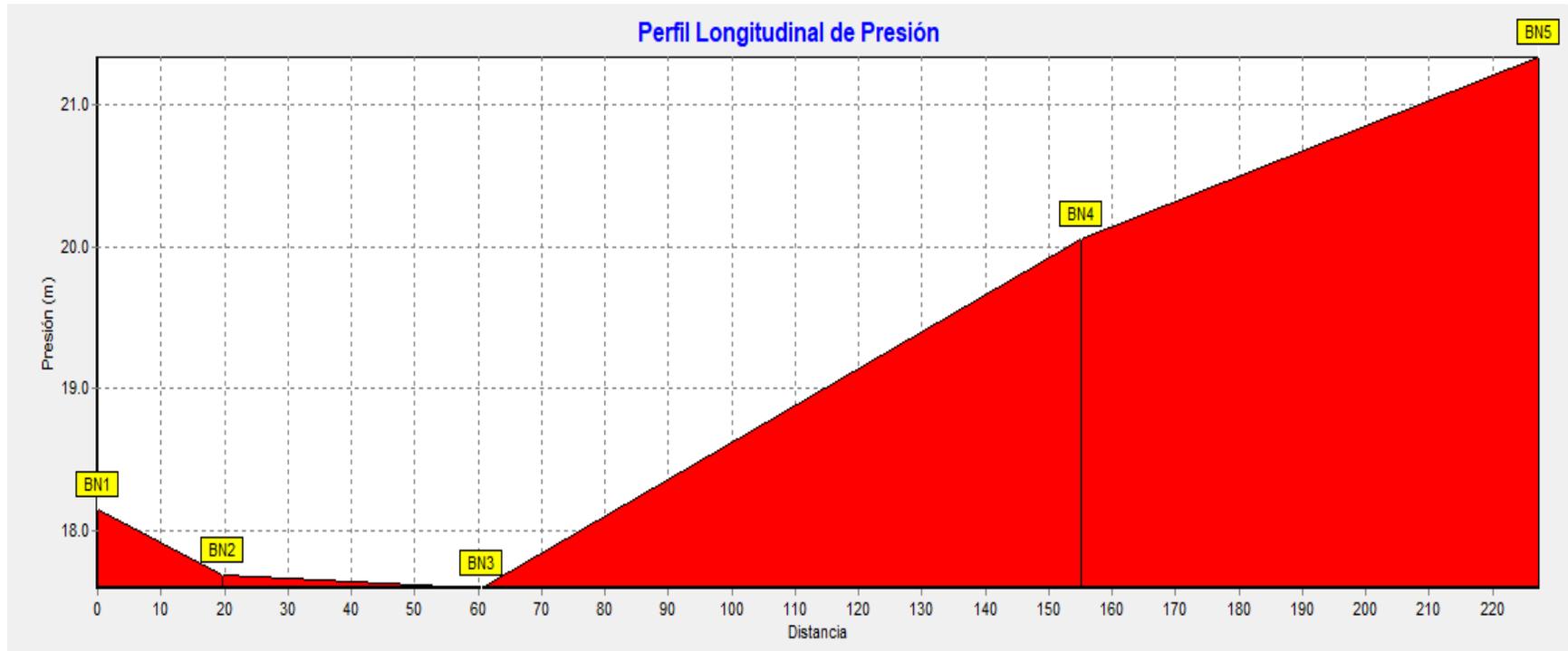
En el perfil del terreno de la red se observa que la mayor altura se encuentra en el nodo B-N3 donde se registró la presión más baja en el tramo (ilustración 20).

Ilustración 20: Perfil longitudinal de cota del tramo 2-B



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 21: Perfil longitudinal de presión del tramo 2-B



Fuente: Elaboración propia

En la ilustración 22 se muestra la línea piezométrica la cual describe una pérdida de energía gradual a partir del nodo B-N1.

Ilustración 22: Perfil longitudinal de altura del tramo 2-B

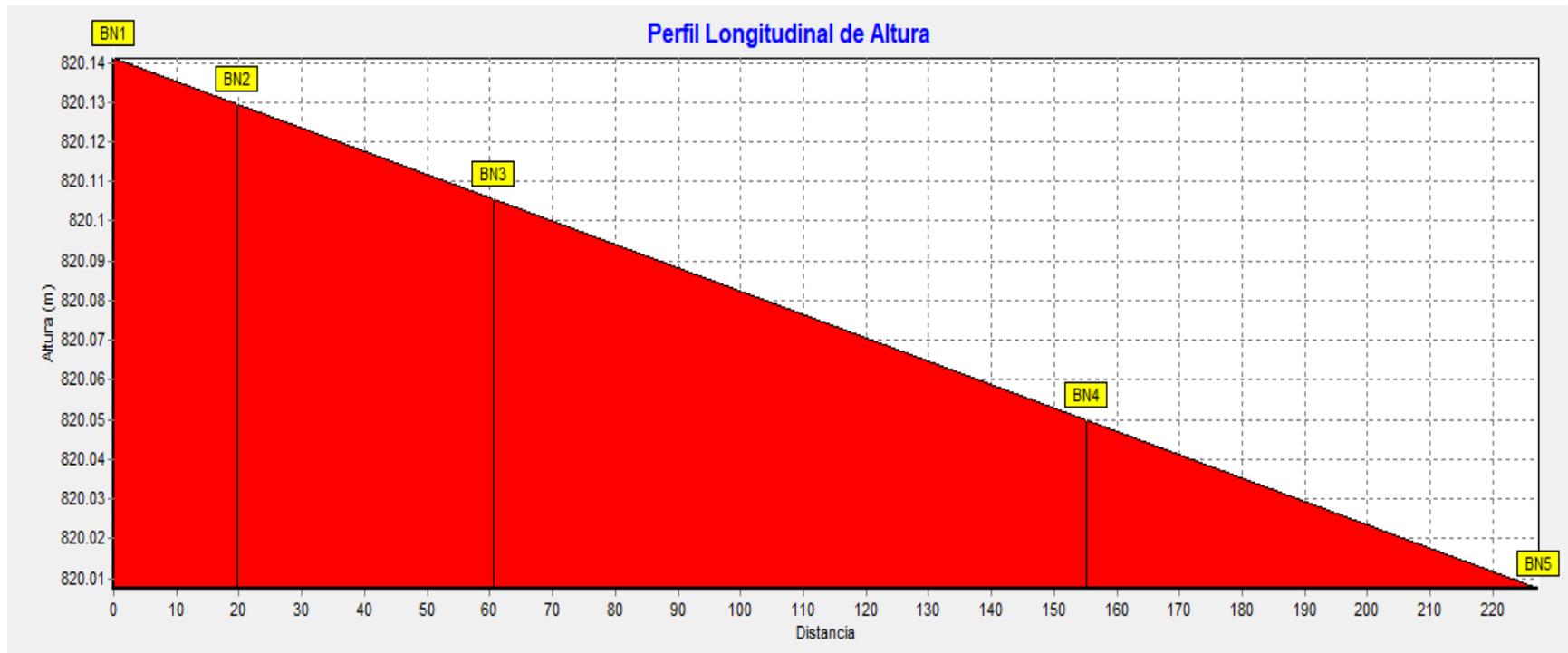


Figura: Elaboración propia

➤ **Tramo 3-C**

El tramo 3-C tiene una longitud de 647.01 m, está diseñado con tubería PVC SDR 26 con diámetro de 44.6 mm (1 ½"), trasporta un caudal de 0.81 l/s, reduciéndose a 0.018 l/s a medida que abastece nodos concentrados y ramales que se desprenden de la red principal.

Este tramo posee pocas diferencias de niveles a lo largo de la línea de tuberías, por lo que, el análisis hidráulico reflejó que las presiones son bajas con un valor mínimo de 5.82 m (nodo C-N7) y una presión máxima de 14.51 m en el nodo C-N1, estos valores se mantienen dentro del rango establecido en la norma (MIFIC, 2019). En la tabla 38 e ilustración 23 se muestran los resultados.

Ilustración 23: Presiones y velocidades en el tramo 3-C

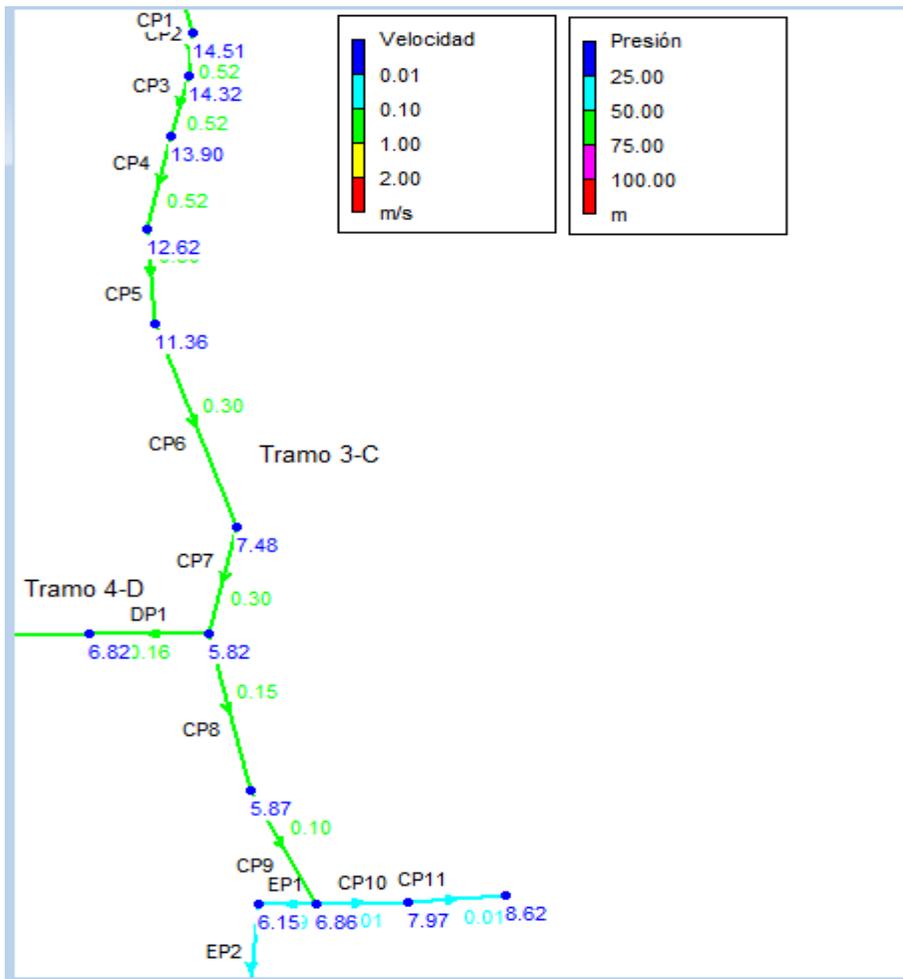


Figura: Elaboración propia

Tabla 38: Presiones en el tramo 3-C

Nodos	Cota	Demanda Base	Altura	Presión
	m	LPS	m	m
Conexión CN1	805.824	0	820.33	14.51
Conexión CN2	805.829	0	820.15	14.32
Conexión CN3	806	0	819.9	13.9
Conexión CN4	806.894	0.333	819.51	12.62
Conexión CN5	808	0	819.36	11.36
Conexión CN6	811.554	0	819.03	7.48
Conexión CN7	813.047	0	818.87	5.82
Conexión CN8	812.93	0.07	818.8	5.87
Conexión CN9	811.922	0	818.78	6.86
Conexión CN10	810.814	0	818.78	7.97
Conexión CN11	810.159	0.018	818.78	8.62

Fuente: Elaboración propia

La velocidad de flujo en la tubería es de 0.52 m/s hasta llegar al nodo concentrado C-N4. Debido a la disminución del caudal, la velocidad desciende hasta los 0.1 m/s en la tubería al final del tramo, como se muestra en la tabla 39. Estas velocidades están fuera del rango establecido por la norma (MIFIC, 2019).

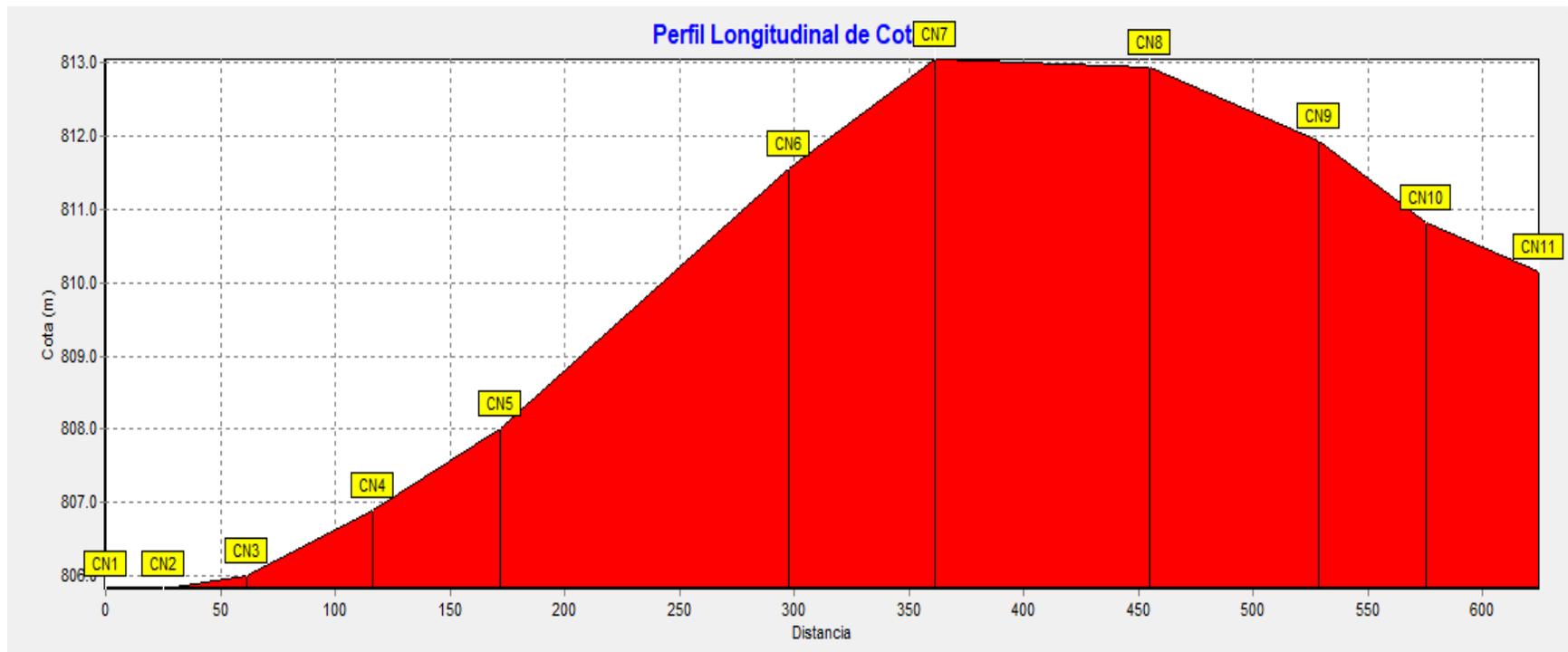
Tabla 39: Velocidades en el tramo 3-C

Tuberías	Longitud	Diámetro	Caudal	Velocidad	Pérd. Unit.
TOTAL	647.01 m	mm	LPS	m/s	m/km
Tubería CP1	34.54	44.6	0.81	0.52	7.06
Tubería CP2	25.11	44.6	0.81	0.52	7.05
Tubería CP3	36.32	44.6	0.81	0.52	7.06
Tubería CP4	54.86	44.6	0.81	0.52	7.06
Tubería CP5	55.83	44.6	0.47	0.3	2.63
Tubería CP6	125.4	44.6	0.47	0.3	2.63
Tubería CP7	63.8	44.6	0.47	0.3	2.63
Tubería CP8	93.58	44.6	0.23	0.15	0.68
Tubería CP9	64.75	44.6	0.16	0.1	0.34
Tubería CP10	43.86	44.6	0.02	0.01	0.01
Tubería CP11	48.96	44.6	0.02	0.01	0.01

Fuente: Elaboración propia

Las cotas de terreno natural (ilustración 24) muestran una diferencia de altura de apenas 7.22 m desde el punto más elevado del tramo hasta el nodo C-N1. Estas características del terreno generan presiones bajas en la red.

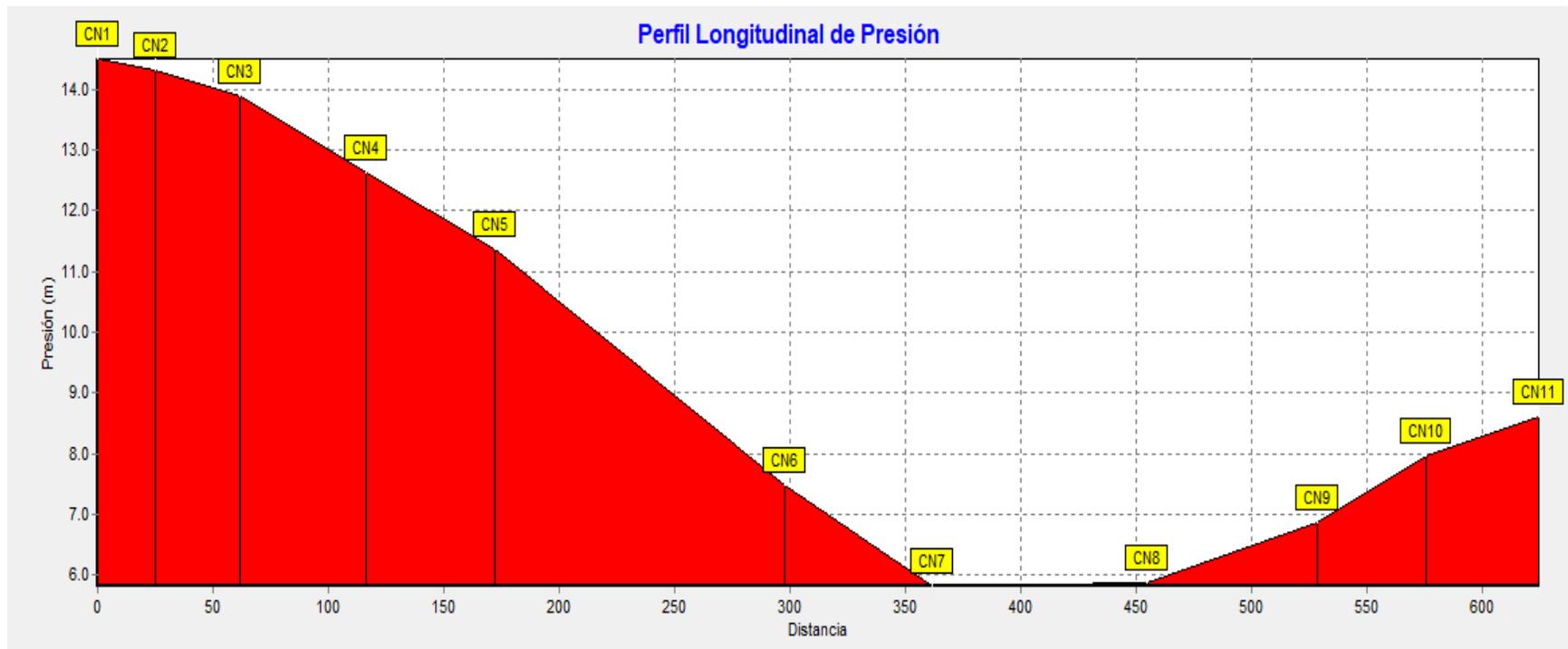
Ilustración 24: Perfil longitudinal de cota del tramo 3-C



Fuente: Elaboración propia

Tal como se muestra en la ilustración 25 las presiones en los nodos C-N7 y C-N8 son las más bajas del tramo y se ubican sobre los nodos con mayor elevación.

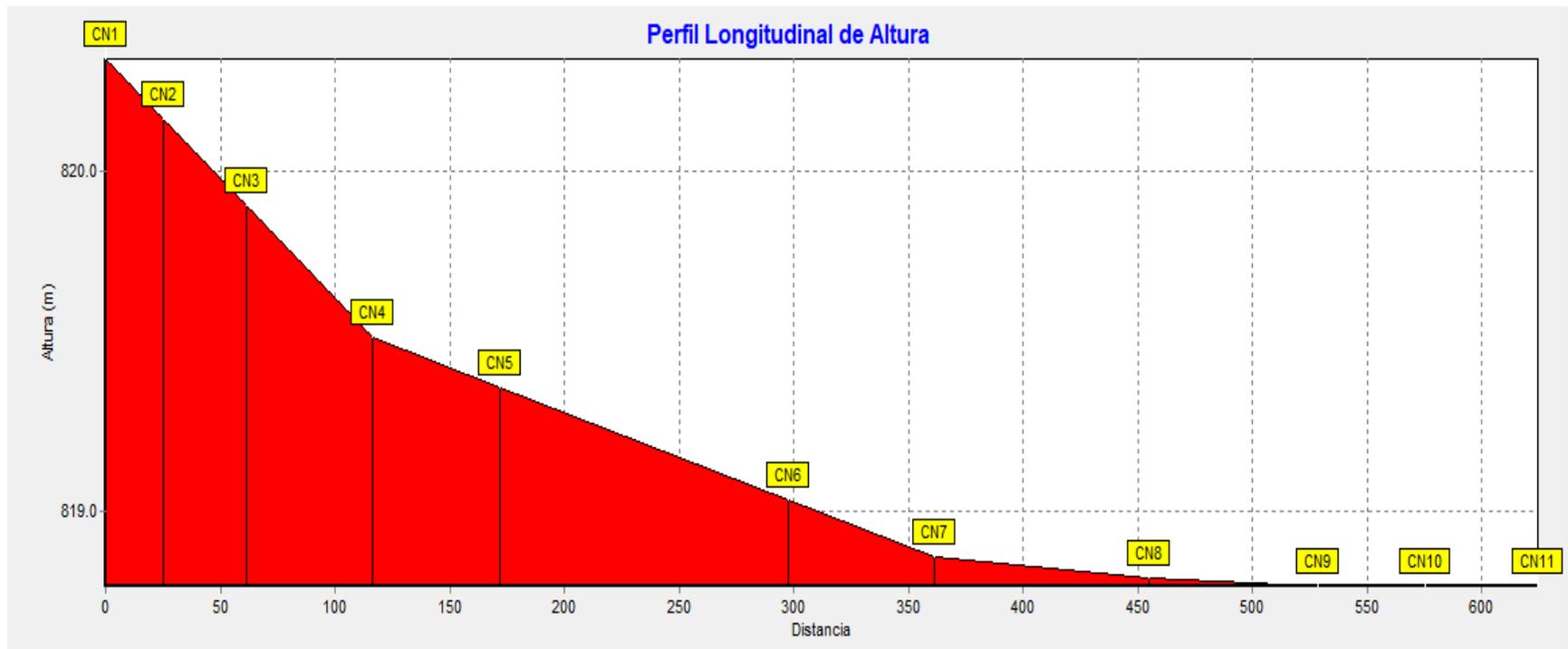
Ilustración 25: Perfil longitudinal de presión del tramo 3-C



Fuente: Elaboración propia

A partir de los datos anteriores mediante suma de la cota topográfica y la presión, se realizó el perfil de la altura piezométrica (ilustración 26).

Ilustración 26: Perfil longitudinal de altura del tramo 3-C

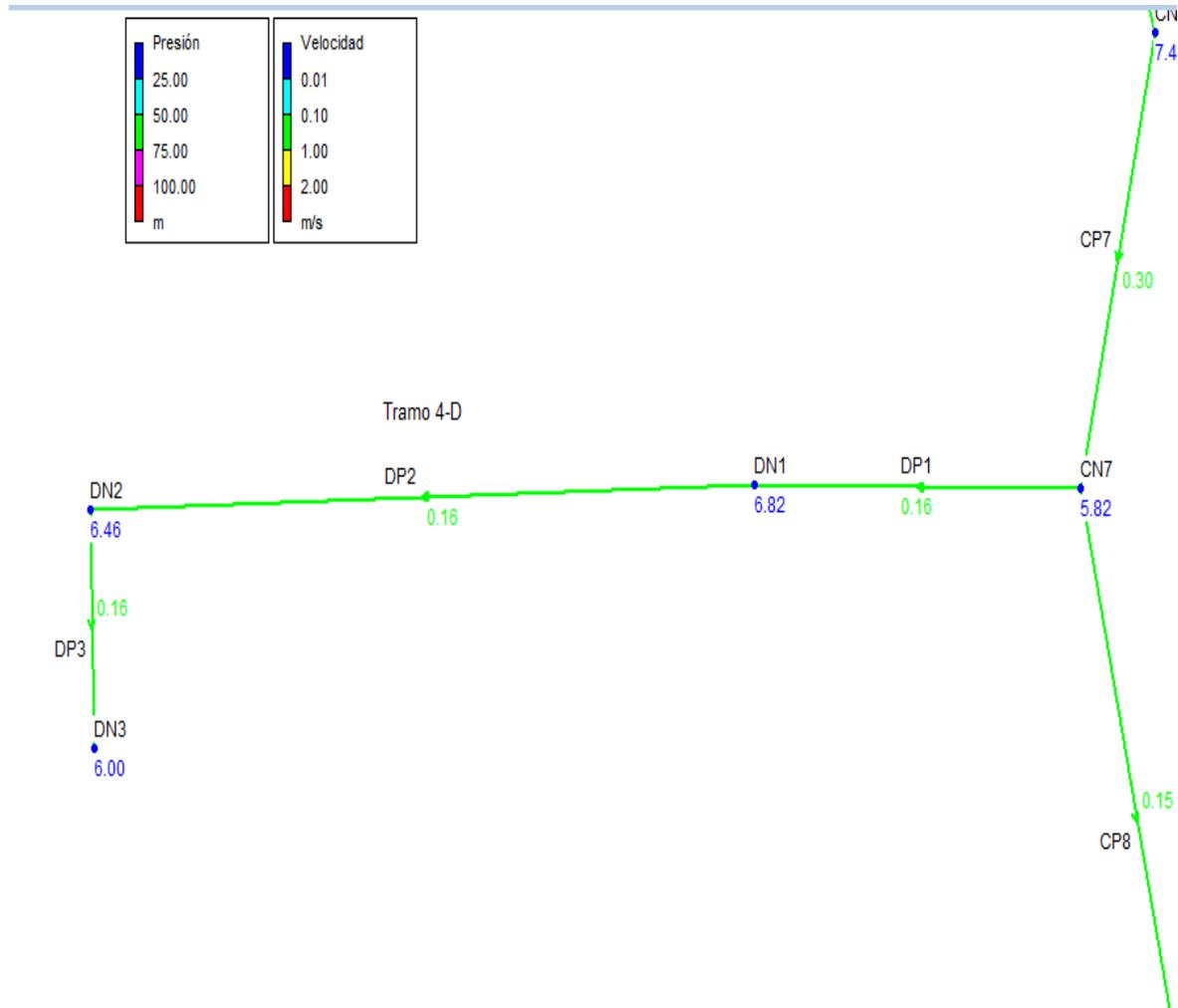


Fuente: Elaboración propia

➤ Tramo 4-D

El tramo 4-D parte de la ramificación del tramo 3-C en el nodo C-N7, como se muestra en la ilustración 27; tiene una longitud de 202.03 m, está diseñado con tubería PVC SDR 26 con diámetro de 44.6 mm (1 ½"), abastece a 14 viviendas transportando un caudal de 0.25 l/s.

Ilustración 27: Presiones y velocidades en el tramo 4-D



Fuente: Elaboración propia

En la tabla 40 se observa que las presiones son bajas con un valor mínimo de 6 m (nodo D-N3) y una presión máxima de 6.82 m en el nodo D-N1, no obstante, estas presiones se encuentran entre los 5 m y 50 m recomendados por la norma (MIFIC, 2019).

Tabla 40: Presiones en el tramo 4-D

Nodos	Cota	Demanda Base	Altura	Presión
	m	LPS	m	m
Conexión DN3	812.71	0.246	818.71	6
Conexión DN2	812.262	0	818.72	6.46
Conexión DN1	812	0	818.82	6.82

Fuente: Elaboración propia

La velocidad del flujo en el tramo es baja, con un valor de 0.16 m/s, menor a lo establecido en la norma (MIFIC, 2019), por lo tanto, se utilizarán válvulas de limpieza para evitar la sedimentación en las tuberías.

Los resultados de las longitudes, diámetros, caudales y velocidades se detallan en la tabla 41.

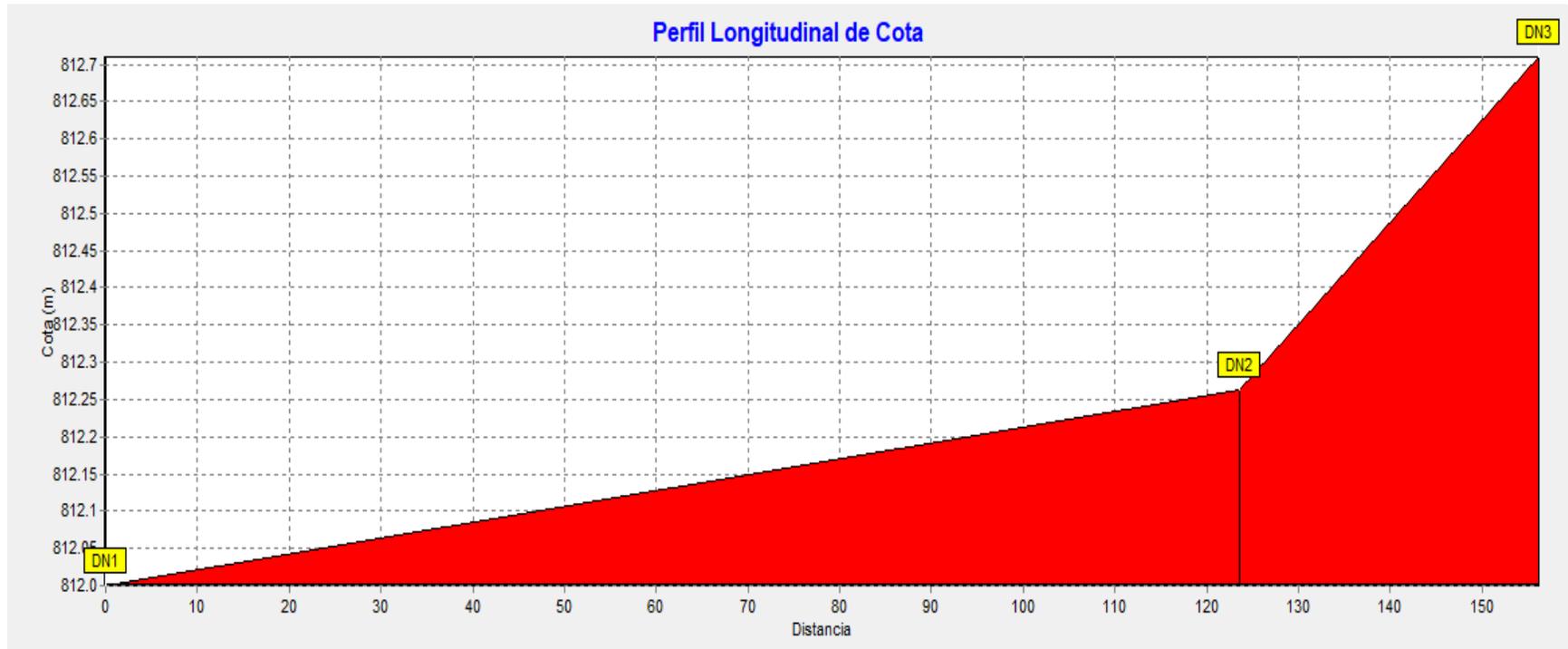
Tabla 41: Velocidades en el tramo 4-D

Tuberías	Longitud	Diámetro	Caudal	Velocidad	Pérd. Unit.
ID Línea	m	mm	LPS	m/s	m/km
Tubería DP3	17.2	44.6	0.25	0.16	0.78
Tubería DP2	124.4	44.6	0.25	0.16	0.78
Tubería DP1	60.43	44.6	0.25	0.16	0.78
	202.03				

Fuente: Elaboración propia

Se realizó el perfil del terreno natural en el que se visualiza que la mayor elevación está localizada en el nodo D-N3 con una cota de 812.71 m (ilustración 28).

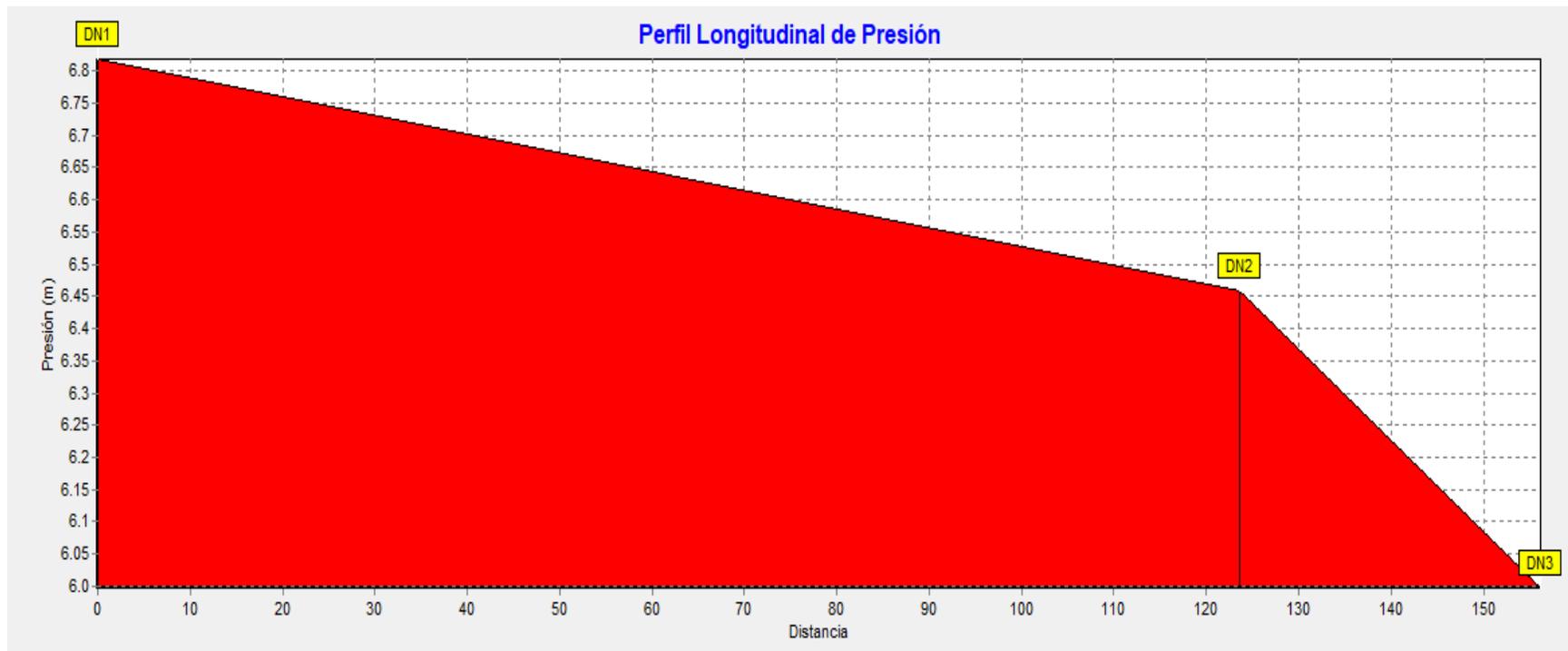
Ilustración 28: Perfil longitudinal de cota del tramo 4-D



Fuente: Elaboración propia

Se observa en la ilustración 29 que la máxima presión se dio en el nodo D-N1, el cual presenta la menor elevación en el tramo.

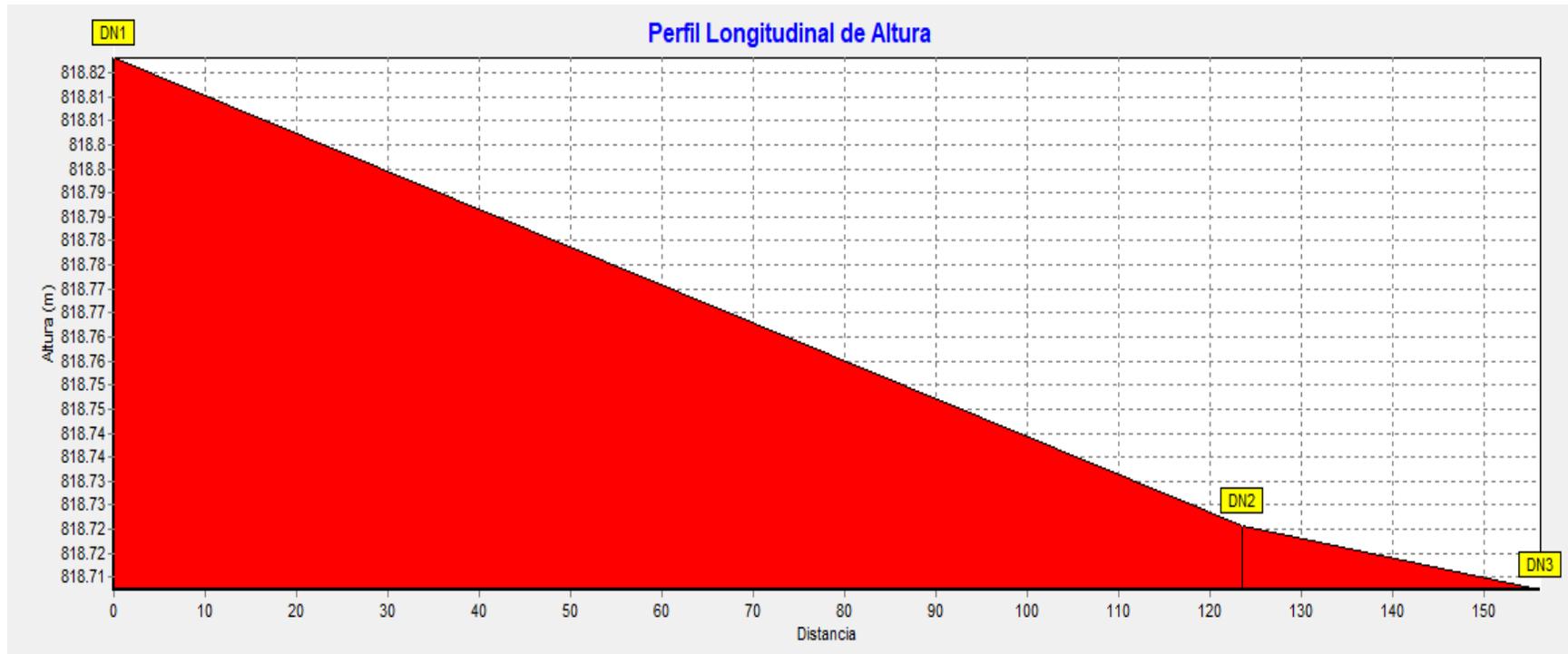
Ilustración 29: Perfil longitudinal de presión del tramo 4-D



Fuente: Elaboración propia

Basado en el perfil antes mencionado y las cotas en cada nodo se creó el perfil de altura (ilustración 30).

Ilustración 30: Perfil longitudinal de altura del tramo 4-D



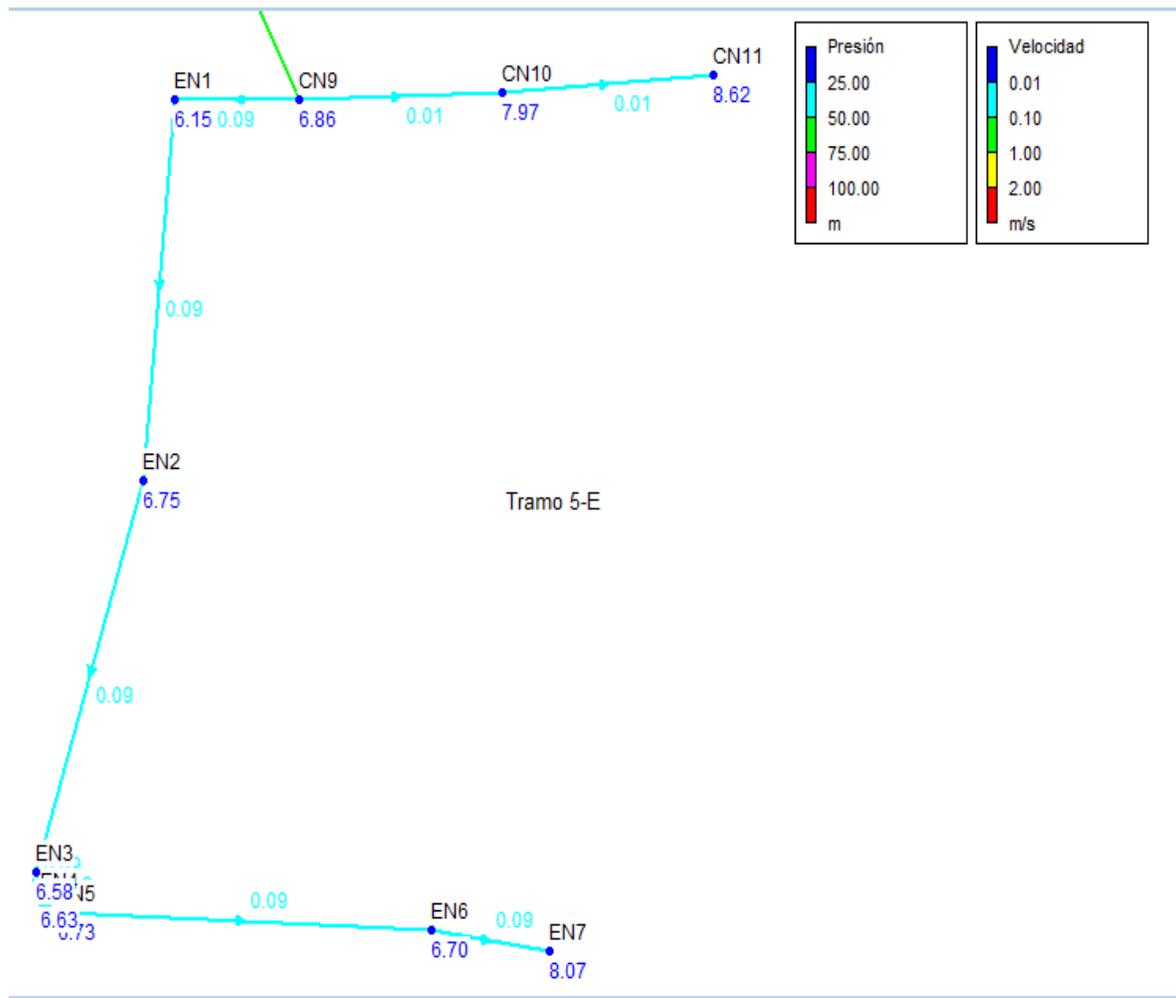
Fuente: Elaboración propia

➤ Tramo 5-E

Este tramo parte de la ramificación del tramo 3-C en el nodo C-N9, como se observa en la ilustración 31, tiene una longitud de 323.99 m, está diseñado con tubería PVC SDR 26 con diámetro de 44.6 mm (1 ½"), abastece a 8 viviendas transportando un caudal de 0.14 l/s.

Las presiones en el tramo 5-E se muestran en la tabla 42, estos valores se mantienen dentro del rango establecido en la norma (MIFIC, 2019) encontrándose una presión mínima de 6.15 m y máxima de 8.07 m en el nodo E-N7 que es el que está localizado sobre la cota más baja del terreno (810.62 m).

Ilustración 31: Presiones y velocidades en el tramo 5-E



Fuente: Elaboración propia

Tabla 42: Presiones en el tramo 5-E

Nodos	Cota	Demanda Base	Altura	Presión
	m	LPS	m	M
Conexión EN1	812.619	0	818.77	6.15
Conexión EN2	812	0	818.75	6.75
Conexión EN3	812.148	0	818.72	6.58
Conexión EN4	812.096	0	818.72	6.63
Conexión EN5	811.989	0	818.72	6.73
Conexión EN6	812	0	818.7	6.7
Conexión EN7	810.617	0.14	818.69	8.07

Fuente: Elaboración propia

La velocidad de flujo es baja con un valor de 0.09 m/s, por lo tanto, se encuentra fuera de los parámetros establecidos en la norma y que recomienda velocidades entre los 0.6 m/s y 5 m/s, por tal razón, se utilizarán válvulas de limpieza para evitar la sedimentación en las tuberías.

Los resultados de las longitudes, velocidades, caudales y diámetros se detallan en la tabla 43.

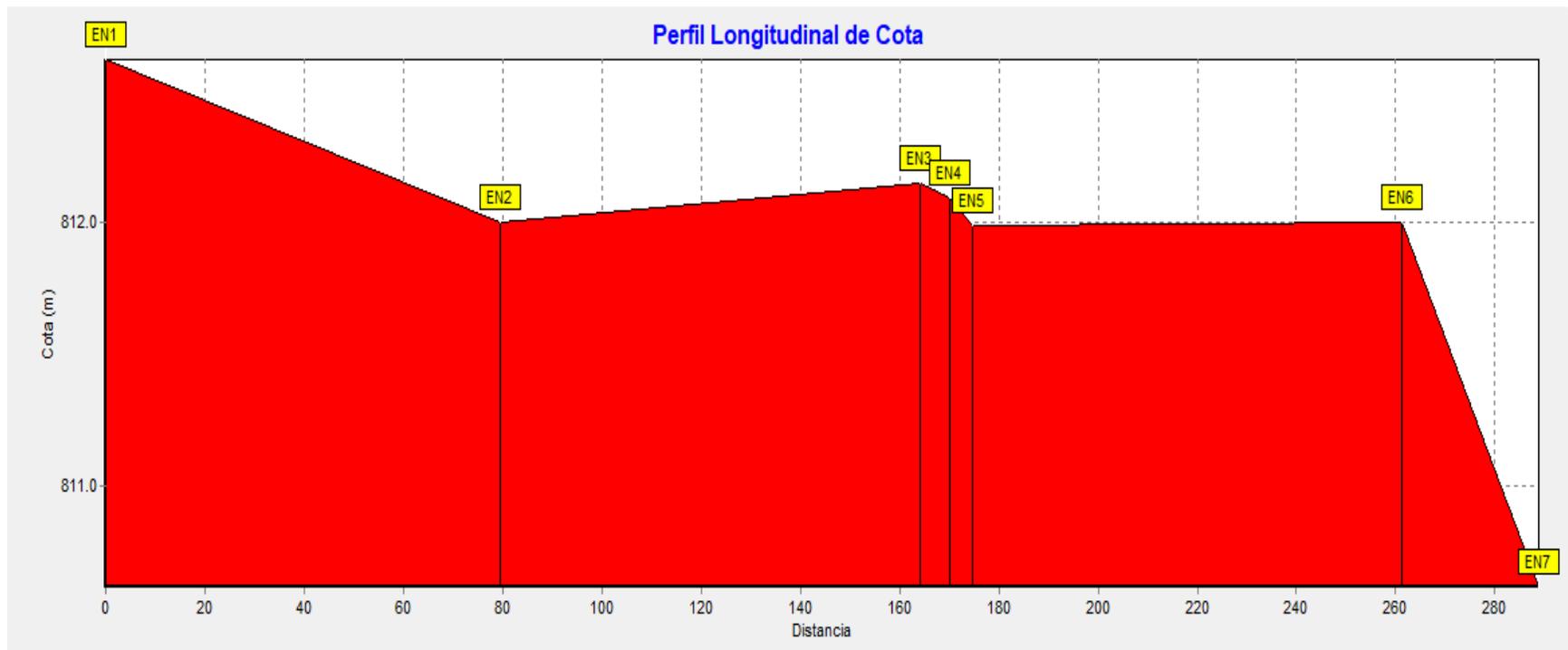
Tabla 43: Velocidades en el tramo 5-E

Tuberías	Longitud	Diámetro	Caudal	Velocidad	Pérd. Unit.
	m	mm	LPS	m/s	m/km
Tubería EP1	35.94	44.6	0.14	0.09	0.28
Tubería EP2	79.46	44.6	0.14	0.09	0.28
Tubería EP3	84.84	44.6	0.14	0.09	0.27
Tubería EP4	4.716	44.6	0.14	0.09	0.28
Tubería EP5	4.783	44.6	0.14	0.09	0.26
Tubería EP6	86.67	44.6	0.14	0.09	0.28
Tubería EP7	27.58	44.6	0.14	0.09	0.28
	323.989				

Fuente: Elaboración propia

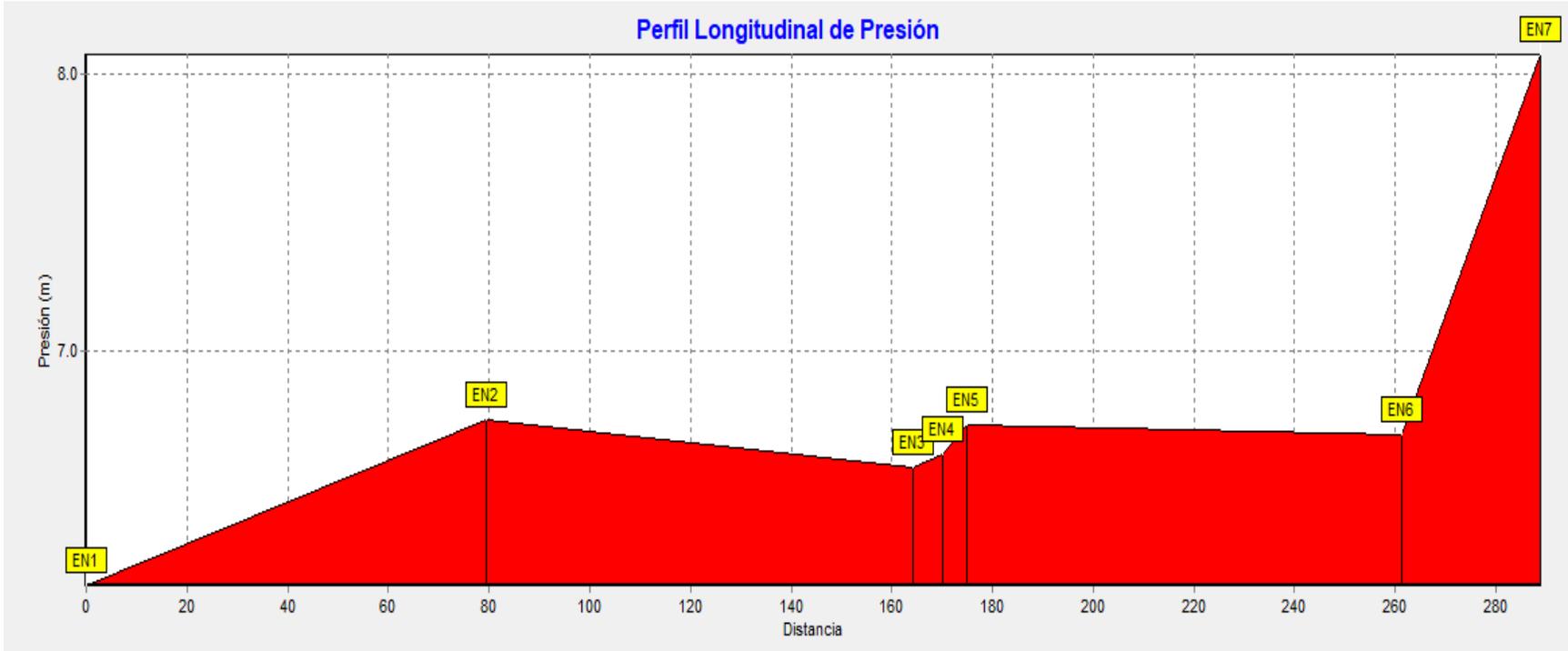
También se muestran los perfiles correspondientes al terreno natural, presiones y línea piezométrica en las ilustraciones 32,33 y 34 en los que se observan que el nodo con menor elevación es el E-N7 y es donde se da la presión más crítica en el tramo.

Ilustración 32: Perfil longitudinal de cota del tramo 5-E



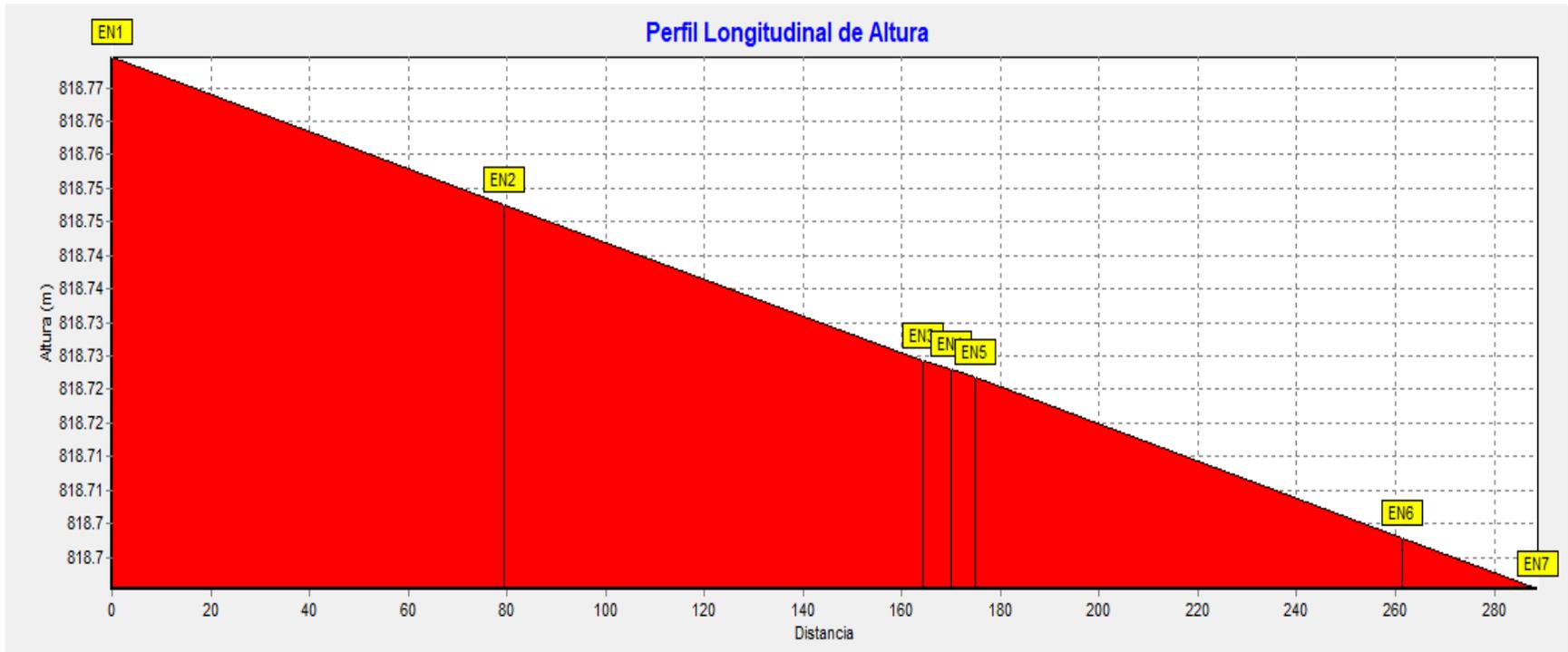
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 33: Perfil longitudinal de presión del tramo 5-E



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 34: Perfil longitudinal de altura del tramo 5-E



Fuente: Elaboración propia

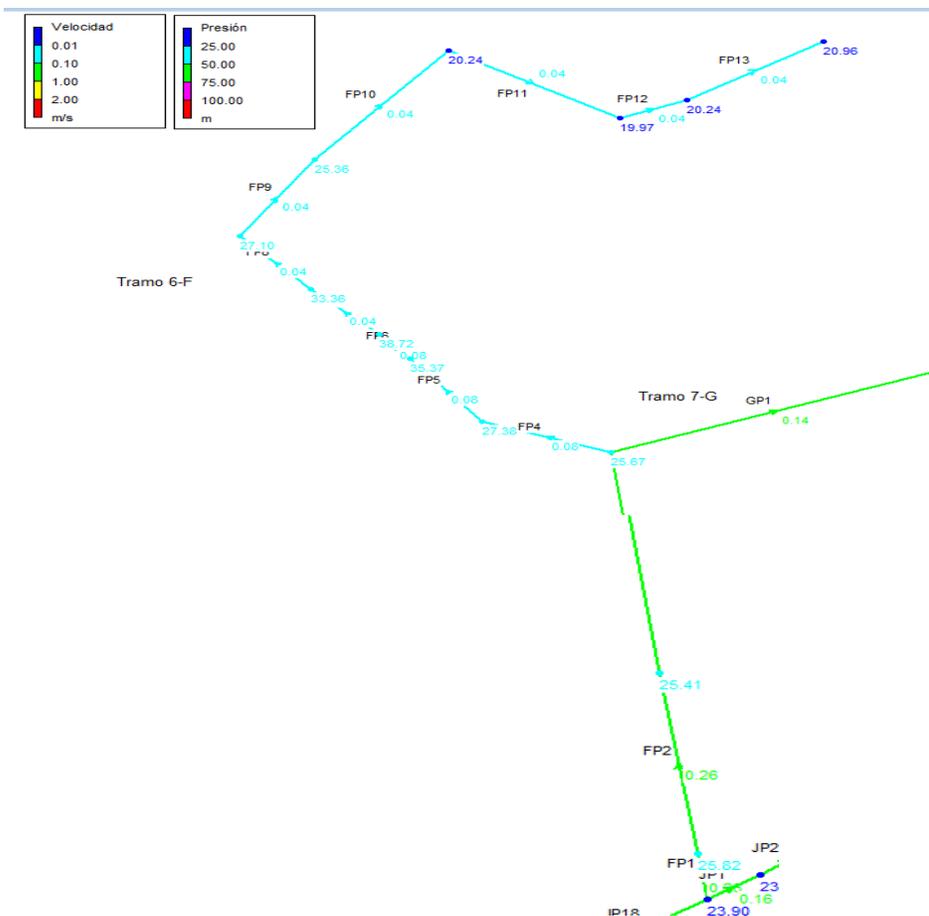
❖ Júcaro Arriba

La otra parte de la red de distribución abastece al Júcaro Arriba, la cual tiene una longitud total de 3.65 km, está diseñada con tubería PVC SDR 26 que soporta presiones de 160 PSI, con diámetro de 2" para tubería principal y 1 ½" para tubería secundaria, abastece a 59 viviendas y se dividió en 5 tramos para realizar el análisis de los datos obtenidos en EPANET.

➤ Tramo 6-F

El tramo 6-F, mostrado en la ilustración 35, tiene una longitud de 852.16 m, está diseñado con tubería PVC SDR 26 con diámetro de 44.6 mm (1 ½"), trasporta un caudal de 0.40 l/s, reduciéndose a 0.12 l/s a medida que abastece nodos concentrados y ramales que se desprenden de la red principal.

Ilustración 35: Presiones y velocidades en el tramo 6-F



Fuente: Elaboración propia

Las presiones en el tramo 6-F se muestran en la tabla 44, estos valores se mantienen dentro del rango establecido en la norma (MIFIC, 2019) encontrándose una presión mínima de 19.97 m y máxima de 38.72 m en el nodo F-N7.

Tabla 44: Presiones en el tramo 6-F

Nodos	Cota	Demanda Base	Altura	Presión
	m	LPS	M	m
Conexión FN1	830	0	853.9	23.9
Conexión FN2	828	0	853.82	25.82
Conexión FN3	828.224	0.07	853.64	25.41
Conexión FN4	827.716	0	853.39	25.67
Conexión FN5	826	0	853.38	27.38
Conexión FN6	818	0	853.37	35.37
Conexión FN7	814.646	0.061	853.37	38.72
Conexión FN8	820	0	853.36	33.36
Conexión FN9	826.264	0	853.36	27.1
Conexión FN10	828	0	853.36	25.36
Conexión FN11	833.109	0	853.35	20.24
Conexión FN12	833.372	0	853.35	19.97
Conexión FN13	833.109	0	853.34	20.24
Conexión FN14	832.378	0.061	853.34	20.96

Fuente Elaboración propia

La velocidad del flujo es baja, con valores que varían desde 0.26 m/s hasta 0.04 m/s al final del tramo, menor a lo establecido en la norma (MIFIC, 2019). Los resultados de las velocidades, caudales, diámetros y longitudes de la tubería se detallan en la tabla 45. También se muestran los perfiles correspondientes al terreno natural y línea piezométrica en las ilustraciones 36, 37 y 38.

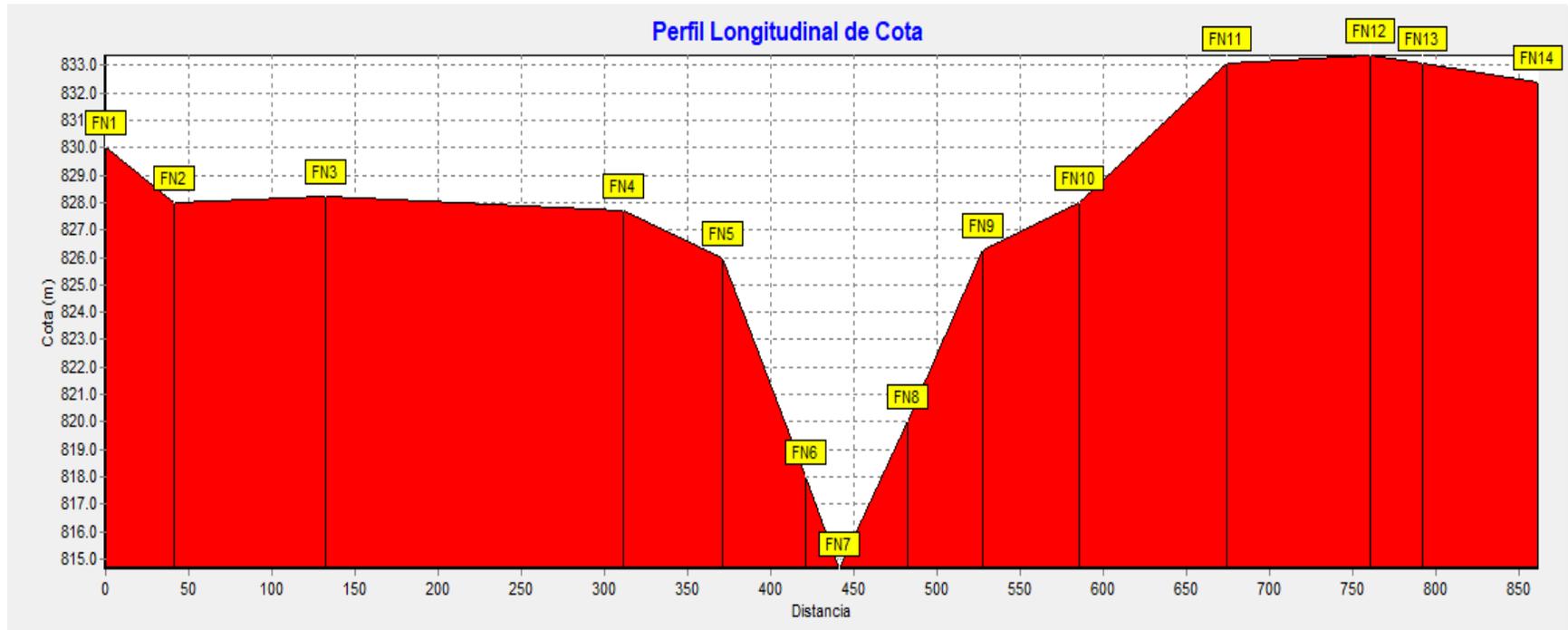
Tabla 45: Velocidades en el tramo 6-F

Tuberías	Longitud	Diámetro	Caudal	Velocidad	Pérd. Unit.
Total	852.16 m	mm	LPS	m/s	m/km
Tubería FP1	40.98	44.6	0.4	0.26	1.95
Tubería FP2	91.76	44.6	0.4	0.26	1.95
Tubería FP3	179.9	44.6	0.33	0.21	1.37
Tubería FP4	44.54	44.6	0.12	0.08	0.21
Tubería FP5	50.79	44.6	0.12	0.08	0.21
Tubería FP6	20.5	44.6	0.12	0.08	0.21
Tubería FP7	41.3	44.6	0.06	0.04	0.06

Tubería FP8	45.35	44.6	0.06	0.04	0.06
Tubería FP9	56	44.6	0.06	0.04	0.06
Tubería FP10	91.89	44.6	0.06	0.04	0.06
Tubería FP11	87.72	44.6	0.06	0.04	0.06
Tubería FP12	31.53	44.6	0.06	0.04	0.06
Tubería FP13	69.9	44.6	0.06	0.04	0.06

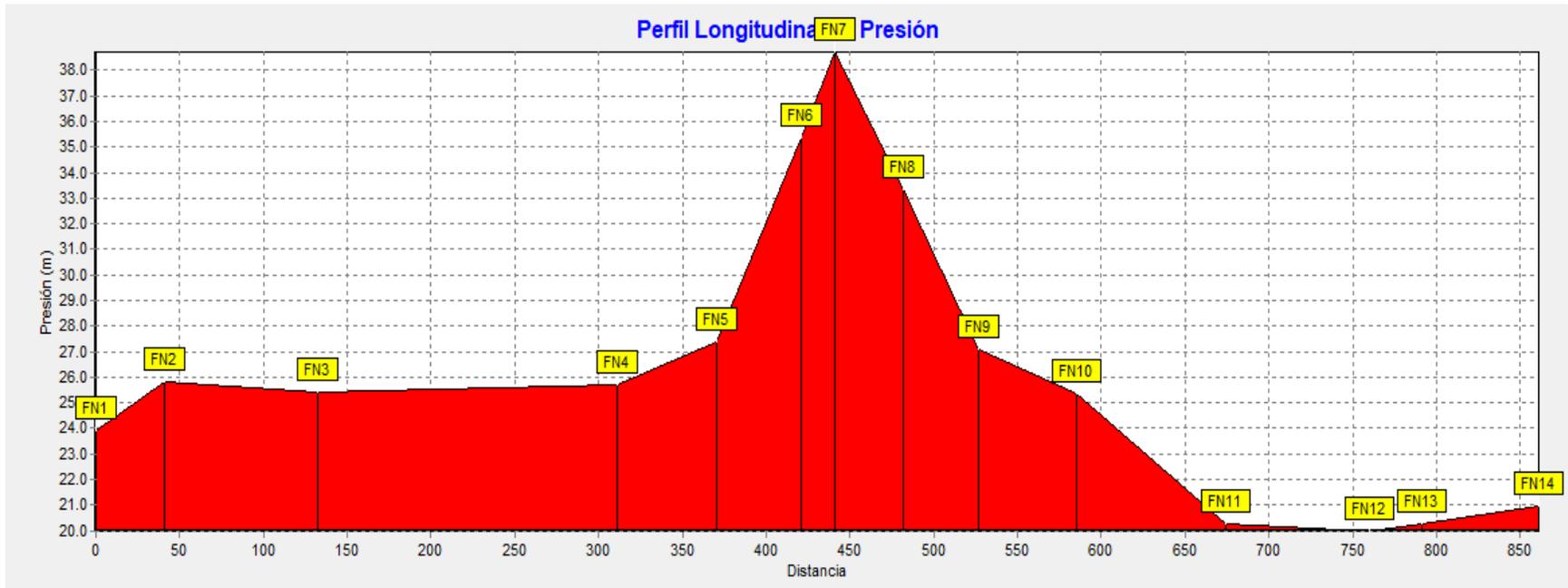
Fuente Elaboración propia

Ilustración 36: Perfil longitudinal de cota del tramo 6--F



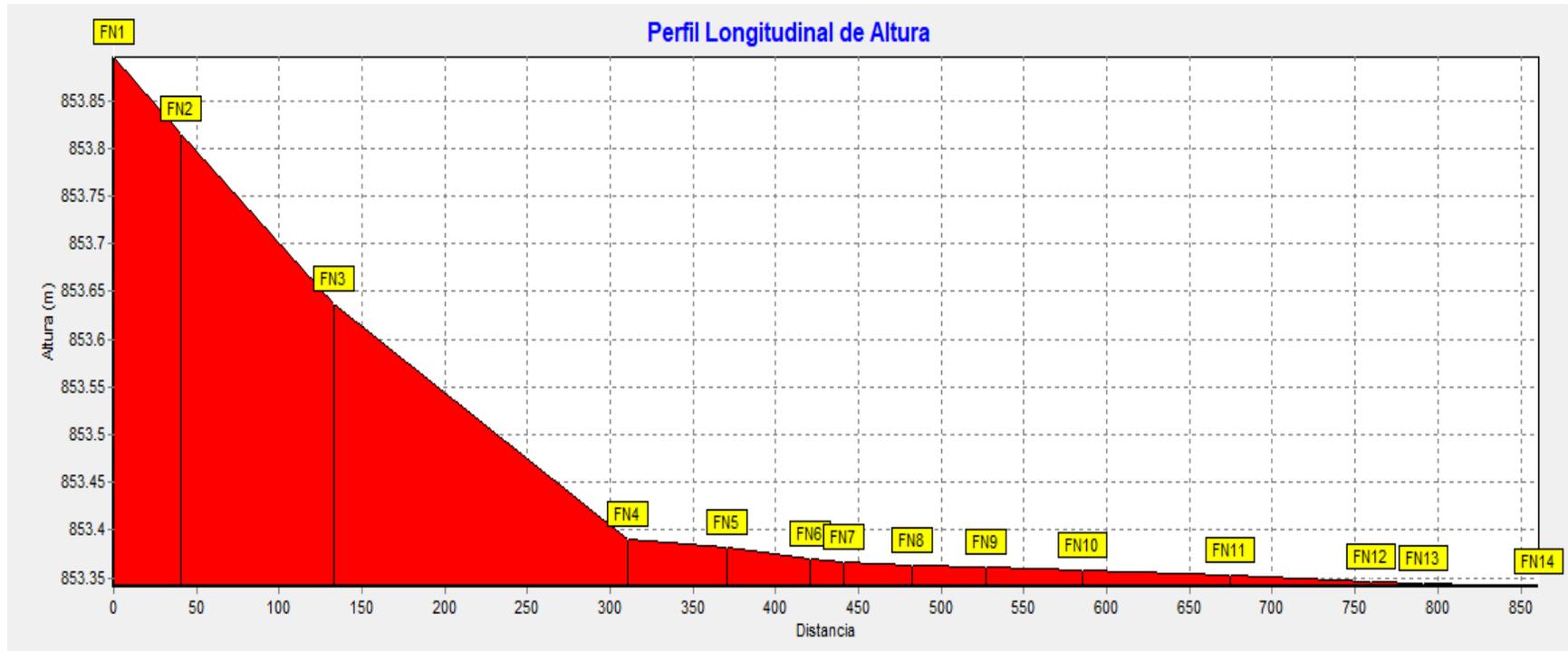
Fuente Elaboración propia

Ilustración 37: Perfil longitudinal de presión del tramo 6-F



Fuente Elaboración propia

Ilustración 38: Perfil longitudinal de altura del tramo 6-F

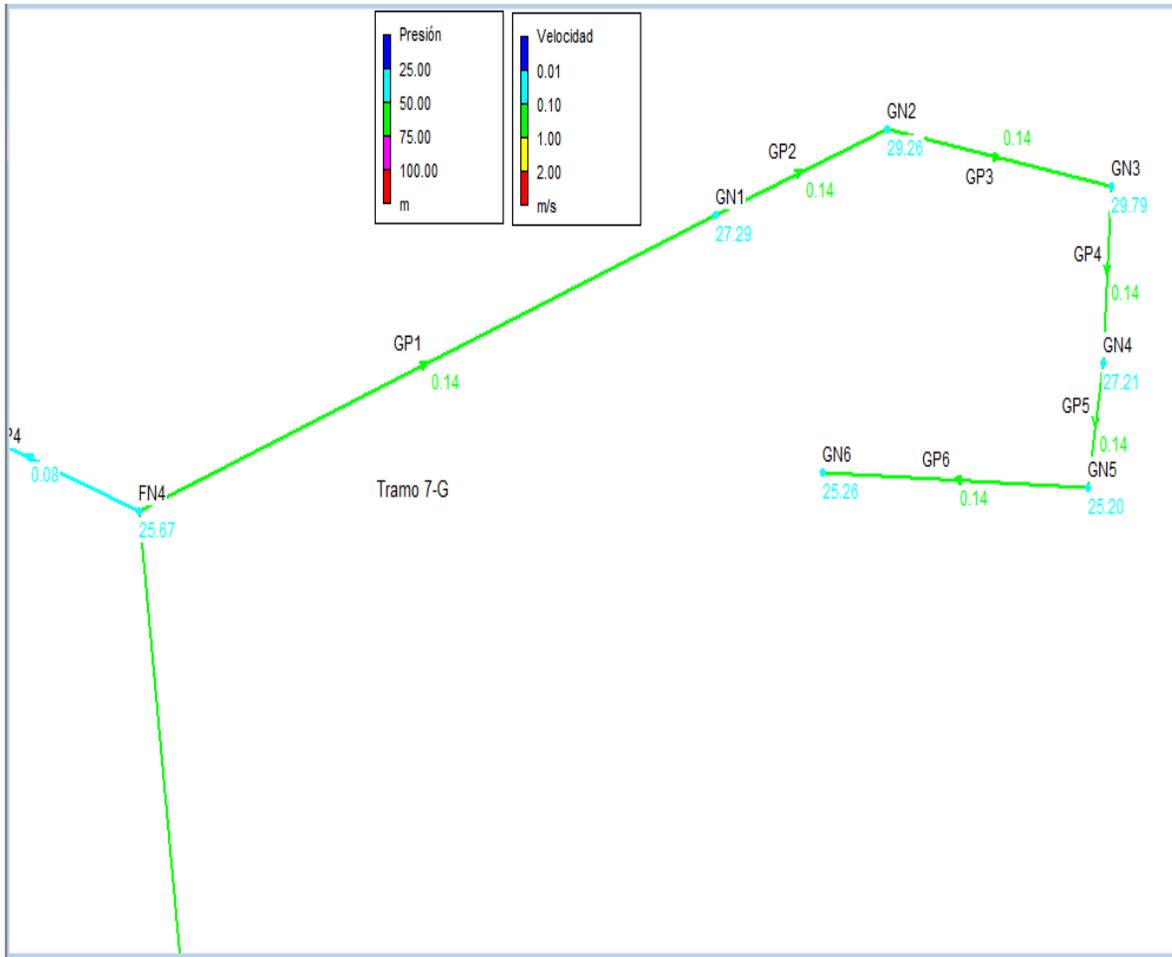


Fuente Elaboración propia

➤ Tramo 7-G

El tramo 7-G parte de la ramificación del tramo 6 en el nodo F-N4, como se muestra en la ilustración 39, tiene una longitud de 395.33 m, está diseñado con tubería PVC SDR 26 con diámetro de 44.6 mm (1 ½"), abastece a 12 viviendas transportando un caudal de 0.21 l/s.

Ilustración 39: Presiones y velocidades en el tramo 7-G



Fuente Elaboración propia

En la tabla 46 se observa que la presión mínima es de 25.2 m y la máxima de 29.79 m y se encuentran dentro del rango establecido en la norma (MIFIC, 2019).

Tabla 46: Presiones en el tramo 7-G

Nodos	Cota	Demanda Base	Altura	Presión
	m	LPS	m	m
Conexión GN1	826	0	853.29	27.29
Conexión GN2	824	0	853.26	29.26
Conexión GN3	823.44	0	853.23	29.79
Conexión GN4	826	0	853.21	27.21
Conexión GN5	828	0	853.2	25.2
Conexión GN6	827.893	0.211	853.16	25.26

Fuente Elaboración propia

La velocidad del flujo en el tramo es baja, con un valor de 0.14 m/s, menor a lo establecido en la norma, por lo tanto, se utilizarán válvulas de limpieza para evitar la sedimentación en las tuberías.

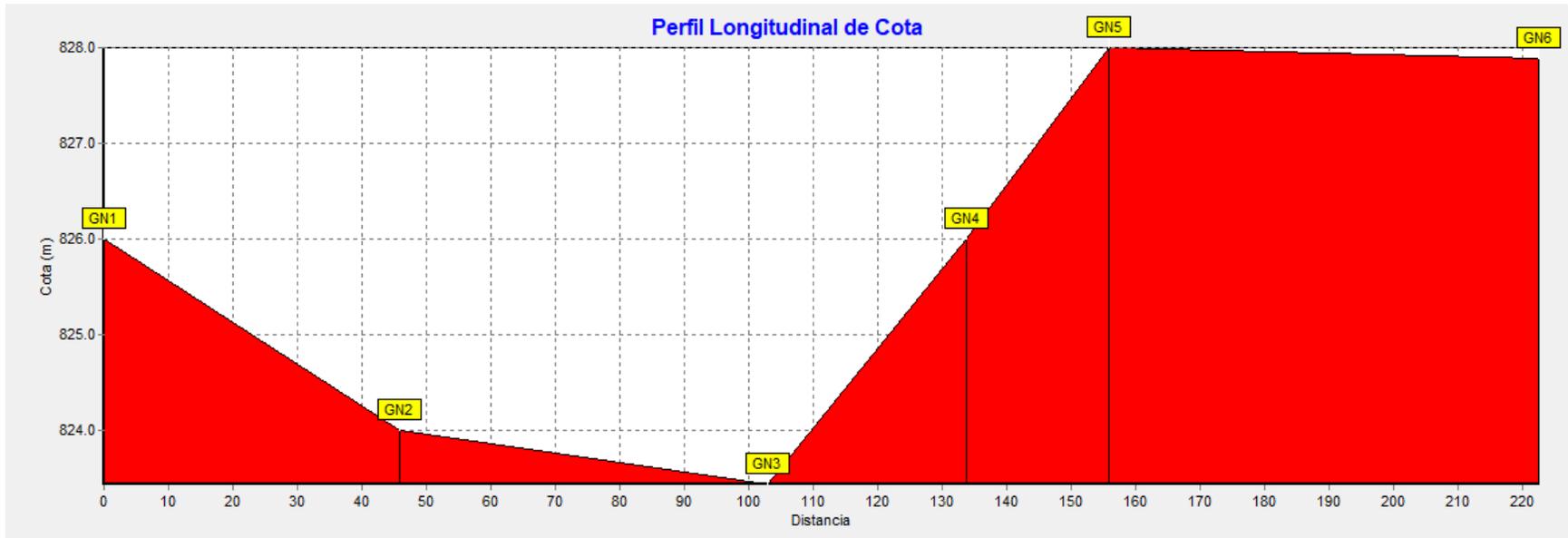
Los resultados de las velocidades, caudales, diámetros y longitudes de la tubería se detallan en la tabla 47. También se muestran los perfiles correspondientes al terreno natural, presión y altura piezométrica en las ilustraciones 40, 41 y 42.

Tabla 47: Velocidades en el tramo 7-G

Tuberías	Longitud	Diámetro	Caudal	Velocidad	Pérd. Unit.
	m	mm	LPS	m/s	m/km
Tubería GP1	168	44.6	0.21	0.14	0.59
Tubería GP2	48.33	44.6	0.21	0.14	0.59
Tubería GP3	57.06	44.6	0.21	0.14	0.59
Tubería GP4	31.05	44.6	0.21	0.14	0.59
Tubería GP5	22.16	44.6	0.21	0.14	0.59
Tubería GP6	68.73	44.6	0.21	0.14	0.59
	395.33				

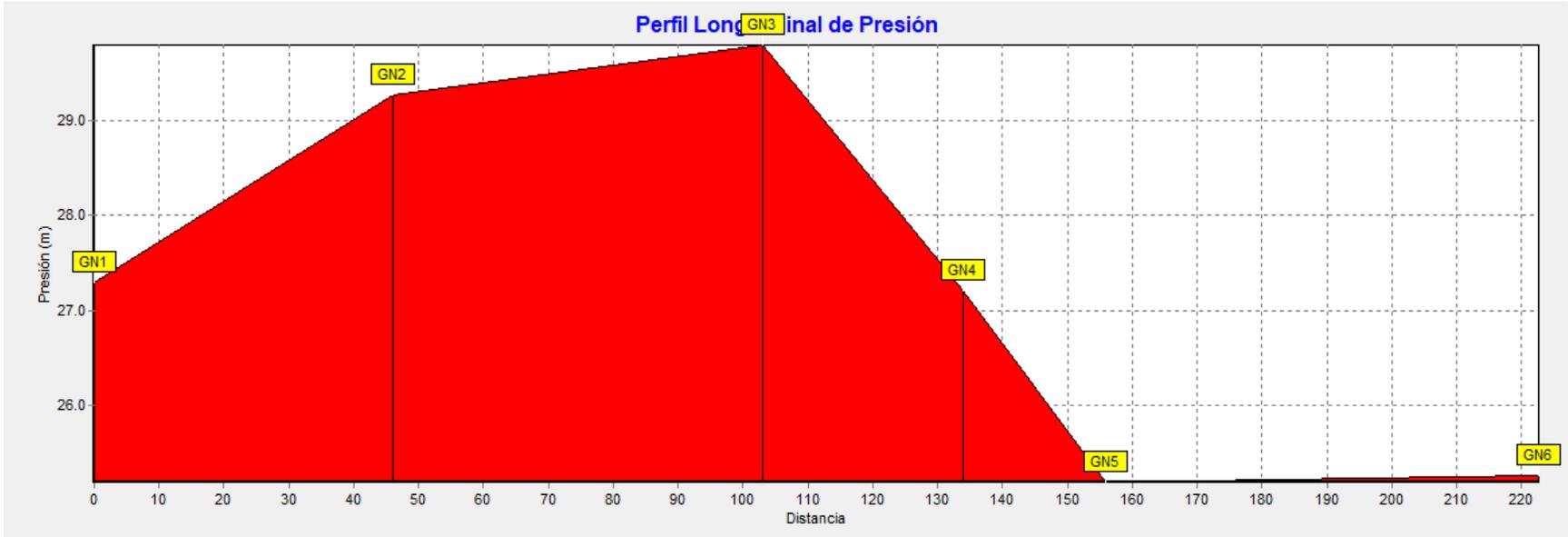
Fuente Elaboración propia

Ilustración 40: Perfil longitudinal de cota del tramo 7-G



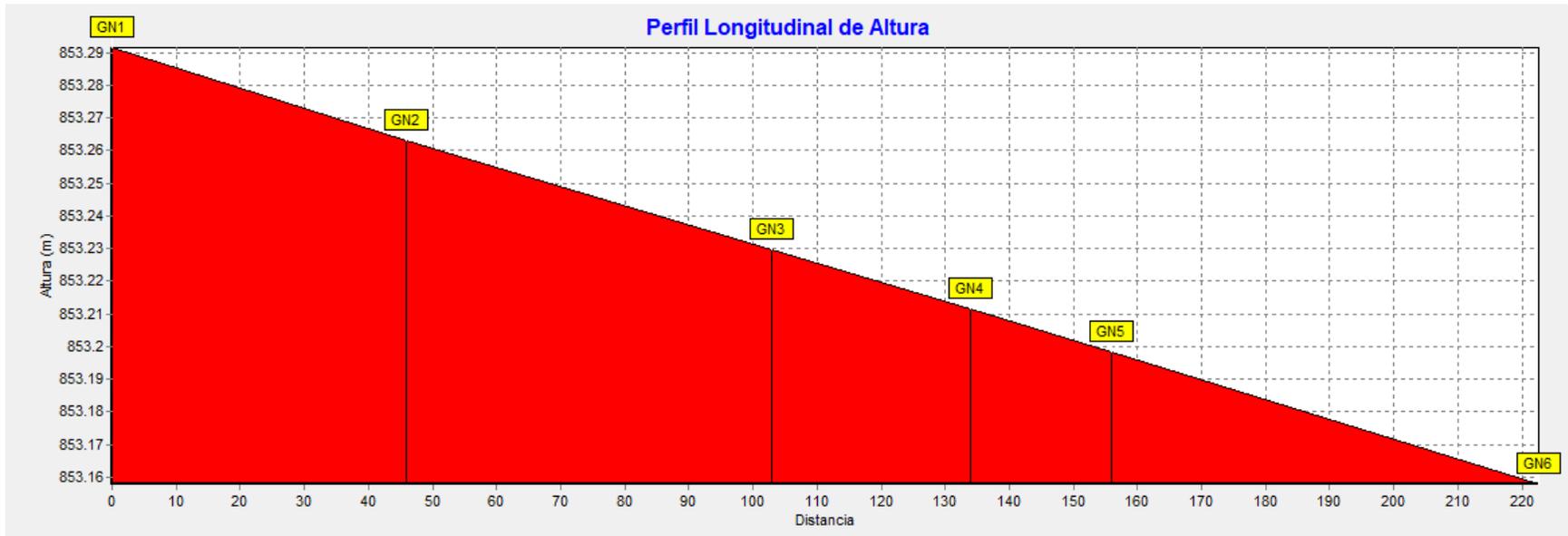
Fuente Elaboración propia

Ilustración 41: Perfil longitudinal de presión del tramo 7-G



Fuente Elaboración propia

Ilustración 42: Perfil longitudinal de altura del tramo 7-G

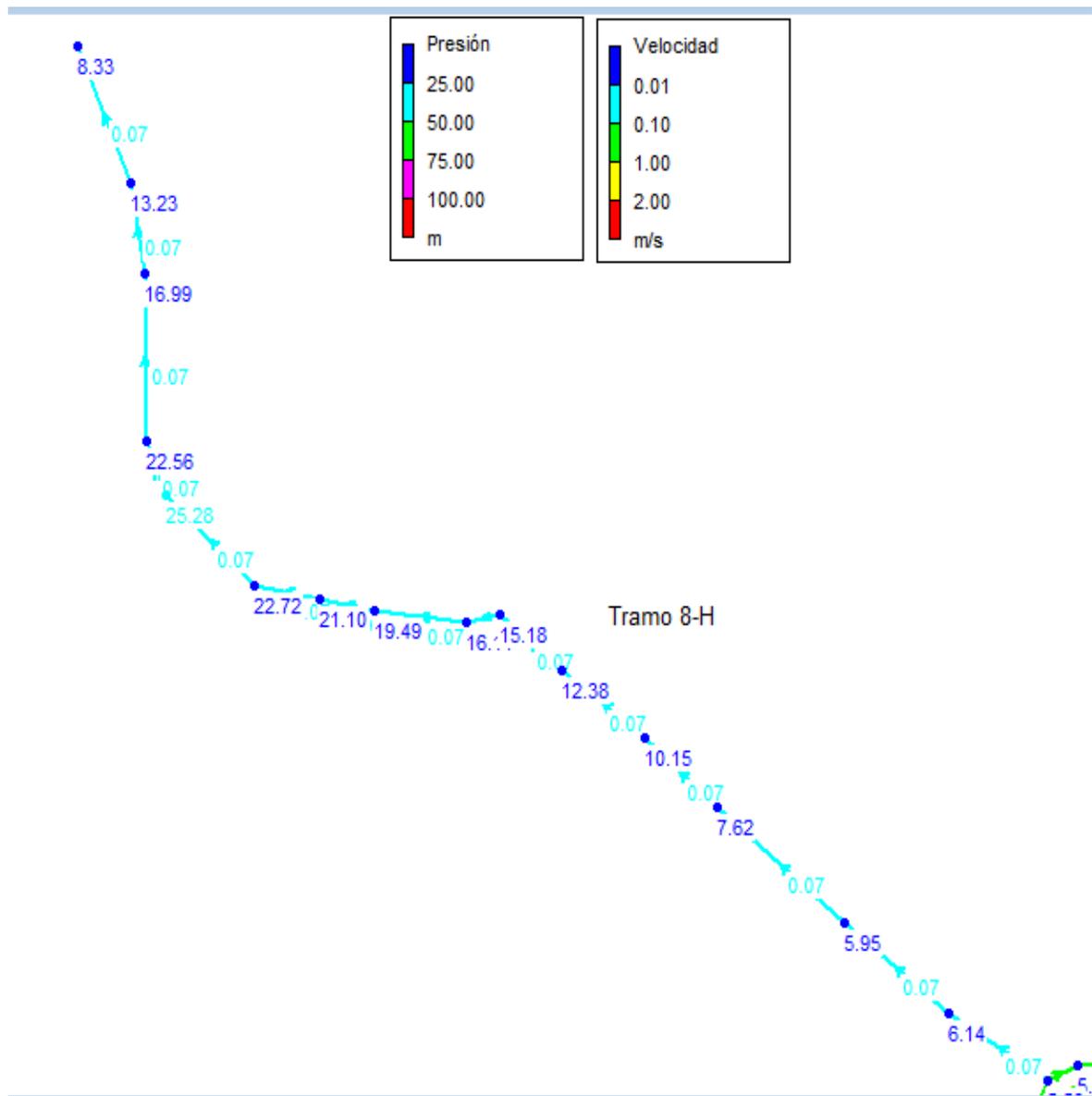


Fuente Elaboración propia

➤ **Tramo 8-H**

Tiene una longitud de 541.628 m, está diseñado con tubería PVC SDR 26 con diámetro de 2" para tubería principal y posteriormente disminuye a 1½" a partir del nodo H-N1, esto debido al descenso en el flujo circulante por la ramificación y abastecimiento de conductos que se desprenden de la red principal. En la ilustración 43 se muestra la topología de este tramo.

Ilustración 43: Presiones y velocidades en el tramo 8-H



Fuente Elaboración propia

Los resultados de las presiones en el tramo 8-H se muestran en la tabla 48 siendo la mayor de 25.28 m que se presenta en el nodo con la cota más baja del tramo con un valor de 837.206 m (nodo H-N12); la presión mínima se produjo en la salida del tanque con un valor de 5.53 m. De acuerdo a lo anterior se concluye que todas las presiones cumplen con la norma (MIFIC, 2019).

Tabla 48: Presiones en el tramo 8-H

Nodos	Cota	Demanda Base	Altura	Presión
	m	LPS	m	m
Conexión HN1	857.012	0	862.54	5.53
Conexión HN2	856.388	0	862.53	6.14
Conexión HN3	856.575	0	862.52	5.95
Conexión HN4	854.9	0	862.52	7.62
Conexión HN5	852.362	0	862.51	10.15
Conexión HN6	850.122	0	862.51	12.38
Conexión HN7	847.326	0	862.5	15.18
Conexión HN8	846.388	0	862.5	16.11
Conexión HN9	843.006	0	862.5	19.49
Conexión HN10	841.391	0	862.49	21.1
Conexión HN11	839.766	0	862.49	22.72
Conexión HN12	837.206	0	862.48	25.28
Conexión HN13	839.917	0	862.48	22.56
Conexión HN14	845.489	0	862.47	16.99
Conexión HN15	849.241	0	862.47	13.23
Conexión HN16	854.13	0.105	862.46	8.33

Fuente Elaboración propia

En el análisis con caudal máximo horario se obtuvieron velocidades de flujo con valores máximos y mínimos de 0.42 m/s y 0.07 m/s, estos valores se encuentran fuera del rango establecido por la norma (MIFIC, 2019), por lo tanto, se utilizarán válvulas de limpieza en las tuberías.

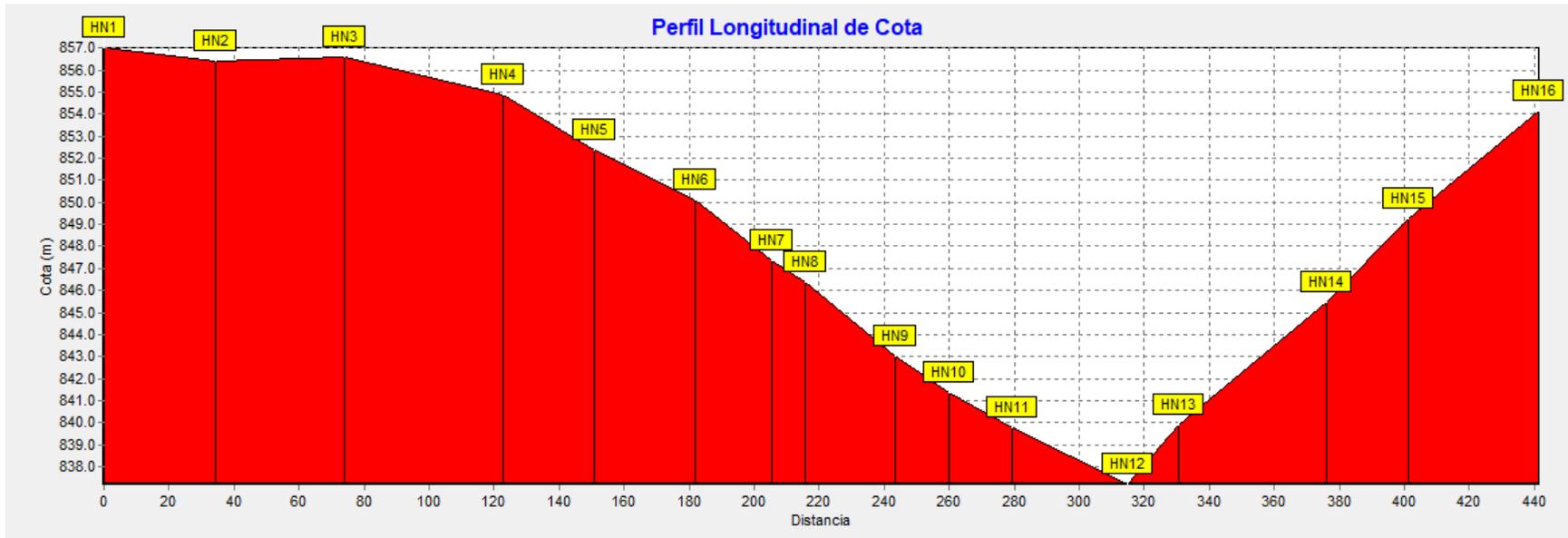
Los resultados de las velocidades, caudales, diámetros y longitudes de la tubería se detallan en la tabla 49. También se muestran los perfiles correspondientes al terreno natural, presión y línea piezométrica en las ilustraciones 44, 45 y 46.

Tabla 49: Velocidades en el tramo 8-H

Tuberías	Longitud	Diámetro	Caudal	Velocidad	Pérd. Unit.
	m	mm	LPS	m/s	m/km
Tubería HP1	85.328	55.7	1.03	0.42	3.78
Tubería HP2	47.28	44.6	0.1	0.07	0.16
Tubería HP3	39.38	44.6	0.1	0.07	0.16
Tubería HP4	48.94	44.6	0.1	0.07	0.16
Tubería HP5	28.39	44.6	0.1	0.07	0.16
Tubería HP6	31.09	44.6	0.1	0.07	0.16
Tubería HP7	23.79	44.6	0.1	0.07	0.16
Tubería HP8	10.36	44.6	0.1	0.07	0.16
Tubería HP9	27.61	44.6	0.1	0.07	0.16
Tubería HP10	16.54	44.6	0.1	0.07	0.16
Tubería HP11	19.5	44.6	0.1	0.07	0.16
Tubería HP12	35.97	44.6	0.1	0.07	0.16
Tubería HP13	16.01	44.6	0.1	0.07	0.16
Tubería HP14	45.71	44.6	0.1	0.07	0.16
Tubería HP15	25.33	44.6	0.1	0.07	0.16
Tubería HP16	40.4	44.6	0.1	0.07	0.16
	541.628				

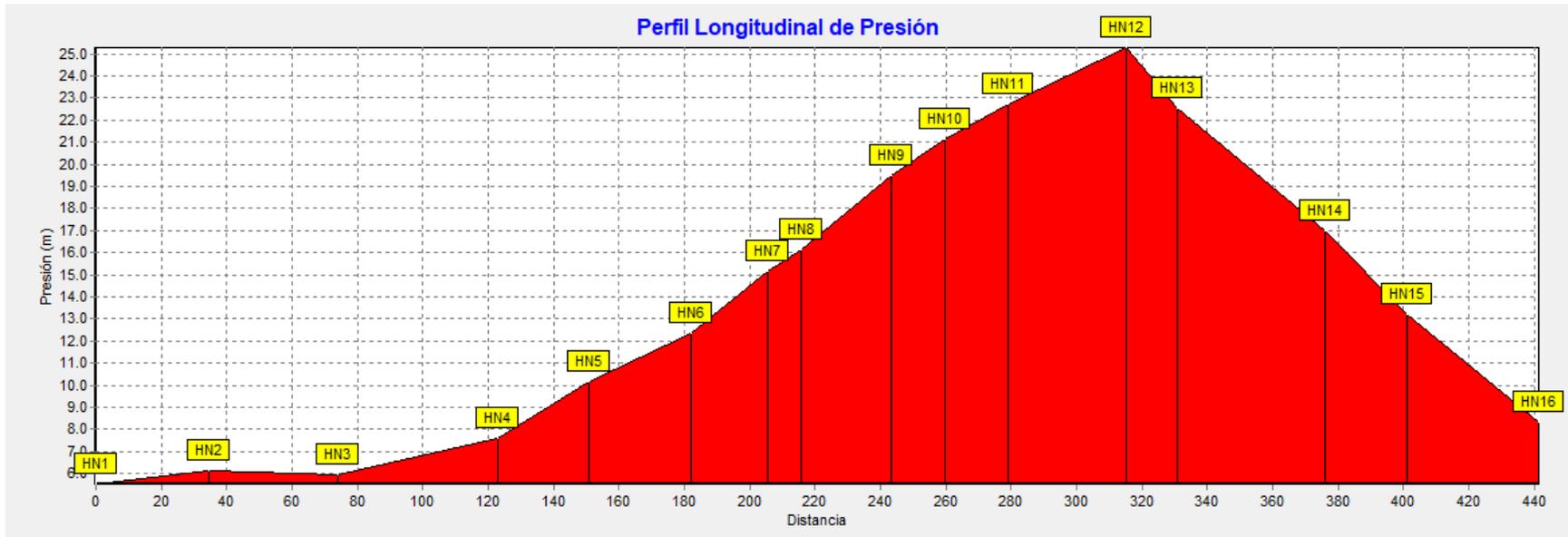
Fuente Elaboración propia

Ilustración 44: Perfil longitudinal de cota del tramo 8-H



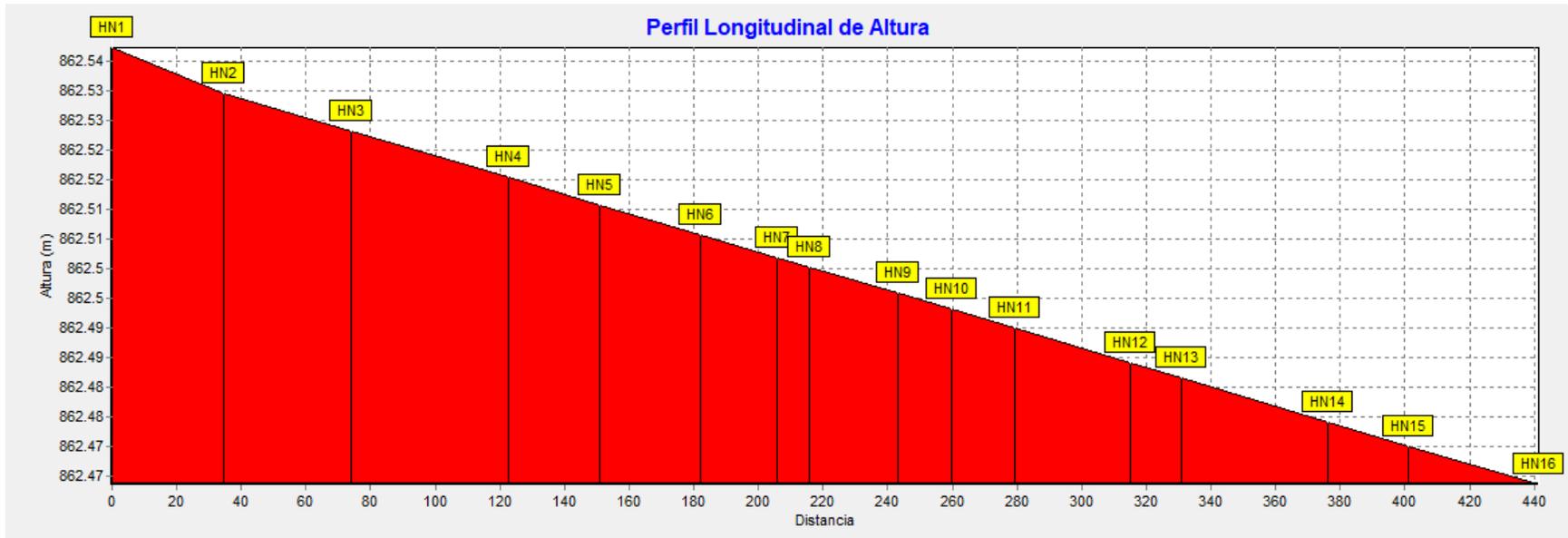
Fuente Elaboración propia

Ilustración 45: Perfil longitudinal de presión del tramo 8-H



Fuente Elaboración propia

Ilustración 46: Perfil longitudinal de altura del tramo 8-H



Fuente Elaboración propia

➤ **Tramo 9-I**

El tramo 9-I mostrado en la ilustración 47 tiene una longitud de 1265.05 m, está diseñado con tubería PVC SDR 26 con diámetro de 44.6 mm (1 ½").

Las presiones en el tramo 9-I se muestran en la tabla 50, estos valores se mantienen dentro del rango establecido en la norma (MIFIC, 2019), encontrándose una presión mínima de 5.51 m y máxima de 22.08 m en el nodo más bajo del tramo (Nodo I-N15).

Tabla 50: Presiones en el tramo 9-I

Nodos	Cota	Demanda Base	Altura	Presión
	M	LPS	m	m
Conexión IN1	857.012	0	862.53	5.52
Conexión IN2	856.885	0	862.4	5.51
Conexión IN3	855.708	0	861.73	6.02
Conexión IN4	854.515	0	861.04	6.52
Conexión IN5	852.696	0.14	860.4	7.7
Conexión IN6	850.587	0	859.74	9.15
Conexión IN7	848	0	859	11
Conexión IN8	846	0	858.33	12.33
Conexión IN9	844	0	857.4	13.4
Conexión IN10	842	0	856.72	14.72
Conexión IN11	840	0	856.38	16.38
Conexión IN12	838	0	855.85	17.85
Conexión IN13	835.999	0	855.43	19.43
Conexión IN14	833.409	0.14	854.99	21.58
Conexión IN15	832.454	0	854.54	22.08
Conexión IN16	832.206	0	854.28	22.07
Conexión IN17	833.204	0	854.07	20.86

Fuente Elaboración propia

En el análisis con caudal máximo horario se obtuvieron velocidades de flujo con valores máximos y mínimos de 0.59 m/s y 0.42 m/s, dichos resultados no cumplen con los parámetros establecidos en la norma (MIFIC, 2019).

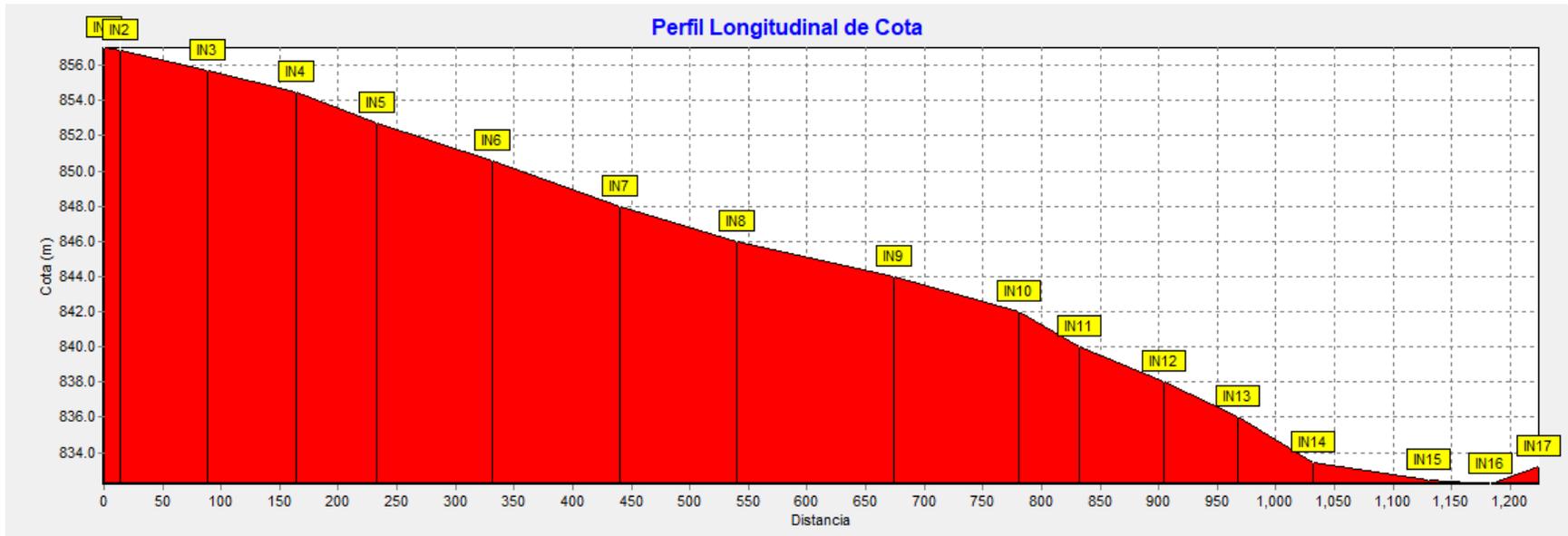
Los resultados de las velocidades, caudales, diámetros y longitudes de la tubería se detallan en la tabla 51. También se muestran los perfiles correspondientes al terreno natural, presión y línea piezométrica en las ilustraciones 48, 49 y 50.

Tabla 51: Velocidades en el tramo 9-I

Tuberías	Longitud	Diámetro	Caudal	Velocidad	Pérd. Unit.
	m	mm	LPS	m/s	m/km
Tubería IP17	45.55	44.6	0.65	0.42	4.71
Tubería IP16	54.72	44.6	0.65	0.42	4.71
Tubería IP15	96.15	44.6	0.65	0.42	4.71
Tubería IP14	64.84	44.6	0.79	0.51	6.77
Tubería IP13	62.65	44.6	0.79	0.51	6.77
Tubería IP12	77.26	44.6	0.79	0.51	6.77
Tubería IP11	51.03	44.6	0.79	0.51	6.77
Tubería IP10	100.3	44.6	0.79	0.51	6.77
Tubería IP9	136.9	44.6	0.79	0.51	6.77
Tubería IP8	99.06	44.6	0.79	0.51	6.77
Tubería IP7	109.3	44.6	0.79	0.51	6.77
Tubería IP6	97.46	44.6	0.79	0.51	6.77
Tubería IP5	69.97	44.6	0.93	0.59	9.16
Tubería IP4	75.37	44.6	0.93	0.59	9.16
Tubería IP3	72.96	44.6	0.93	0.59	9.16
Tubería IP2	14.47	44.6	0.93	0.59	9.16
Tubería IP1	1	44.6	0.93	0.59	9.15

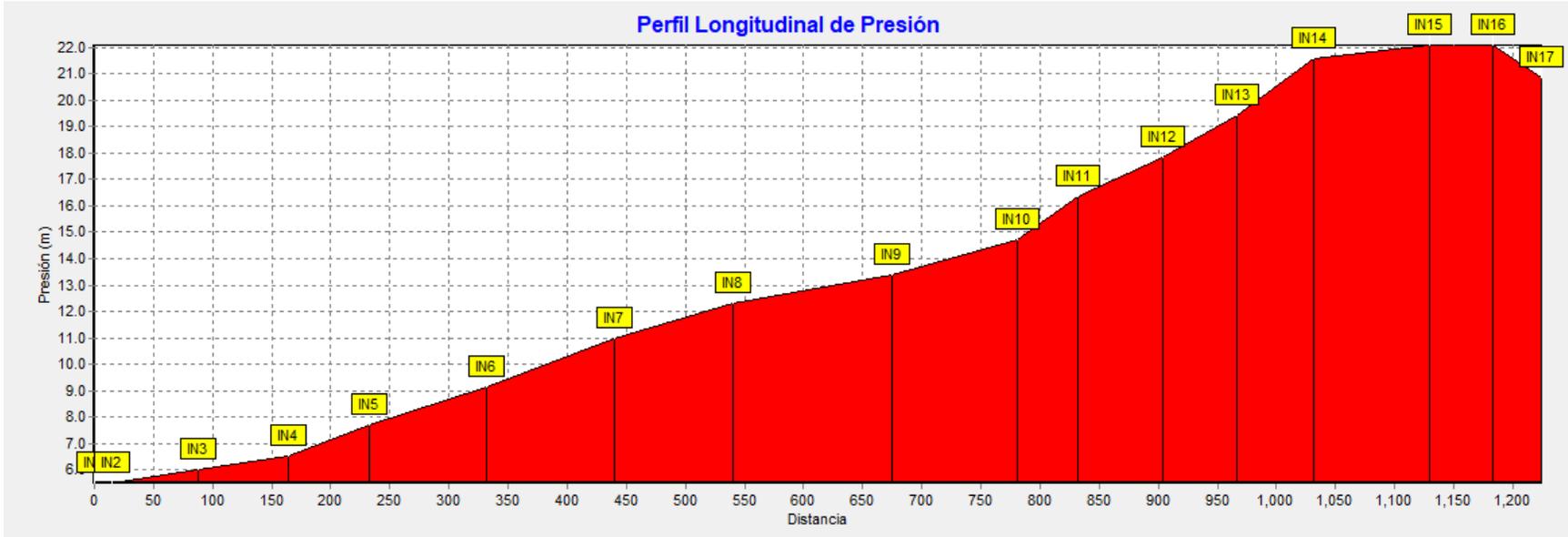
Fuente Elaboración propia

Ilustración 48: Perfil longitudinal de cota del tramo 9-I



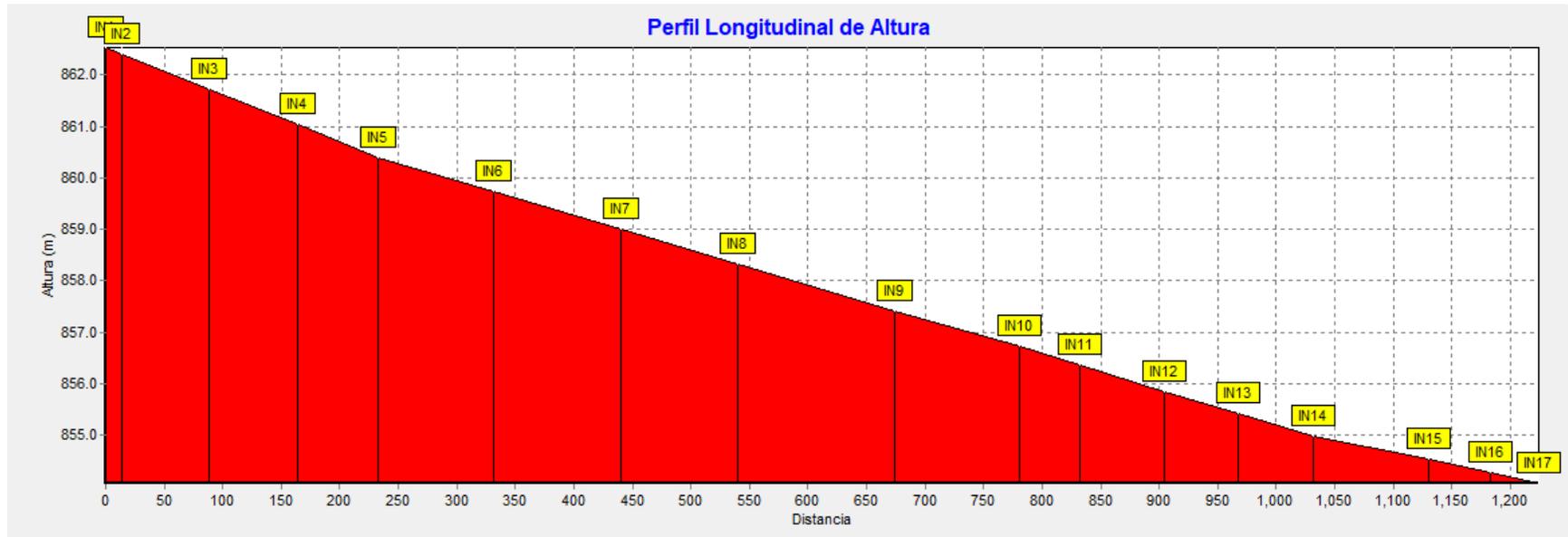
Fuente Elaboración propia

Ilustración 49: Perfil longitudinal de presión del tramo 9-I



Fuente Elaboración propia

Ilustración 50: Perfil longitudinal de altura del tramo 9-I

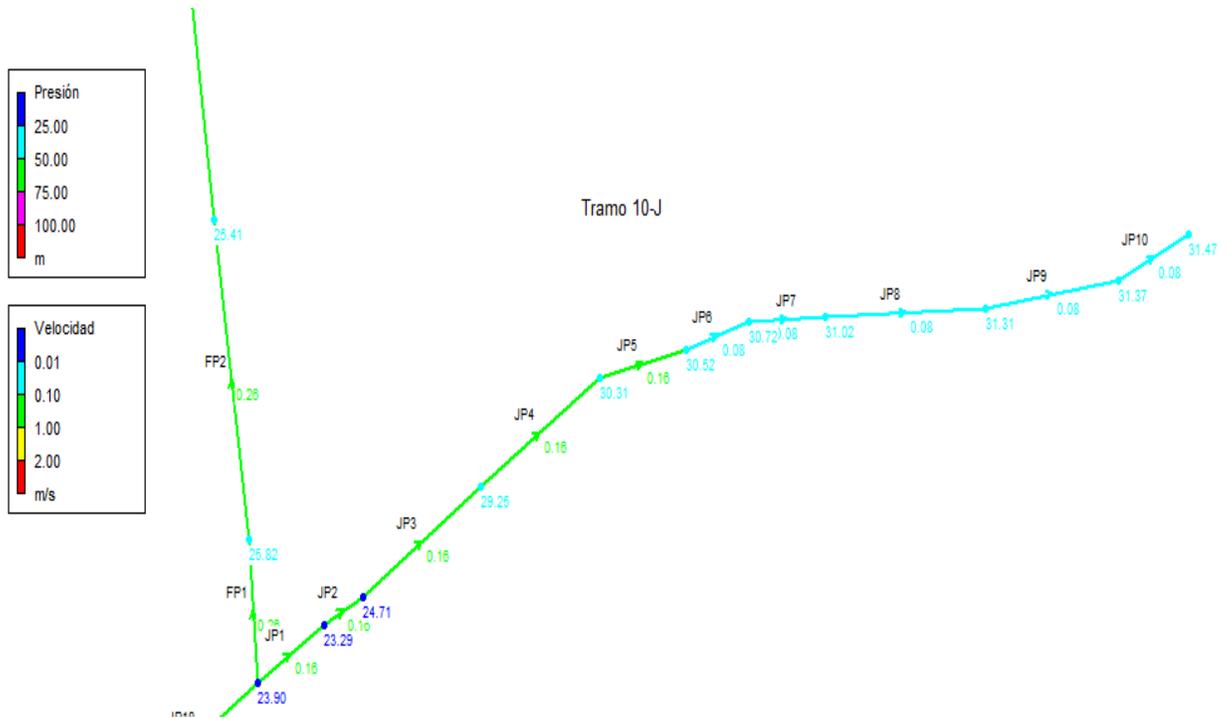


Fuente Elaboración propia

➤ **Tramo 10-J**

Este tramo parte de la ramificación del tramo 2 en el nodo F-N1, como se muestra en la ilustración 51, tiene una longitud de 404.26 m, está diseñado con tubería PVC SDR 26 con diámetro de 44.6 mm (1 ½"), abastece a 14 viviendas transportando un caudal de 0.24 l/s.

Ilustración 51: Presiones y velocidades en el tramo 10-J



Fuente Elaboración propia

Las presiones en el tramo 10-J se mantienen dentro del rango establecido en la norma (MIFIC, 2019), encontrándose una presión mínima de 23.29 m y máxima de 31.47 m (tabla 52).

Tabla 52: Presiones en el tramo 10-J

Nodos	Cota	Demanda Base	Altura	Presión
	m	LPS	m	m
Conexión JN1	830.568	0	853.86	23.29
Conexión JN2	829.139	0	853.85	24.71
Conexión JN3	824.544	0	853.8	29.25
Conexión JN4	823.445	0	853.76	30.31
Conexión JN5	823.222	0.123	853.74	30.52

Conexión JN6	823.011	0	853.73	30.72
Conexión JN7	822.705	0	853.73	31.02
Conexión JN8	822.403	0	853.72	31.31
Conexión JN9	822.327	0	853.7	31.37
Conexión JN10	822.222	0.123	853.69	31.47

Fuente Elaboración propia

La velocidad del flujo es baja, con valores que varían desde 0.16 m/s hasta 0.08 m/s al final del tramo, menor a lo establecido en la norma, por lo tanto, se utilizarán válvulas de limpieza para evitar la sedimentación en las tuberías.

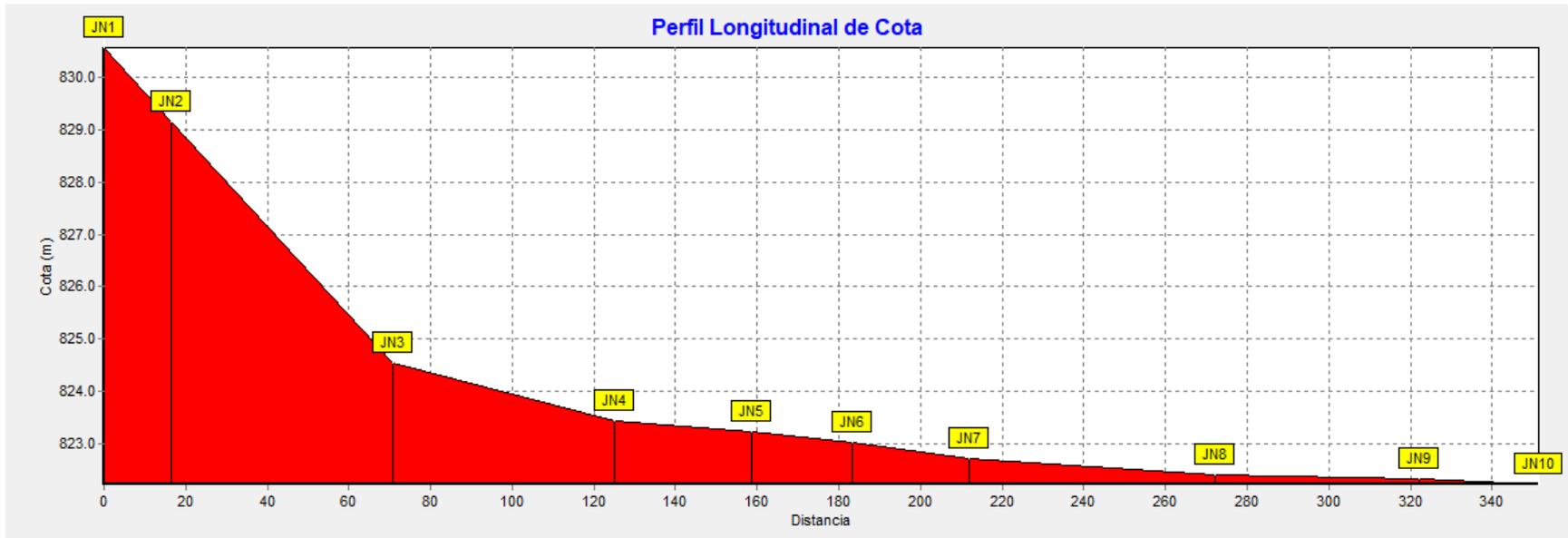
Los resultados de las presiones y velocidades se detallan en la tabla 53. También se muestran los perfiles correspondientes al terreno natural y línea piezométrica en las ilustraciones 52, 53 y 54.

Tabla 53: Velocidades en el tramo 10-J

Tuberías	Longitud	Diámetro	Caudal	Velocidad	Pérd. Unit.
	m	mm	LPS	m/s	m/km
Tubería JP1	42.77	44.6	0.25	0.16	0.78
Tubería JP2	16.31	44.6	0.25	0.16	0.78
Tubería JP3	64.78	44.6	0.25	0.16	0.78
Tubería JP4	50.41	44.6	0.25	0.16	0.78
Tubería JP5	26.02	44.6	0.25	0.16	0.78
Tubería JP6	19.44	44.6	0.12	0.08	0.22
Tubería JP7	28.64	44.6	0.12	0.08	0.22
Tubería JP8	61.09	44.6	0.12	0.08	0.22
Tubería JP9	62.62	44.6	0.12	0.08	0.22
Tubería JP10	32.18	44.6	0.12	0.08	0.22
	404.26				

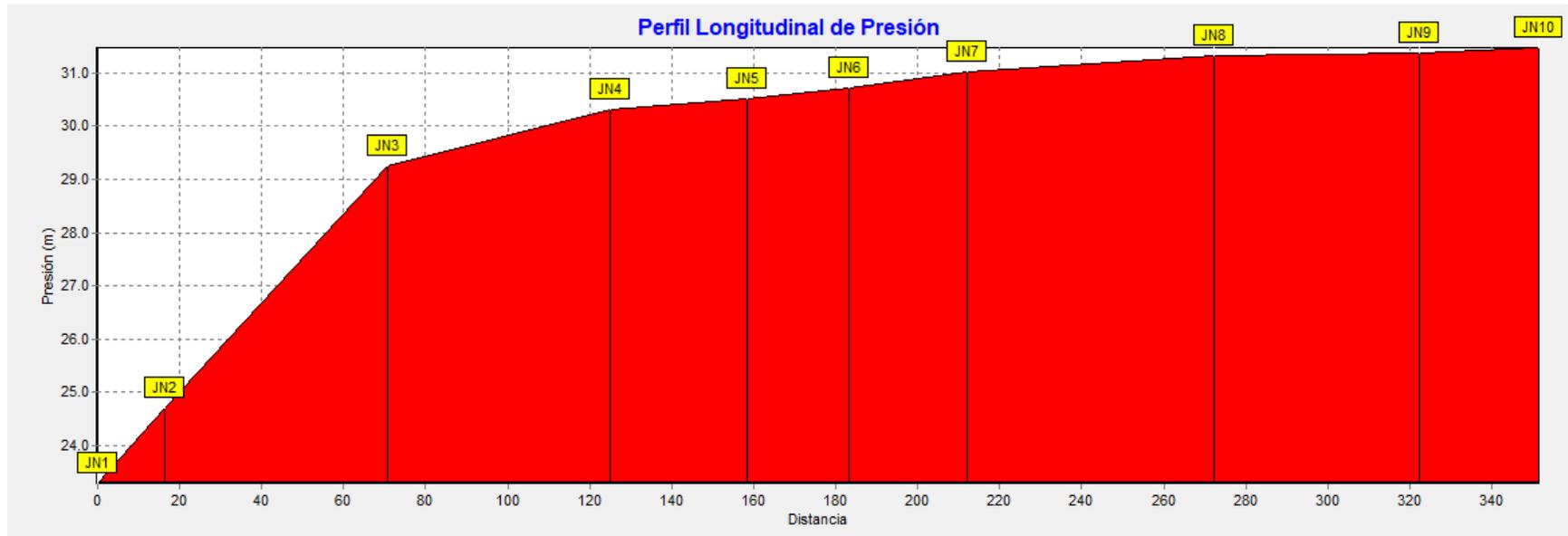
Fuente Elaboración propia

Ilustración 52: Perfil longitudinal de cota del tramo 10-J



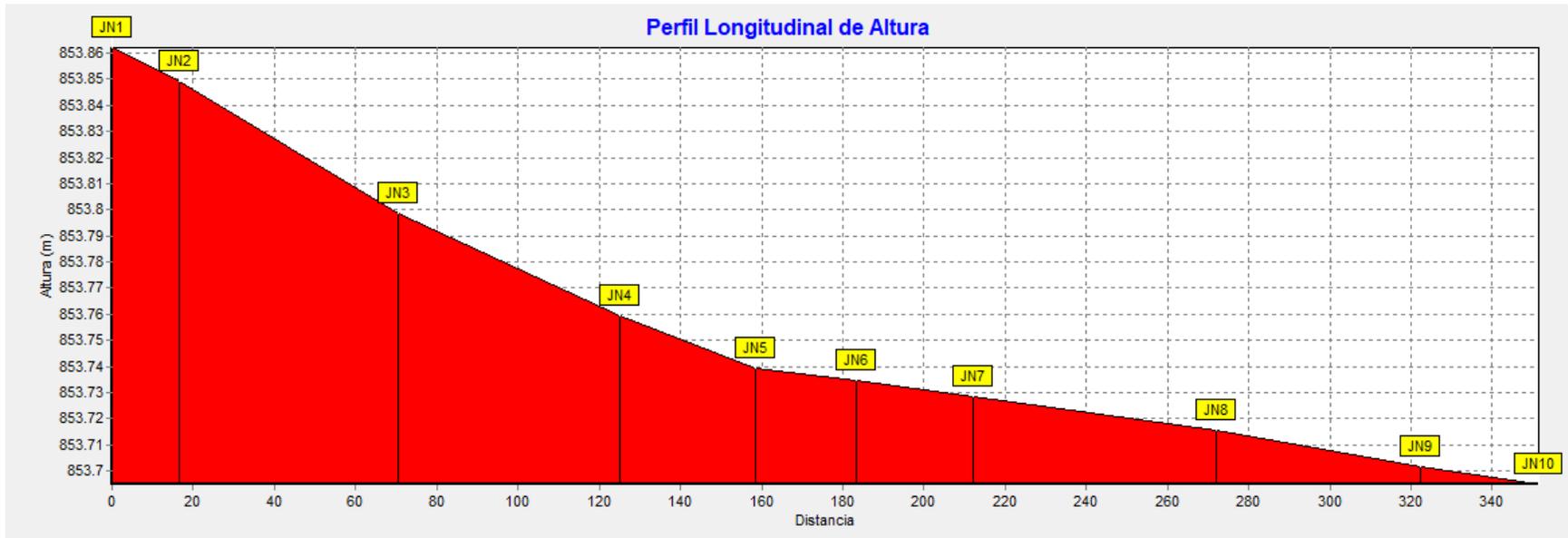
Fuente Elaboración propia

Ilustración 53: Perfil longitudinal de presión del tramo 10-J



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 54: Perfil longitudinal de altura del tramo 10-J



Fuente: Elaboración propia

4.5.6.4. Simulación con demanda cero

Se realizó la simulación con la demanda cero para determinar las presiones máximas en la red cuando no hay consumo.

En la tabla 54 e ilustración 55 se muestran los resultados siendo la presión máxima 48.21 m en el nodo F-N7, mientras que la mínima fue de 5.85 m en el nodo I-N1. Estas presiones se encuentran en el rango de 5 m a 50 m con un máximo de 70 m que establece la norma (MIFIC, 2019). De acuerdo a lo anterior, se concluye que la tubería PVC SDR 26 utilizada, la cual soporta presiones de 112.7 m es adecuada para el diseño.

Tabla 54: Presiones con demanda cero

	Tramo	Presión máxima (m)	Presión mínima (m)
El Dorado	A	26.95	11.37
	B	28.73	24.88
	C	21.96	14.35
	D	15.4	14.69
	E	16.78	14.78
El Júcaro	F	48.21	29.49
	G	39.42	34.85
	H	25.65	6.29
	I	30.65	5.85
	J	40.64	32.29

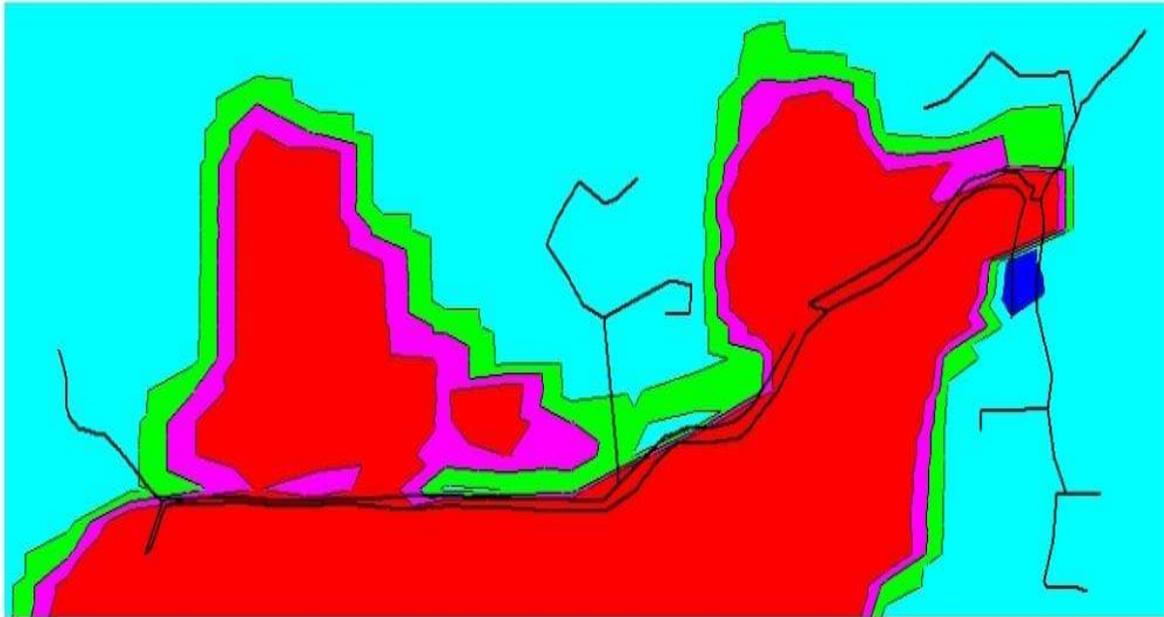
Fuente: Elaboración propia

4.5.6.5. Simulación de cloro

La simulación del cloro se realizó basada en la concentración de 2.12 mg/l previamente calculada en la sección 4.5.5 del presente documento. La concentración de cloro residual libre deberá estar entre 0.2 y 0.5 mg/l según la OMS, dado que esta cantidad garantiza una desinfección satisfactoria sin conferirle al agua un olor y sabor distinto que provoque el rechazo de los consumidores.

En la ilustración 56 se muestra la distribución del cloro a las 11 horas, tiempo necesario para que todo el sistema tenga cloro con un valor igual o mayor al mínimo de 0.2 mg/l.

Ilustración 56: Distribución del cloro en la red a las 11 horas



Fuente: Elaboración propia

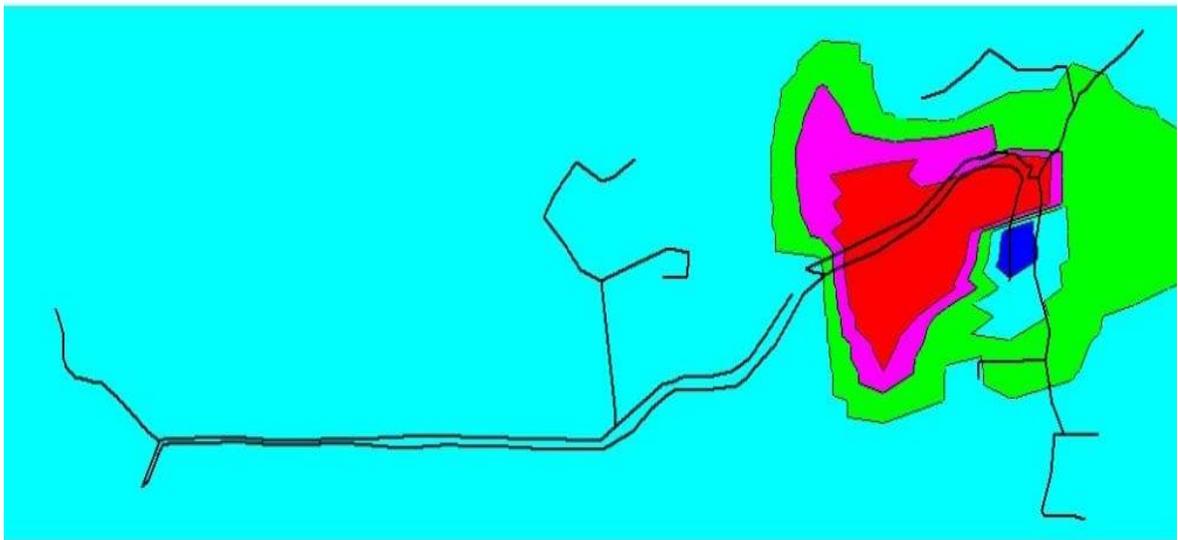
En las ilustraciones 57 y 58 se muestra la distribución del cloro residual a las 16 y 24 horas, en las que se observa la degradación del cloro en el transcurso del tiempo, encontrándose en el rango de 0.2 y 0.5 mg/l a las 24 horas. Los valores superiores a 0.50 mg/l se presentan a lo largo de la línea de conducción.

Ilustración 57: Distribución del cloro a las 16 horas



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 58: Distribución del cloro a las 24 horas



Fuente: Elaboración propia

❖ **Válvulas en la red**

De acuerdo a las características topográficas en la red de distribución se ubicaron 5 válvulas de aire en los puntos con mayor elevación para evitar que la acumulación de aire cause daños en la tubería; así mismo, se incorporaron 11 válvulas de compuerta con el propósito de controlar el flujo de agua y 6 válvulas de limpieza que

permitan periódicamente la eliminación de sedimentos acumulados en los columpios y tramos con velocidades bajas. Estas válvulas incluirán estructuras complementarias de protección.

Los accesorios en la red de distribución se muestran en el anexo 13, planos de diseño.

4.5.7. Conexiones domiciliarias

El número de conexiones domiciliarias es de 182 y serán ubicadas en 178 viviendas, una escuela y tres iglesias. El diámetro mínimo de cada conexión será de ½ pulgada (12,5 mm) y se instalará un medidor de flujo de agua, válvula, caja protectora y una llave de chorro a cada conexión, como se muestra en el anexo 13, planos típicos hoja 21.

4.6. Saneamiento

4.6.1. Sistema de disposición de excretas

De acuerdo a los resultados del estudio socioeconómico se determinó que la demanda de saneamiento en la comunidad El Jícaro es de 74 instalaciones para la disposición de excretas distribuidas de la siguiente manera: 32 viviendas que durante el estudio socioeconómico se verificó que no cuentan con opciones de saneamiento, 38 viviendas que cuentan con opción de saneamiento en malas condiciones, 3 iglesias y 1 escuela.

❖ Situación actual

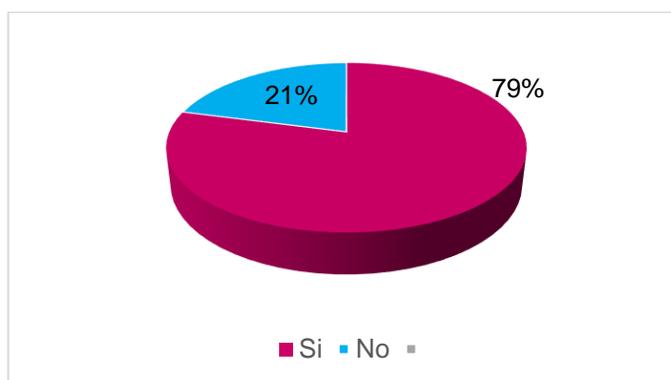
En la tabla 13 y gráfico 13 del apéndice 4.1.9 se observa que el número de viviendas con acceso a una instalación sanitaria es de 121 representando un 79 % del total, frente a 21 % que no tienen. La opción de saneamiento con que cuentan estas familias es generalmente sencilla tradicional.

Tabla 13: Instalaciones sanitarias

Si	No
121	32
79%	21%

Fuente: Tabla 13 -Estudio socioeconómico

Gráfico 13: Instalaciones sanitarias



Fuente: Ilustración 13-Estudio socioeconómico

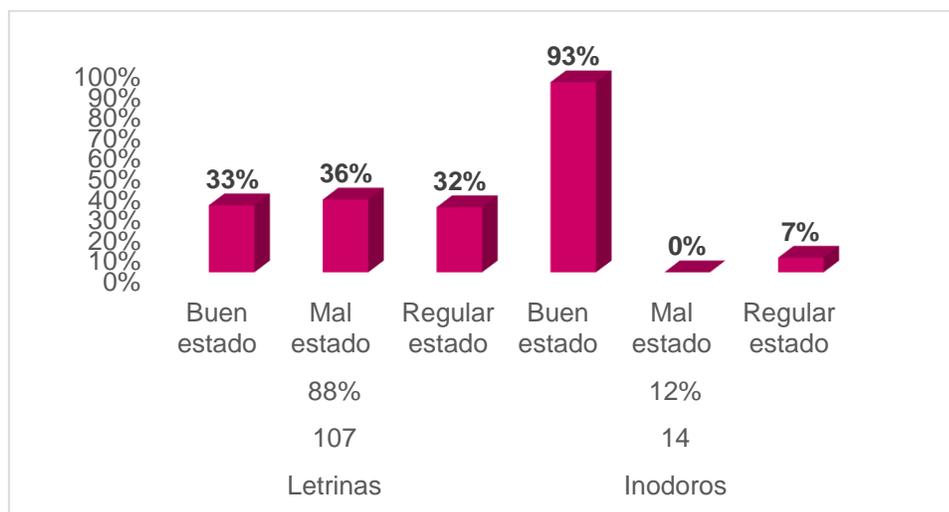
De las viviendas que poseen letrinas, el estado de las mismas es bueno en el 33% de los casos y el 36 % presentan instalaciones en malas condiciones. Los sistemas de arrastre hidráulico con el que cuentan 14 viviendas en su mayoría están en excelentes condiciones (tabla 14 y gráfico 14).

Tabla 14: Condición de las instalaciones sanitarias

Letrinas			Inodoros		
107			14		
88%			12%		
Buena	Mala	Regular	Bueno	Malo	Regular
35	38	34	13	0	1
33%	36%	32%	93%	0%	7%

Fuente: Tabla 14-Estudio socioeconómico

Gráfico 14: Estado de las instalaciones sanitarias



Fuente: Estudio socioeconómico

❖ **Selección del sistema de disposición de excretas**

Para la selección del sistema de saneamiento que se empleará en la comunidad El Jícaro se ha tomado en cuenta las condiciones socioeconómicas de las familias y criterios hidrológicos y ambientales:

- Capacidad económica para la construcción y mantenimiento.
- Disponibilidad de agua en cantidades suficientes y permanentes.
- Existencia de un sistema de tratamiento de aguas residuales.
- Riesgo de contaminación de las fuentes de agua.

A partir de lo anterior se optó por implementar una solución seca (letrina) sin arrastre hidráulico dado que:

- Es una zona rural donde se carece de un sistema de alcantarillado sanitario y no se dispone de un sistema de tratamiento de aguas negras.
- Es un área poblacional donde se hace gran uso del agua proveniente de pozos artesanales con profundidades que varían entre los 5 y 10 metros.
- La instalación de letrinas convencionales en esta comunidad, resulta más viable que los sistemas modernos de saneamiento básico (inodoros), porque brindan una mayor cobertura, debido a que la mayoría de las viviendas son de escasos recursos y no prestan las condiciones técnicas para albergar este tipo de ambiente, por tal razón únicamente se han analizado las opciones de saneamiento seco.

Para preservar la calidad del agua subterránea se propone para el proyecto la construcción de letrinas elevadas con foso seco ventilado para proteger el agua subterránea y se adopta un diseño tradicional de letrina elevada propuesto por El FISE y que consiste en una letrina de foso estándar sencilla elevada con las siguientes características:

- Foso excavado con profundidad de 0.50 m a partir del nivel del terreno natural y 1.50 m construido sobre el nivel del terreno.
- Paredes de estructura metálica con forro de zinc liso y cubierta de techo de zinc ondulado.

- Foso con paredes de mampostería de bloque de concreto de 0.15× 0.20 × 0.40 m
- Losa y asiento de fibra de vidrio con tapa y separador de orina
- Gradadas de mampostería
- Tubo de ventilación SDR 26 de 1 ½ ".

El proyecto contempla la construcción de 74 letrinas sanitarias para 70 viviendas, una escuela y 3 iglesias. Las dimensiones y detalles constructivos de la letrina se reflejan en el anexo 13, plano 25.

4.6.2. Aguas residuales

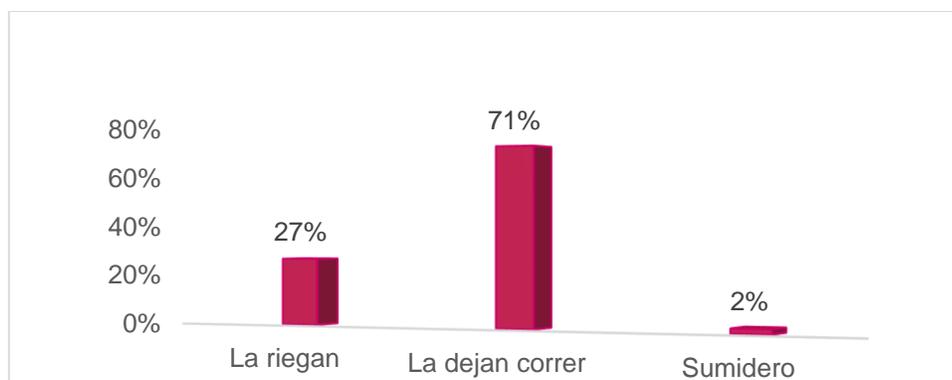
En relación al manejo de las aguas grises, tal como se muestra en la tabla 12 y gráfico 12, solamente el 2% de las viviendas cuentan con pozos de absorción para tratar el agua proveniente de las actividades domésticas, mientras tanto el 71% de las familias riegan el agua en sus patios, 27% la dejan correr creando el inminente riesgo de estancamiento que provoque el desarrollo de mosquitos transmisores de enfermedades, malos olores y la contaminación de las fuentes de agua.

Tabla 12: Manejo de las aguas grises

Manejo de aguas grises		
La riegan	La dejan correr	Sumidero
41	109	3
27%	71%	2%

Fuente: 4.1. Estudio socioeconómico

Gráfico 12: Manejo de las aguas grises



Fuente: 4.1. Estudio socioeconómico

4.6.2.1. Selección del sistema de disposición de aguas residuales

Para la selección de las instalaciones adecuadas para la eliminación de las aguas residuales domésticas en la comunidad El Jícaro se realizaron estudios preliminares para determinar el coeficiente de infiltración del terreno.

❖ Prueba de infiltración

Para el análisis técnico de la selección de alternativas de saneamiento se procedió a realizar una prueba de campo, utilizando el método Porchet en la vivienda propiedad del señor Pedro Vidal Lira localizada sobre las coordenadas X=567645.3-Y=1455284.82, a una distancia aproximada de 100 metros de la fuente de abastecimiento utilizada en el proyecto.

El procedimiento se describe a continuación:

- En el sitio seleccionado para la prueba se realizó el descapote de un área de 1 m² con profundidad de 30 cm.
- En el centro del área descapotada se excavó un agujero cilíndrico de 30 cm de diámetro y 70 cm de profundidad.
- Se colocaron niveletas y posteriormente se tomó medidas del nivel de referencia y nivel inicial del agua en el agujero.
- Una vez determinado el nivel de referencia se vertió agua hasta llenar el agujero por un periodo de tiempo de 30 minutos.
- Posteriormente se llenó la excavación hasta el nivel inicial y se procedió a medir el rebajamiento del nivel del agua en períodos de tiempo de 10 minutos, en un proceso cíclico hasta alcanzar una tasa de decrecimiento constante.
- Al cabo de 7 repeticiones se suspendió la prueba dado que en la últimas tres lecturas el descenso del nivel del agua fue de 11 cm en un período de tiempo de 10 minutos, indicando que la infiltración estaba ocurriendo en suelos saturados.

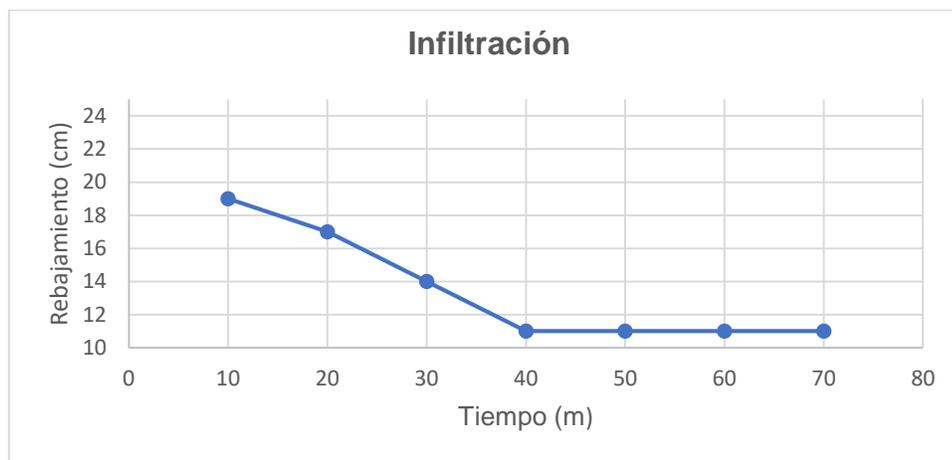
En la tabla 55 se muestran los datos obtenidos en campo.

Tabla 55: Datos de campo de prueba de infiltración

Altura de nivel de referencia					109	cm
Diámetro					30	cm
Radio					15	cm
Tiempo	lectura 1	lectura 2	h1	h2	F	
min	Cm	cm	cm	cm	m/h	mm/h
10	42	87	67	0.48	0.13	132.49
20	42	84	67	0.50	0.12	116.56
30	42	80	67	0.53	0.09	93.67
40	42	76	67	0.56	0.07	71.89
50	42	70	67	0.56	0.07	71.89
60	42	70	67	0.56	0.07	71.89
70	42	70	67	0.56	0.07	71.89

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 18: Infiltración



Fuente: Elaboración propia

Una vez realizado el levantamiento de campo se procedió a calcular la velocidad de infiltración del agua en el suelo saturado, resultando un valor de 0.07 m/h, como se muestra a continuación:

$$F = \frac{R}{2(t_2 - t_1)} \times \ln\left(\frac{2h_1 + R}{2h_2 + R}\right)$$

$$F = \frac{0.15}{2(10 - 0)} \times \ln\left(\frac{2 \times 0.67 + 0.15}{2 \times 0.56 + 0.15}\right) \times \frac{60 \text{ min}}{h} = 0.07 \text{ m/h}$$

Donde:

F=Infiltración en m/h

R=Radio de pozo interior (m)

t_1 =Tiempo de lectura inicial (h)

t_2 =Tiempo de lectura final (h)

ln=Logaritmo natural

h_1 =Altura inicial del agua (m)

h_2 =Altura final del agua (m)

❖ Área requerida

El área de absorción requerida se calculó en función del volumen de aguas grises a infiltrar por cada vivienda y de acuerdo a la capacidad de infiltración de los suelos. El volumen de aguas residuales se determinó en base al promedio de habitantes por vivienda y a la dotación de agua potable (80 lppd) para un período de diseño de 10 años y posteriormente multiplicada por el factor 0.8 que indica el agua consumida estimada a disponerse en los sistemas de tratamiento de aguas residuales establecido en la norma (INAA, 1985).

- **Consumo doméstico (CD):**

$$CD = \text{Índice poblacional} \times \text{dotación}$$

$$CD = 5.76 \frac{\text{hab}}{\text{vivienda}} \times 80 \text{ lppd} = 460.8 \frac{\text{l}}{\text{día}}/\text{viv}$$

- **Volumen de aguas residuales por vivienda (V_{ar})**

$$V_{ar} = CD \times 80 \%$$

$$V_{ar} = 460.8 \frac{\text{l}}{\text{día}}/\text{viv} \times 80\% = 368.64 \text{ l/día}$$

La tasa de infiltración se determinó en base al tiempo que demora el terreno en absorber 2.5 cm de agua. Se obtuvo una relación de rebajamiento de 2.3 min/ 2.5 cm (tabla 56), por tal razón e interpolando datos de la tabulación que se ubica en la NTON 09-002-99 (tabla 57) se requieren 7.6 m² para infiltrar 1000 litros de agua al día en el punto de prueba.

Tabla 56: Relación de rebajamiento

Tiempo de rebajamiento	Rebajamiento		Relación de rebajamiento
	Cm	Min/ cm	
10	19	0.5	1.3
10	17	0.6	1.5
10	14	0.7	1.8
10	11	0.9	2.3
10	11	0.9	2.3
10	11	0.9	2.3
10	11	0.9	2.3

Fuente: Elaboración propia

Tabla 57: Tasa de infiltración

Tasa de infiltración	Área de infiltración
min/2.5 cm	m ² /1000 l/día
1	4.9
2	7
3	8.5
4	9.8
5	11
10	15.6
15	19.1
20	22
25	24.6
30	26.9
40	31.1
50	34.8
60	38.1

Fuente: (INAA, 1999)

De la relación entre el área de infiltración proporcionada por la norma y el volumen de aguas residuales por vivienda, se determinó que se requiere un área de 2.79 m² para infiltrar el agua residual producida por una vivienda promedio en la comunidad El Jícaro.

Considerando que el área de absorción está dada por las paredes laterales del pozo, se propone un pozo de absorción de 1 × 1 × 1 m.

Tabla 58: Área requerida de absorción

Área requerida para la infiltración de vivienda promedio		
Volumen a infiltrar por vivienda (l)	Área de infiltración según la norma NTON 09-002-99 (m ² /1000 l/día)	Área requerida por vivienda (m ²)
368.64	7.6	2.79

Fuente: Elaboración propia

El proyecto contempla la construcción de 170 pozos de absorción. Las dimensiones se reflejan en el anexo 13, planos típicos hoja 26.

4.7. Presupuesto

El presupuesto se realizó basado en los costos unitarios del FISE y se establecieron el total de costos directos de cada una de las actividades, los costos indirectos y los impuestos correspondientes, de tal manera que, se obtuvo un costo aproximado para la ejecución del proyecto de C\$ 7,680,679.49, como se muestra en el anexo 12.

En la tabla 59 se resumen los costos por cada Etapa.

Tabla 59: Presupuesto por etapas

CÓDIGO	ETAPA	COSTO DIRECTO
310	Preliminares	C\$125,399.58
315	Línea de conducción	C\$1,077,195.62
320	Red de distribución	C\$1,619,897.29
325	Tanque 1	C\$440,552.75
330	Tanque 2	C\$342,193.05
335	Estación de bombeo	C\$455,344.79
340	Instalaciones eléctricas	C\$390,140.50
345	Conexiones domiciliarias	C\$569,528.96
350	Letrinas elevadas	C\$1,000,584.20
355	Pozos de absorción	C\$168,339.27
360	Limpieza y entrega final	C\$24,965.99
A	Costo directo	C\$6,214,141.98
B	Costo indirecto 10 %	C\$621,414.20

C	Utilidades 10%	C\$621,414.20
D	Subtotal	C\$7,456,970.38
E	IVA 3%	C\$223,709.11
F	TOTAL	C\$7,680,679.49

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

❖ Conclusiones

- De las 153 viviendas que forman parte del estudio socioeconómico, el 86 % se encuentran en buenas condiciones y están construidas generalmente con paredes de madera (29 %), ladrillo (31 %) o piedra cantera (25 %), con pisos de tierra o embaldosados. De acuerdo a las encuestas también se dedujo que el 100 % de las familias tienen la capacidad de pagar el servicio ya que cuentan con ingresos fijos superiores a los 1000 córdobas mensuales.
- El caudal que aporta la fuente seleccionada, obtenido a través de una prueba de bombeo de 24 horas de duración es de 3.78 l/s (60 gpm), lo que indica que es suficiente para abastecer a la población de la comunidad durante la vida útil del proyecto, ya que el CMH demandado para el año 2042 es de 3.12 l/s (50.48 gpm).
- En la calidad del agua de la fuente propuesta, los análisis indicaron que todas las concentraciones de los parámetros analizados son inferiores al valor límite permisible por las (Normas de calidad del agua para el consumo humano) y no existe presencia de coliformes por lo que solamente se realizará desinfección con cloro tal como lo recomienda la norma (INAA, 1999).
- La topografía presenta una superficie irregular con elevaciones que varían entre 798 m y 862 m. Estas características del terreno resultaron favorables para la ubicación de los tanques de almacenamiento, garantizando presiones aceptables en todos los puntos. A partir de los datos del levantamiento se generaron 17 planos que sirvieron como referencia para el diseño hidráulico.
- La línea de conducción consta de 2787 ml de tubería SDR 26 de 2"; mientras que, en la red de distribución se calculan 754.27 ml de tubería PVC SDR 26 de 2" y 5,526.19 ml de tubería de 1 ½".
- En la simulación hidráulica en EPANET se observó que en todos los tramos de la red de distribución los valores de velocidad son inferiores a 0.60 m/s recomendado por la norma, las velocidades mínimas encontradas son de 0.01 m/s y 0.07 m/s localizadas al final de los tramos 3 y 8 respectivamente, esto

debido al escaso caudal demandado y a la tubería de 1 ½" utilizada; en cuanto a las presiones todas se encuentran en el rango establecido por la norma (MIFIC, 2019) con una presión mínima de 5.51 m y máxima 38.72 m, presión estática máxima 48.21 m.

- Se incluyen válvulas de limpieza en el diseño de la red de distribución y parte de la línea de conducción dado que las velocidades son inferiores al valor mínimo establecido en la norma.
- Se instalarán 182 conexiones domiciliarias con su medidor de flujo, 170 pozos de absorción rellenos con piedra bolón. Para la eliminación de excretas, se adoptó un diseño tradicional del FISE de una letrina elevada. Estas letrinas se construirán en 74 viviendas respetando los criterios técnicos de ubicación indicados en la norma (INAA, 1999).
- Para la ejecución del mini acueducto (MABE) y la construcción de las letrinas sanitarias la municipalidad deberá invertir un estimado de C\$ 7,680,679.49.

❖ **Recomendaciones**

- La UMAS deberá capacitar al CAPS de la comunidad en cuanto a la administración, uso, operación y mantenimiento del sistema de agua potable.
- Se recomienda que se realicen análisis físico-químicos periódicos debido a la ubicación de extensos plantíos de tabaco, con el fin de garantizar la calidad del agua y descartar la presencia de sustancias nocivas para la salud.
- Debido a las velocidades bajas en algunos tramos, se recomienda realizar limpiezas permanentes en la tubería por medio de válvulas de limpieza para evitar que los sedimentos acumulados disminuyan el área de circulación del agua.
- Prevenir la contaminación del pozo por la instrucción de materias extrañas y líquidos contaminantes como agua de escorrentía, aguas residuales o provenientes de actividades agrícolas.
- Evitar la construcción de letrinas en las cercanías del pozo a una distancia de 50 metros a la redonda, la perforación de pozos privados con fines de riego en una distancia de al menos 500 m y la construcción de fábricas e industrias contaminantes sin el debido estudio de impacto ambiental.
- Reforestar el sitio de ubicación del pozo con árboles y pastos nativos de rápido crecimiento.
- Una vez construido el sistema de abastecimiento de agua potable se deberá concientizar a la población para su uso racional.
- El CAPS en coordinación con la Unidad de Agua y Saneamiento de la Alcaldía municipal y de acuerdo con los beneficiarios deberá establecer la tarifa del servicio, así mismo, garantizar el pago, lo cual servirá para costear los gastos de operación y mantenimiento del sistema durante su período de diseño.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre M, F. (2015). Abastecimiento de agua potable para comunidades rurales. Machala, Ecuador: UTMACH.
- Alcaldía Municipal de Estelí. (2000). Estelí Caracterización. Estelí, Nicaragua.
- Beltrán, Á. (2012). Costo y Presupuesto. México: Instituto Tecnológico de Tepic.
- Cátedra de Ingeniería Rural. (2015). El golpe de ariete. España.
- CENEPRED. (2016). Guía para elaborar el estudio socioeconómico, cultural y ambiental . Lima, Perú: CENEPRED.
- Comisión Federal de Electricidad. (2012). Manejo y Análisis de Datos de Pruebas Hidráulicas en Pozos para Abastecimiento de Agua. México.
- Comité Coordinador Regional de Instituciones de Agua Potable y Saneamiento de Centro América, Panamá y República Dominicana. (1993). Normas CAPRE (Primera ed.). San José, Costa Rica .
- CONAGUA. (2007). Diseño, Construcción y operación de tanques de regulación para el abastecimiento de agua potable. México, D.F: CONAGUA.
- CONAGUA. (2016). Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. México, D.F.: CONAGUA.
- CONAGUA. (2019). Datos Básicos para Proyectos de Agua Potable y Alcantarillado. México, D.F.: CONAGUA.
- CONAGUA. (2019). Estudios técnicos para Proyectos de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. México, D.F.: Comisión Nacional del Agua.
- Gobierno Regional Autónomo del Atlántico Norte y Sur. (2012). Menú de Opciones Tecnológicas Para el Abastecimiento de Agua Potable en el Caribe. Nicaragua.
- INAA. (1985). Guías Técnicas para el Diseño de Alcantarillado Sanitario y Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales. Managua: INAA.
- INAA. (1999). Diseño de Abastecimiento de Agua en el Medio Rural y Saneamiento Básico Rural (NTON 09-001-99). Managua: INNA.
- INIFOM. (2016). Manual de presupuesto de obras municipales. Managua, Nicaragua: INIFOM.

- MIFIC. (2015). Norma de criterios técnicos para el diseño de sistemas de saneamiento en el medio rural y peri urbano. Managua, Nicaragua.
- MIFIC. (2019). NTON 09-007-19. Managua: ANA.
- Miranda Soberón , U. E., & Acosta E, Z. (2009). Fuentes de Información para la Recolección de Información Cuantitativa y Cualitativa. Ica, Perú.
- MTI. (2008). Manual para la Revisión de Costos y Presupuestos. Managua : MTI.
- OMS. (2018). GUÍAS PARA EL SANEAMIENTO Y LA SALUD. OMS.
- OPS & OMS . (2015). Boletín Informativo El Agua .
- OPS. (2002). Guía para la Vigilancia y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano. Lima, Perú: OPS.
- OPS. (2005). Guía para Diseño de Estaciones de Bombeo de Agua Potable. Lima, Perú: OPS.
- Ortiz Masek, G. A. (2006). El Golpe de Ariete en Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable. Ciudad de Guatemala.
- SNIP. (2016). Metodología de Preinversión para Proyectos de Agua Potable y Saneamiento . Managua: Ministerio de Hacienda y Crédito Público .
- Soriano Vásquez, E. A. (2021). Informe final del proyecto: Construcción, mejoramiento de sistemas de agua potable El Regadío II Etapa y El Carrizo (Se ejecuta comunidad El Júcaro).
- UNI. (2014). Topografía I. Estelí: UNI.
- UNICEF- WHO. (2017). JMP: Progreso en materia de agua potable, saneamiento e higiene. Ginebra.

ANEXOS

Anexo 1: Encuesta socioeconómica



Formato de la encuesta socioeconómica de la comunidad El Jícaro, municipio de Estelí, departamento Estelí.

ENCUESTA SOCIOECONÓMICA Y DE HIGIENE A NIVEL COMUNITARIO.

Departamento: _____ Municipio: _____ Comunidad: _____
Fecha: _____ ¿Quién es el responsable del hogar?
Padre _____ Madre _____ Otros _____ Nombre de la persona
encuestada _____

I. Datos personales: (Iniciar con el responsable del hogar)

Nombres y Apellido	Parentesco	Sexo		Edad					Nivel Escolar					Ocupación	
		F	M	0-5	6-15	16-25	36-35	+ 66	I	P	P	S	T		U

II. Condiciones de la vivienda: (Marcar con un x)

- La vivienda es: Propia Prestada Alquilada
- Las paredes son: Bloque Ladrillo Madera Otros
- El piso es: Embaldosado Tierra Ladrillo Otros
- Es techo es: Zinc Tejas Madera Palmas
 Otros
- Resumen del estado de la vivienda: Buena Regular Mala

III. Situación económica de la familia:

- ¿Cuántos miembros de la familia trabajan? Hombres: _____ Mujeres: _____
- ¿Dónde trabajan?
 - Dentro de la comunidad: H _____ M _____ Total _____

- b) Fuera de la comunidad: H _____ M _____ Total _____
3. ¿Cuál es el ingreso económico total del miembro de la familia que trabajan y aportan al gasto del hogar al mes? C\$_____
4. ¿Tiene el servicio de energía eléctrica en su hogar?
- Sí No ¿Por qué? _____
5. ¿Tipos de cultivos qué realizan?
- a) Arroz b) Frijoles c) Maíz d) Otros

IV. Situación de saneamiento e higiene ambiental de la vivienda: (Observar)

Excretas

1. ¿Tienen Letrinas? Sí No
2. ¿Hacen uso de la letrina Sí No
3. ¿En qué estado se encuentra? Buena Mala (Verificar)
- Regular
4. ¿Estaría dispuesto/a en construir su letrina? Sí No
5. En temporada de invierno la letrina se llena de agua: Sí No
6. La letrina en uso tiene: Tapa Tubo de ventilación Papelera
7. ¿Dónde está instalada su opción de saneamiento?
- Dentro de la vivienda Fuera de la vivienda
8. Número de familias que comparten esta opción de saneamiento _____

V. Desechos sólidos:

1. ¿Qué hacen con la basura? (ver alrededor de la casa)
- La entierra La botan en el patio La quema Otros
- Especifique _____
2. ¿Qué hacen con las aguas servidas de la casa?
- Las riegan Las dejan correr Otros

VI. Abastecimiento de agua:

1. ¿Qué tipo de sistema suministra el agua a su vivienda?

2. ¿Desinfecta el agua de tomar?

Sí ¿Con que? _____

No ¿Por qué? _____

3. Si no recibe el agua a través de la red de distribución ¿cómo transporta el agua para el consumo humano?

Acarreo Compra de botellones de agua pura Otros

Especifique _____

4. ¿Le gustaría tener el servicio de agua potable en el hogar? Sí No

5. ¿Estaría dispuesto usted a pagar por este servicio? Sí No

6. ¿En que almacena el agua? Barriles Pilas Galones

Otros Especifique _____

7. ¿Los recipientes en que almacena el agua los mantiene? (verificar)

Tapados Destapados Como _____

8. La calidad del agua que consume en el hogar la considera:

Buena Regular Mala

9. ¿Qué condiciones tiene el agua que consume?

Mal Olor Mal Sabor Mal Color

VII. Situación de la salud en la vivienda:

1. Enfermedades más comunes padecidas por los miembros del hogar

Nombre	Grupos de edades				Diarrea	Dolor de estómago	Fiebre
	0-5	6 – 15	16 – 25	+26			

2. ¿Están vacunados los niños y niñas que habitan en el hogar? Sí No

3. Las personas que habitan en esta vivienda practican hábitos de higiene como:

a) Lavado de manos antes de preparar, ingerir cualquier alimento.

Sí No

¿Lavado de manos después de hacer uso de la letrina? Sí No

¿Por qué? _____

VIII. Organización comunitaria:

1. ¿Los miembros de este hogar pertenecen a alguna organización?

Si ¿Qué tipo? Productivo Social. Religioso Otros

No ¿Por qué? _____

2. Las personas de este hogar participarían de forma organizada, en la construcción de un proyecto de agua potable y saneamiento para su comunidad.

Sí. No ¿Por qué? _____

Anexo 2: Sistema de abastecimiento de agua y disposición de excretas actual

Ilustración 59: Sistema de abastecimiento actual



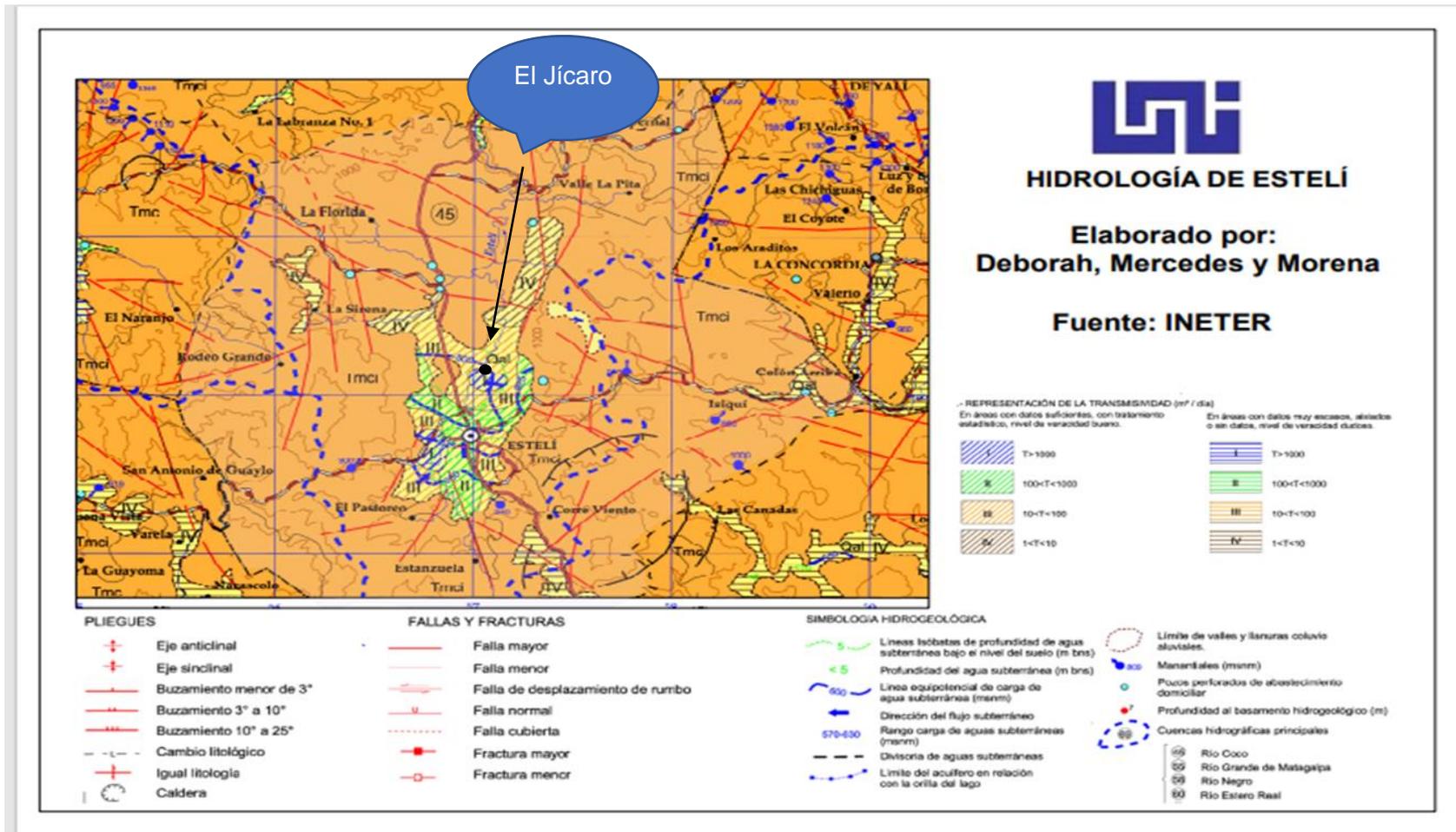
Ilustración 60: Sistema de disposición de excretas actual



Ilustración 61: Fuente de abastecimiento superficial



Anexo 3: Hidrología de Estelí



Fuente: Elaboración propia

Anexo 4: Prueba de bombeo



CONSTRUCCIONES Y PERFORACIONES SOCIEDAD ANONIMA CONSPERSA

"NUEVA DIMENSIÓN EN CONSTRUCCIÓN Y PERFORACIÓN TU MEJOR ELECCIÓN"



PROYECTO DE PERFORACIÓN DE POZO. DATOS DE PRUEBA DE BOMBEO CONTINUA.

Fecha:	07/06/2021	Unidad impulsora:	Bomba eléctrica BRUNELL	T. Agua:	
Localidad:	EL JICARO.	Pozo No.:	PPNo -1	Hora inicio:	09:00 a.m.
Municipio:	ESTELI			Hora final:	09:00:AM
Longitud de columna:	220 pies			Díametro revestim.:	6" PVC
Díametro del orificio descarga:	1 1/2"			Díametro descarga:	1 1/2"
Profundidad del pozo:	250 pies	Compañía perforadora:	CONSPERSA		
Nivel estático del agua:	2.20 MTS	Descripción lugar de medida:			
Equipo de bombeo:	Planta electrica marca MILLER de 16000 watt		Motor Franklin Electric 5 HP		

Hora	Tiempo de Bombeo (minutos)	Prof. Niv. Freatico (Mts)	Descenso (MTS)	Caudal (gpm)	CE (uS/cm)	Recuperación		
						T(°C), pH	Eh (mv)	Tiempo (minutos)
	0	2.20	0.00 mts	40	6.06		0	33.57
	1	9.10	6.90	40	6.06		1	23.75
	2	13.95	4.85	40	6.06		2	17.90
	3	14.35	0.40	40	6.06		3	16.48
	4	14.95	0.60	40	6.06		4	15.23
	5	15.50	0.55	40	6.06		5	13.71
	6	16.05	0.55	40	6.06		6	12.18
	7	16.99	0.94	40	6.06		7	10.66
	8	17.32	0.33	40	6.06		8	9.83
	9	17.63	0.31	40	6.06		9	9.13
	10	18.10	0.47	40	6.06		10	8.14
	12	18.46	0.36	40	6.06		12	7.61
	14	18.89	0.43	40	6.06		14	6.62
	16	19.35	0.46	40	6.06		16	6.09
	18	19.77	0.42	40	6.06		18	5.43
	20	19.79	0.02	40	6.06		20	4.89
	25	19.84	0.05	40	6.06		25	4.56
	30	19.92	0.08	40	6.06		30	3.94
	35	20.05	0.13	40	6.06		35	3.76
	40	20.15	0.10	40	6.06		40	3.60
	45	20.40	0.25	40	6.06		45	3.47
	50	20.90	0.50	40	6.06		50	3.34
	55	21.40	0.50	40	6.06		55	3.05
1 HORA	60	22.02	0.62	40	6.06		60	2.45
	70	22.32	0.30	60	13.63			
	80	22.41	0.09	60	13.63			
	90	22.50	0.09	60	13.63			
	100	22.62	0.12	60	13.63			
2 HORAS	120	22.74	0.12	60	13.63			
	140	22.86	0.12	60	13.63			
	160	22.98	0.12	60	13.63			
3 HORAS	180	23.12	0.14	60	13.63			
	210	23.31	0.19	60	13.63			
4 HORAS	240	23.44	0.13	60	13.63			
	270	32.01	8.57	60	13.63			
5 HORAS	300	32.55	0.54	60	13.63			
	330	32.80	0.25	60	13.63			
6 HORAS	360	32.95	0.15	60	13.63			
	390	33.41	0.46	60	13.63			
7 HORAS	420	33.27	(0.14)	60	13.63			

Dir.: Entrada Principal al Sector XIX 50 Vrs. Al Oeste, Bo. Los Maestros
Somoto, Madriz

Teléfonos: 27220279 Cel. 86029594
Email: edgardo.2008@yahoo.com

Edgardo Jovine





**CONSTRUCCIONES Y PERFORACIONES SOCIEDAD ANONIMA
CONSPERSA**

"NUEVA DIMENSIÓN EN CONSTRUCCIÓN Y PERFORACIÓN TU MEJOR ELECCIÓN"



	450	33.36	0.09	60	13.63		
8 HORAS	480	33.46	0.10	60	13.63		
	510	33.53	0.07	60	13.63		
9 HORAS	540	33.53	-	60	13.63		
	570	33.53	-	60	13.63		
10 HORAS	600	33.53	-	60	13.63		
	630	33.53	-	60	13.63		
11 HORAS	660	33.53	-	60	13.63		
	690	33.53	-	60	13.63		
12 HORAS	720	33.53	-	60	13.63		
	750	33.54	0.01	60	13.63		
13 HORAS	780	33.54	-	60	13.63		
	810	33.54	-	60	13.63		
14 HORAS	840	33.54	-	60	13.63		
	870	33.54	-	60	13.63		
15 HORAS	900	33.54	-	60	13.63		
	930	33.54	-	60	13.63		
16 HORAS	960	33.55	0.01	60	13.63		
	990	33.55	-	60	13.63		
17 HORAS	1020	33.55	-	60	13.63		
	1050	33.55	-	60	13.63		
18 HORAS	1080	33.55	-	60	13.63		
	1110	33.55	-	60	13.63		
19 HORAS	1140	33.55	-	60	13.63		
	1170	33.56	0.01	60	13.63		
20 HORAS	1200	33.56	-	60	13.63		
	1230	33.56	-	60	13.63		
21 HORAS	1260	33.56	-	60	13.63		
	1290	33.56	-	60	13.63		
22 HORAS	1320	33.57	0.01	60	13.63		
	1350	33.57	-	60	13.63		
23 HORAS	1380	33.57	-	60	13.63		
	1410	33.57	-	60	13.63		
24 HORAS	1440	33.57	-	60	13.63	31.37	

Dir.: Entrada Principal al Sector XIX 50 Vrs. Al Oeste, Bo. Los Maestros
Somoto, Madriz

Teléfonos: 27220279 Cel. 86029594
Email: edgardo.2008@yahoo.com

Edgardo Domínguez





CONSTRUCCIONES Y PERFORACIONES SOCIEDAD ANONIMA CONSPERSA

“NUEVA DIMENSIÓN EN CONSTRUCCIÓN Y PERFORACIÓN TU MEJOR ELECCIÓN”



POZO COMUNIDAD EL JICARO, MUNICIPIO DE ESTELI- DEPARTAMENTO DE ESTELI.

CURVA TIPO DEL POZO

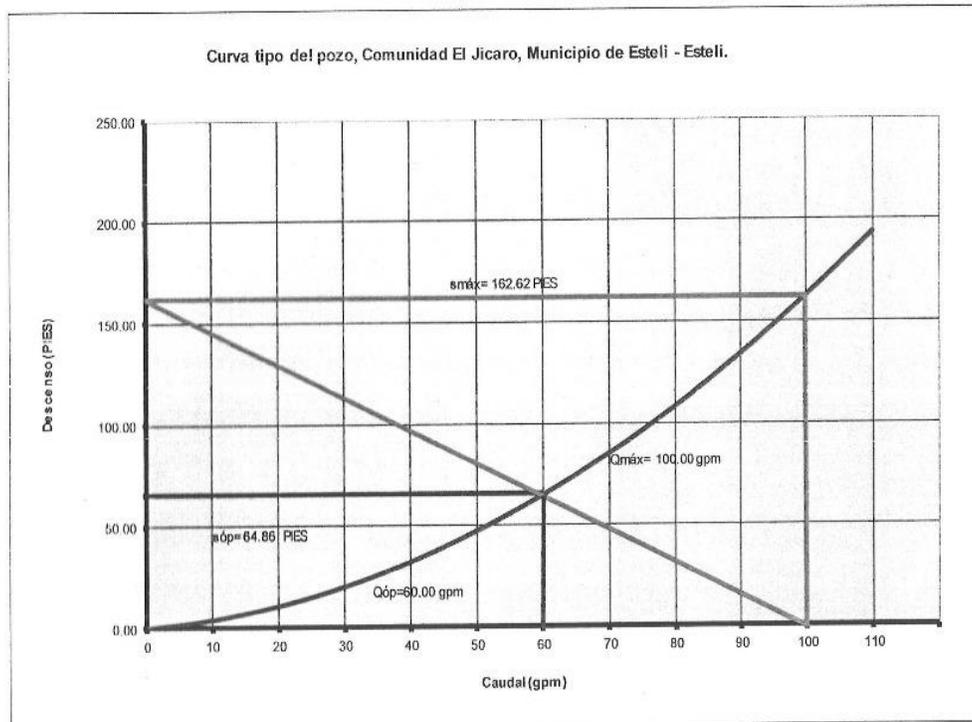
$$s = 0.2632Q + 0.01363Q^2$$

ESPESOR SATURADO = PROFUNDIDAD DEL POZO (76.22 MTS) - NEA (7.21 MTS)

ESPESOR SATURADO = 69.01 MTS)

Caudal (gpm)	Descenso (PIES)
0	0.00
10	4.00
20	10.72
30	20.16
40	32.34
50	47.24
60	64.86
70	85.21
80	108.29
90	134.09
100	162.62
110	193.88

El caudal óptimo de explotación recomendado a largo es de 60.00 gpm, para obtener un descenso de 64.86 pies.



Dir.: Entrada Principal al Sector XIX 50 Vrs. Al Oeste, Bo. Los Maestros
Somoto, Madriz

Teléfonos: 27220279 Cel. 86029594
Email: edgardo.2008@yahoo.com

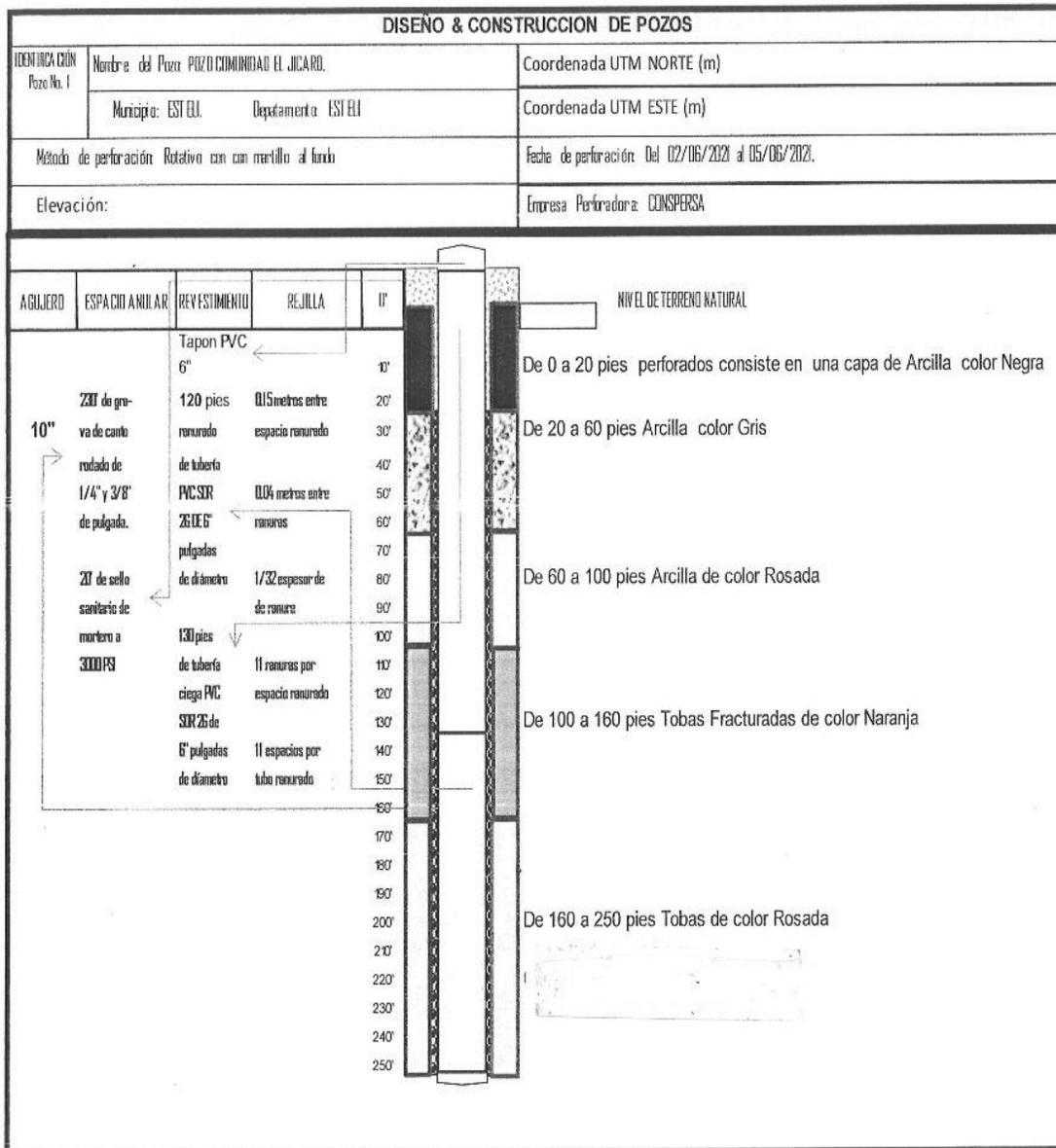
Edgardo Somoto





CONSTRUCCIONES Y PERFORACIONES SOCIEDAD ANONIMA CONSPERSA

"NUEVA DIMENSIÓN EN CONSTRUCCIÓN Y PERFORACIÓN TU MEJOR ELECCIÓN"



Dir.: Entrada Principal al Sector XIX 50 Vrs. Al Oeste, Bo. Los Maestros
Somoto, Madriz

Teléfonos: 27220279 Cel. 86029594
Email: edgardo.2008@yahoo.com

Edgardo Somoto



Anexo 5: Resultados del análisis físico-químico



Universidad Nacional de Ingeniería
 Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo
 Programa de Investigación, Estudios Nacionales y Servicios del Ambiente
 Managua, Nicaragua



LABORATORIOS AMBIENTALES

CERTIFICADO DE ENSAYOS

FQAN-2106-0104
FTP-7.8.2.1

CLIENTE		DIRECCIÓN		TELEFONO
Proyecto Construcción, Mejoramiento de Sistemas de agua potable El Regadio II Etapa y El Carrizo		Comunidad El Jícaro		NR
ATENCIÓN		CARGO	EMAIL	CELULAR
Ing. Arq. Ricardo Araúz		Gerente	sinarsa@hotmail.com	8433-4381
DATOS DE LA MUESTRA			CONTROL DEL LABORATORIO	
Fecha y Hora de recolección	07/06/2021; 5:30 p.m.		Ingreso de muestra	08/06/2021
Fuente	Regadio II Etapa y El Carrizo		Inicio de análisis	08/06/2021
Tipo de muestra	Agua Subterránea		Finalización de análisis	18/06/2021
Ubicación de la fuente	Comunidad El Jícaro		Emisión del certificado	23/06/2021
Coordenadas	UTM 567553; 1455170		No. Cadena de custodia	4666
Recolectada por	Cristian Arancibia		Código de muestra	LA-2106-0770
Supervisor en campo	Ing. Jorge Lazo		Muestra No.	Uno (01)
				Rango o valor máximo permisible recomendado
METODO SM // EPA// HACH	ENSAYO REALIZADO	UNIDAD	RESULTADOS	Norma CAPRE*
Visual	Aspecto	NE	Clara	NE
4500-B	Potencial de Hidrógeno	pH	7.11	6.5 - 8.5**
2510-B	Conductividad Eléctrica	µS/cm	228.00	400**
2130-B	Turbiedad	UNT	0.249	5
2120-C	Color Verdadero	mg/L (Pt-Co)	<1.00	15
2320-B	Alcalinidad	mg/L CaCO ₃	117.40	NE
2320-B	Carbonatos	mg/L CaCO ₃	<0.40	NE
2320-B	Bicarbonatos	mg/L CaCO ₃	117.40	NE
4500-B	Nitratos	mg/L	1.01	50
4500-B	Nitritos	mg/L	<0.003	0.1
4500-D	Cloruros	mg/L	6.67	250
3500-B	Hierro Total	mg/L	<0.006	0.3
4500-E	Sulfatos	mg/L	<1.00	250
2340-C	Dureza Total	mg/L CaCO ₃	84.40	400**
2340-C	Dureza Cálcica	mg/L CaCO ₃	61.00	NE
3500-B	Calcio	mg/L	24.45	100**
8149	Manganeso	mg/L	<0.006	0.5
3500-X	Sodio	mg/L	12.88	200
3500-C	Potasio	mg/L	3.19	10
4500-F	Flúor	mg/L	0.067	0.7

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: s: menor al Límite de Detección que se especifica por parámetro, NE= No especificada en la Norma, NR= No Reporta. **Metodos, Normas y/o Decreto empleados:** SM = Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater 23 RD 2017, HACH: Metodología HACH 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.

001249

Dirección: (505) 22781462 • Área Académica 2270-5613 y 8886-6702 (M); Atención al Cliente: 2270-1517 y 8152-7314 (M)
 Coordinación de Laboratorios 8100-0421 (M) • e-mail: atencion.cliente@piensa.uni.edu.ni, infopiensa@uni.edu.ni • Web: www.piensa.uni.edu.ni



LABORATORIOS AMBIENTALES

CERTIFICADO DE ENSAYOS

MP-2106-0121
FTP-7.6.2.1

CLIENTE Proyecto Construcción, Mejoramiento de sistemas de agua potable El Regadio II etapa y El Carrizo		DIRECCIÓN Comunidad El Jicaró		TELÉFONO NR
ATENCIÓN Ing. Arq. Ricardo Arauz		CARGO Gerente	EMAIL sinarsa@hotmail.com	CELULAR 8433-4381
DATOS DE LA MUESTRA		CONTROL DEL LABORATORIO		
Fecha y Hora de recolección	07/06/2021; 5:30 pm	Fecha de	Ingreso de muestra	08/06/2021
Fuente	Regadio II Etapa y El Carrizo		Inicio de análisis	14/06/2021
Tipo de muestra	Agua Subterránea		Finalización de análisis	30/06/2021
Ubicación de la fuente	Comunidad El Jicaró		Emisión del certificado	30/06/2021
Coordenadas	UTM 567553; 1455170	No. Cadona de custodia	4686	
Recolectada por	Cristian Arancibia	Código de muestra	LA-2106-0770	
Supervisor en campo	Ing. Jorge Lazo	Muestra No.	Uno (01)	
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO	UNIDAD	RESULTADOS	Norma CAPRE*
G.H	Arsénico	mg/L	0.003	0.01
3500-B	Plomo	mg/L	0.01	0.01
EPA 507,508	Pesticidas	µg/L	ND	NE

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: s menor al Límite de Detección que se especifica por parámetro, NE= No especificada en la Norma, NR= No Reporta
Metodos, 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 ARSENIATOR
 ND: No Detectado, no se encontró Pesticidas.

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. Maria Lidia Gómez
 Coordinadora de Laboratorios Ambientales PIENSA UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confiabilidad e imparcialidad del informe.

0 0 1 2 5 1

Anexo 6: Resultados del análisis bacteriológico



Universidad Nacional de Ingeniería
Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo
Programa de Investigación, Estudios Nacionales y Servicios del Ambiente
Managua, Nicaragua



LABORATORIOS AMBIENTALES

CERTIFICADO DE ENSAYOS

MB-2106-0101
FTP-7.8.2.1

CLIENTE		DIRECCIÓN		TELÉFONO
Proyecto de Construcción, mejoramiento de sistemas de agua potable El Regadio II Etapa y El Carrizo		Comunidad El Jicaró		NR
ATENCIÓN		CARGO	EMAIL	CELULAR
Ing. Arq. Ricardo Araúz		Gerente	sinarsa@hotmail.com	8433-4381
DATOS DE LA MUESTRA			CONTROL DEL LABORATORIO	
Fecha y Hora de recolección	07/06/21 ; 05:30 pm		Ingreso de muestra	08/06/2021
Fuente	Regadio II Etapa y El Carrizo		Inicio de análisis	08/06/2021
Tipo de muestra	Agua Subterránea		Finalización de análisis	10/06/2021
Ubicación de la fuente	Comunidad El Jicaró		Emisión del certificado	18/06/2021
Coordenadas	UTM 567553 ; 1455170		No. Cadena de custodia	4686
Recolectada por	Cristhian Arancibia		Código de muestra	LA-2106-0770
Supervisor en campo	Ing. Jorge Lazo		Muestra No.	Uno (01)
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO	UNIDAD	RESULTADOS	Norma CAPRE*
9221-B	Coliforme Total	NMP/100mL	Negativo	Negativo
9221-E	Coliforme Fecal	NMP/100mL	Negativo	Negativo
9221-F	E. coli	NMP/100mL	Negativo	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: s menor al Límite de Detección que se especifica por parámetro, NR= No Reporta

Metodos, 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

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

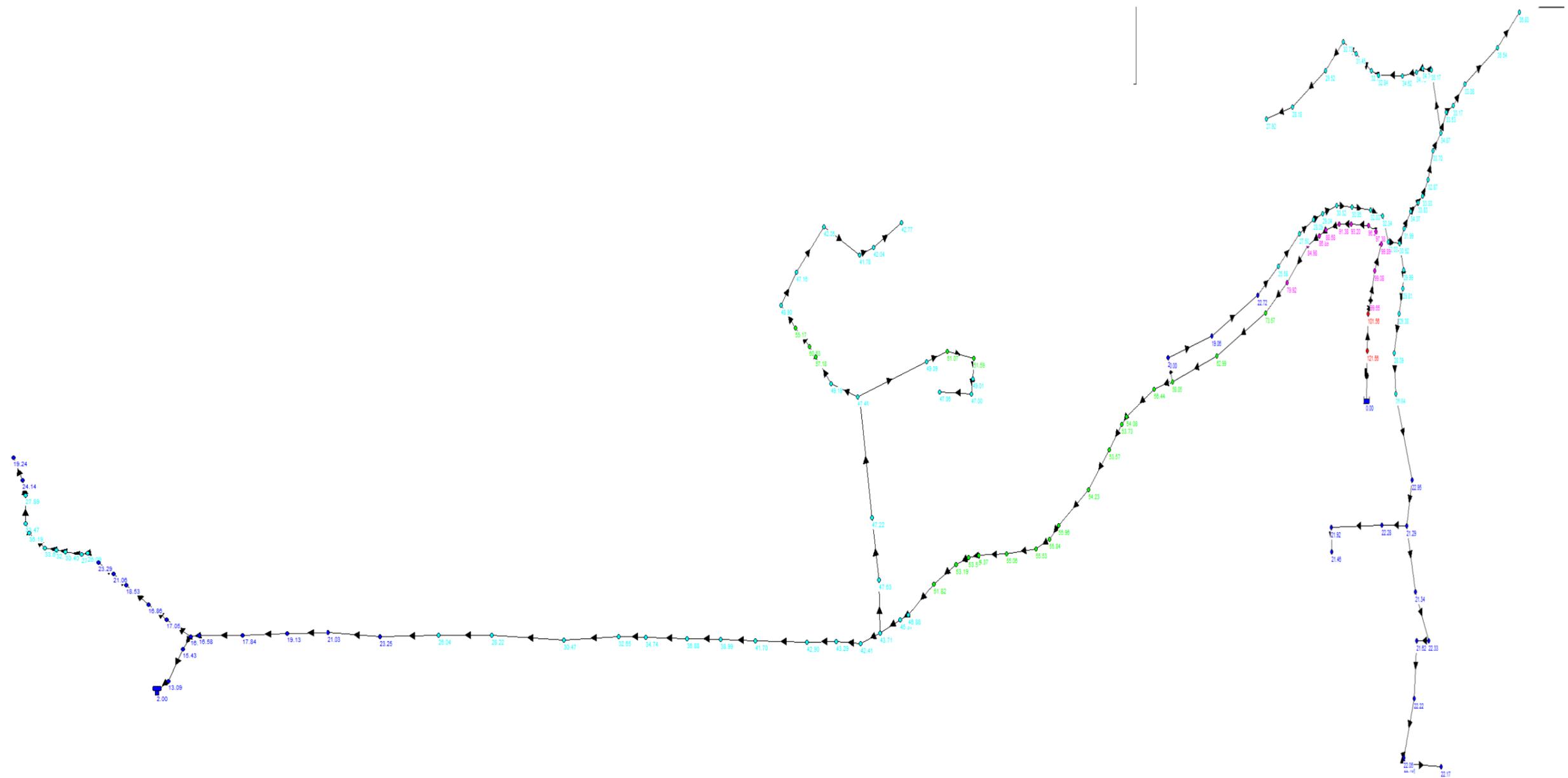
Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.

001250

Dirección: (505) 22781462 • Área Académica 2270-5613 y 8886-6702 (M); Atención al Cliente: 2270-1517 y 8152-7314 (M)
Coordinación de Laboratorios 8100-0421 (M) • e-mail: atencion.cliente@piensa.uni.edu.ni, infopiensa@uni.edu.ni • Web: www.piensa.uni.edu.ni

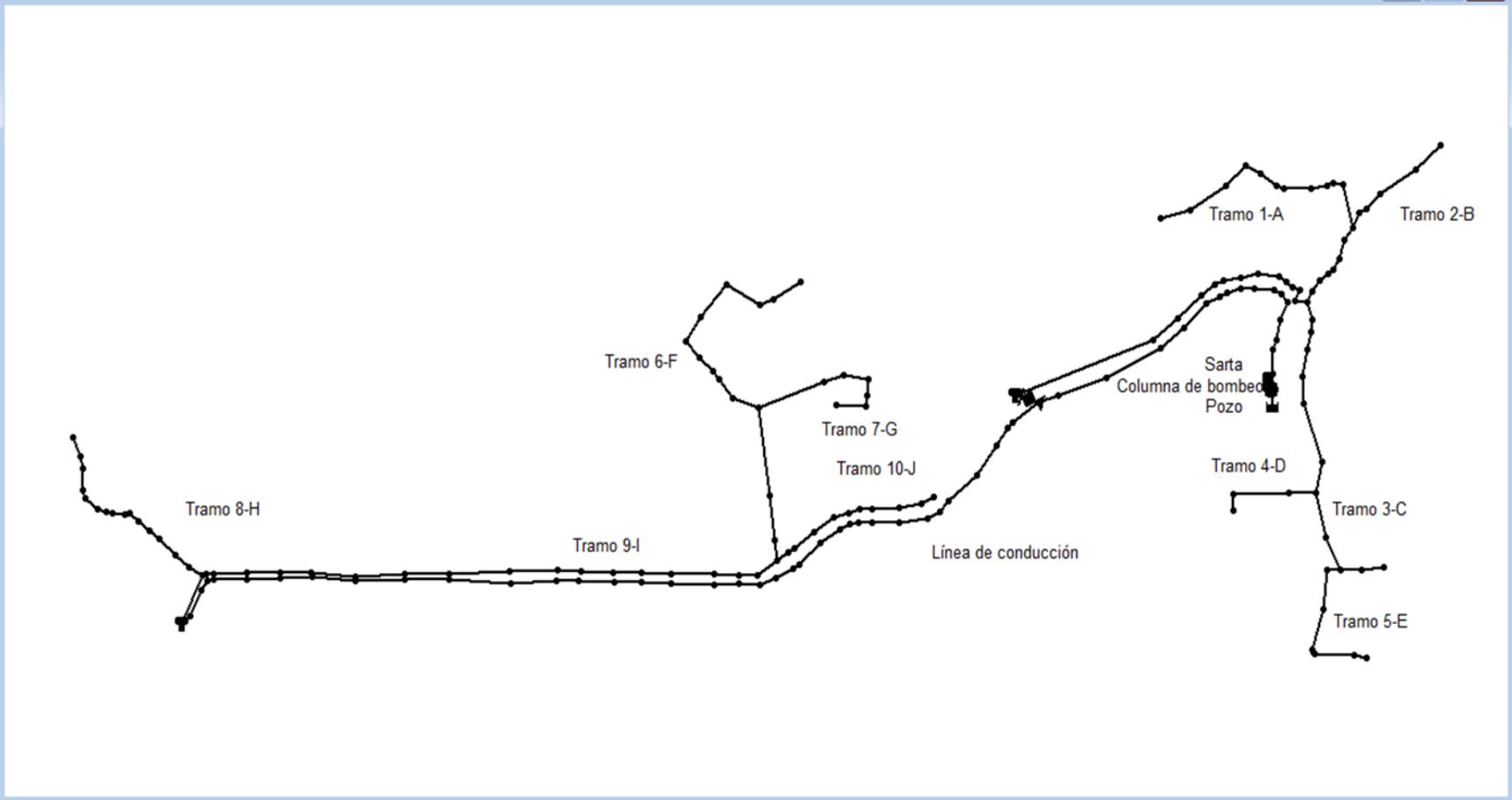
Anexo 7: Esquema del sistema

Ilustración 62: Sistema fuente-red-tanque



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 63: Sistema fuente-tanque-red



Fuente: Elaboración propia

Anexo 8: Diámetros comerciales de tubería PVC

Pulg	Ø Nominal (mm)	*SCH-40 (ASTM-1785)	SDR-17 (250 psl) (ASTM-2241)	SDR-26 (160 psl) (ASTM-2241)	SDR-32.5 (125 psl) (ASTM-2241)	SDR-41 (100 psl) (ASTM-2241)
1/2"	12	15.8/21.3				
3/4"	18	20.9/36.7	23.5/26.7			
1"	25	26.6/33.4	29.5/33.4	30.4/33.4		
1 ¼"	31	35.0/42.2	37.2/42.2	38.9/42.2	39.1/42.2	39.8/42.2
1 ½"	38	40.9/48.3	42.6/48.3	44.6/48.3	45.3/48.3	45.9/48.3
2"	50	52.5/60.3	53.2/60.3	55.7/60.3	56.6/60.3	57.4/60.3
2 ½"	62	62.7/73.0	64.4/73.0	67.4/73.0	68.5/73.0	69.5/73.0
3"	75	77.9/88.9	78.4/88.9	82.0/88.9	83.4/88.9	84.6/88.9
4"	100	102.3/114.3	100.8/114.3	105.5/114.3	107.3/114.3	108.7/114.3
6"	150	154.1/168.3	148.5/168.3	155.3/168.3	157.9/168.3	160.1/168.3
8"	200		193.3/219.1	202.2/219.1	205.6/219.1	208.4/219.1
10"	250		240.9/273.1	252.1/273.1	256.2/273.1	259.8/273.0
12"	300		285.8/323.9	299.0/323.9	303.9/323.9	308.1/323.8
15"	375			358.7/388.6	364.7/388.6	369.7/388.6
18"	450			422.0/457.2	429.1/457.2	434.9/457.2

Fuente: ASTM 2241

Anexo 9: Diámetros comerciales de tubería HG

CEDULA 40

Diámetro Nominal	Diámetro Exterior		Espesor de Pared		Peso	
	Pulgadas	Milímetros	Pulgadas	Milímetros	Kg/m	Kg/tramo 6.40
1/2	0.840	21.30	0.109	2.77	1.27	8.13
3/4	1.050	26.70	0.113	2.87	1.68	10.75
1	1.315	33.40	0.133	3.38	2.50	16.00
1 1/4	1.660	42.20	0.140	3.56	3.39	21.70
1 1/2	1.900	48.30	0.145	3.68	4.05	25.92
2	2.375	60.30	0.154	3.91	5.44	34.82
2 1/2	2.875	73.00	0.203	5.16	8.63	55.23
3	3.500	88.90	0.216	5.49	11.29	72.26
4	4.500	114.30	0.237	6.02	16.07	102.85

Fuente: Catálogo de fabricación

Anexo 10: Pérdidas locales

Pieza o accesorio	K
Compuerta abierta	1
Codo 90°	0.90
Codo 45°	0.40
Curva de 90°	0.40
Curva de 45°	0.20
Curva de 22.30°	0.10
Rejilla	0.75
Boquillas	2.75
Válvula de angula abierta	5.00
Válvula de compuerta abierta	0.20
Válvula tipo globo abierta	10.0
Salida de tubo	1.00
Entrada normal de tubo	0.50
Entrada de borda	1.00
Válvula de pie	1.75
Válvula de retención	2.50
Ampliación gradual	0.30*
Reducción gradual	0.15*

Accesorios	K	L/D
Válvula esférica (totalmente abierta)	10	350
Válvula en ángulo recto (totalmente abierta)	5	175
Válvula de seguridad (totalmente abierta)	2.5	-
Válvula de retención (totalmente abierta)	2	135
Válvula de compuerta (totalmente abierta)	0.2	13
Válvula de compuerta (abierto ¾)	1.15	35
Válvula de compuerta (abierto ½)	5.6	160
Válvula de compuerta (abierto ¼)	24.0	900
Válvula de mariposa (totalmente abierta)	-	40
"T" por la salida lateral	1.80	67
Codo a 90° de radio corto (con bridas)	0.90	32
Codo a 90° de radio normal (con bridas)	0.75	27
Codo a 90° de radio grande (con bridas)	0.60	20
Codo a 45° de radio corto (con bridas)	0.45	-
Codo a 45° de radio normal (con bridas)	0.40	-
Codo a 45° de radio grande (con bridas)	0.35	-

Tabla 3.2 Valores de k para cálculo de pérdidas locales (Sotelo, 1997)

Elemento	Coefficiente k
Válvulas	
Válvula de globo, completamente abierta	10.00
Válvula en ángulo, completamente abierta	5.00
Válvula check completamente abierta	2.50
Válvula de compuerta, completamente abierta	0.20
Válvula de compuerta, con $\frac{3}{4}$ de apertura	1 a 1.15
Válvula de compuerta, con $\frac{1}{2}$ de apertura	5.60
Válvula de compuerta, con $\frac{1}{4}$ de apertura	24.00
Accesorios	
Codo de radio corto ($r/d = \pm 1$)	0.90
Codo de radio mediano	0.75 a 0.80
Codo de gran radio ($r/d = \pm 1.5$)	0.60
Codo de 45°	0.4 a 0.42
Retorno (curva en U)	2.20
Tee en sentido recto	0.30
Tee a través de la salida lateral	1.80
Unión	0.30
Ye de 45°, en sentido recto	0.30
Ye de 45°, salida lateral	0.80
Entrada recta a tope	0.50
Entrada con boca acampanada	0.10
Entrada con tubo reentrante	0.90
Salida	1.00
Depósito a tubería (pérdida a la entrada)	
Conexión a ras de la pared	0.50
Tubería entrante	1.00
Conexión abocinada	0.05
De tubería a depósito (pérdida a la salida)	1.00
Contracción brusca (ver Tabla 3.3)	k_c
Codos y tees	
Codo de 45°	0.35 – 0.45
Codo de 90°	0.50 – 0.75
Tees	1.50 – 2.00

Anexo 11: Prueba de infiltración

Ilustración 64: Descapote de área de 1 m²



Ilustración 65: Agujero cilíndrico de 30 cm de diámetro



Ilustración 66: Nivel de referencia



Ilustración 67: Profundidad del agujero



Ilustración 68: Llenado del agujero



Ilustración 69: Lectura de datos

Anexo 12: Presupuesto

ETAPA / SUB-ETAPA	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DE LA ETAPA Y SUB ETAPA	UM	CANTIDAD	COSTO/ GUÍA	TRANSPORTE	COSTO TOTAL
310		PREIMINARES	GBL				C\$125,399.58
1		Limpieza inicial	M ²	121.00			C\$2,385.08
	92224	Limpieza manual inicial de predio de pozo	M ²	49.00	C\$17.92	C\$19.71	C\$965.89
		Limpieza manual inicial de predio de tanque 1	M ²	36.00	C\$17.92	C\$19.71	C\$709.63
		Limpieza manual inicial de predio de tanque 2	M ²	36.00	C\$17.92	C\$19.71	C\$709.56
2		Trazo y nivelación					C\$104,511.84
	93599	Trazo de eje de tubería de agua potable (Inc. estacas de madera)	ML	7308.52	C\$13.00	C\$14.30	C\$104,511.84
3		Rótulos					C\$18,502.66
	4277	Rótulo tipo FISE de 1.22m x 2.44m (Estructura metálica & zinc liso)	C/U	1	C\$16,820.60	C\$18,502.66	C\$18,502.66
315		LÍNEA DE CONDUCCIÓN	GBL				C\$1,077,195.62
1		Excavación para tubería					C\$226,259.70

	93227	Excavación manual en terreno natural	M³	2,173.86	C\$94.62	C\$104.08	C\$226,259.70
2		Relleno y compactación					C\$202,273.49
	92226	Relleno y compactación manual	M³	2165.90	C\$84.90	C\$93.39	C\$202,273.49
4		Prueba hidrostática					C\$14,321.56
	93282	Prueba hidrostática (Con bomba manual) en tubería Diám. hasta 4", L=300m	C/U	10	C\$1,301.96	C\$1,432.16	C\$14,321.56
5		Instalación de tubería					C\$96,324.29
	95766	Instalación de tubería de PVC SDR 26 (Solo mano de obra)	ML	2,787.00	C\$31.42	C\$34.56	C\$96,324.29
6		Tubería de 2" de diámetro					C\$444,863.73
	96170	Tubería de PVC Diám. =2" (SDR-26) (No incl. excavación)	ML	2,787.00	C\$145.11	C\$159.62	C\$444,863.73
7		Válvulas y accesorios					C\$93,152.85
	93518	Válvula de aire de hierro fundido de 1"+ válvula +caja de concreto + abrazadera de rosca recta de PVC	C/U	3	5,771.07	C\$6,348.18	C\$19,044.53
	94006	Tee lisa de PVC Diám=2"	C/U	1	185.72	C\$204.29	C\$204.29

	96394	Codo de PVC 2" x 45°	C/U	17	96.58	C\$106.24	C\$1,806.05
	94966	Codo de PVC 2" x 90°	C/U	1	106.49	C\$117.14	C\$117.14
	92203	Válvula limitadora de caudal de hierro fundido Diám.=2"	C/U	1	28855.47	C\$31,741.02	C\$31,741.02
	92469	Válvula check de bronce de 2"	C/U	1	2294.82	C\$2,524.30	C\$2,524.30
	2269	Válvula de pase de gaveta de bronce Diám.=2" (Incluye 1 m de tubería de hierro galvanizado y 4 bloques de reacción) para limpieza	C/U	2	5517.11	C\$6,068.82	C\$12,137.64
	92849	Bloque de reacción de concreto para válvulas de 2"	C/U	6	137.29	C\$151.02	C\$906.11
	92170	Bloque de reacción p/accesorios menores a 6"	C/U	19	114.67	C\$151.02	C\$2,869.36
	3306	Caja de protección de válvulas hecha de tubo de concreto Diám.=8" H=1.2 (No incluye acabados)	C/U	5	565.45	C\$622.00	C\$3,109.98
	3145	Válvula de compuerta de hierro fundido Diám. =2"	C/U	2	8,496.56	C\$9,346.21	C\$18,692.43
320		LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN	GBL				C\$1,619,897.29

1		Excavación para tubería					C\$338,838.37
	92227	Excavación manual en terreno natural	M³	3,255.49	C\$94.62	C\$104.08	C\$338,838.37
2		Relleno y compactación					C\$303,256.93
	92226	Relleno y compactación manual	M³	3247.21	C\$84.90	C\$93.39	C\$303,256.93
3		Prueba hidrostática					C\$21,585.07
	93282	Prueba Hidrostática (Con bomba manual) En tubería Diám. hasta 4", L=300m	C/U	15.07	C\$1,301.96	C\$1,432.16	C\$21,585.07
4		Instalación de tubería	ML	6,280.46			C\$217,065.26
	93613	Instalación de tubería de PVC Diám.=2" SDR 26 (Solo mano de obra)	ML	754.27	C\$31.42	C\$34.56	C\$26,069.08
		Instalación de tubería de PVC Diám.=1 1/2" SDR 26 (Solo mano de obra)	ML	5,526.19	C\$31.42	C\$34.56	C\$190,996.18
5		Tubería de 1 ½" de diámetro					C\$465,940.71
	96166	Tubería de PVC de Diám.=1 ½" SDR-26 (Sin excavación)	ML	5,526.19	C\$76.65	C\$84.32	C\$465,940.71
6		Tubería de 2" de diámetro					C\$120,397.33

	92341	Tubería de PVC de Diám.=2" SDR-26 (Sin excavación)	ML	754.27	C\$145.11	C\$159.62	C\$120,397.33
7		Válvulas y accesorios					C\$74,176.20
	93615	Válvula de aire de hierro fundido de 1" + válvula check de bronce + tee reductor de PVC	C/U	5	2288.6	C\$2,517.46	C\$12,587.30
	94960	Tee reductora lisa de PVC Diám.=2" a 1 1/2"	C/U	2	139.88	C\$153.87	C\$307.74
	96984	Tee lisa de PVC Diám=1/2"	C/U	4	68.68	C\$75.55	C\$302.19
	96394	Codo de PVC 2" x 45°	C/U	17	96.58	C\$106.24	C\$1,806.05
	96999	Codo de PVC 1 1/2" x 45°	C/U	42	58.98	C\$64.88	C\$2,724.88
	96193	Codo de PVC 1 1/2" x 90°	C/U	9	59.22	C\$65.14	C\$586.28
	3148	Válvula de limpieza de bronce Diám. =1 1/2" (Incluye 1 m de tubería de PVC Diám. 4" y 4 bloques de reacción)	C/U	6	2809.25	C\$3,090.18	C\$18,541.05
	92849	Bloque de reacción de concreto para válvulas de 2"	C/U	16	137.29	C\$151.02	C\$2,416.30
	92170	Bloque de reacción p/accesorios menores a 6"	C/U	28	114.67	C\$151.02	C\$4,228.53

	3306	Caja de protección de válvulas hecha de tubo de concreto Diám.=6", H=1.2 (No incluye acabados)	C/U	22	565.45	C\$622.00	C\$13,683.89
	93514	Tapón hembra liso de PVC Diám.=1 1/2	C/U	9	21.63	C\$23.79	C\$214.14
	96072	Válvula de compuerta de bronce Diám. =1 1/2"	C/U	11	C\$1,386.60	C\$1,525.26	C\$16,777.86
8		Cruce de cauce					C\$78,637.41
	4109	Cruce de alcantarilla con tubería redonda de hierro galvanizado Diám. 1 1/2"(Inc. pintura anticorrosiva) (Detalle típico)	ML	12	C\$340.10	C\$374.11	C\$4,489.32
	94236	Excavación manual en terreno natural para cimentación de pase aéreo de tubería	M³	2.92	C\$94.62	C\$104.08	C\$303.50
	92226	Relleno y compactación manual	M³	1.80	C\$84.90	C\$93.39	C\$168.10
	92005	Concreto de 3,000 PSI mezclado con mezcladora (Inc. fundida)	M³	4.31	C\$4,179.13	C\$4,597.04	C\$19,822.45

	95712	Cable de acero con alma de acero Diám. 3/8"	ML	56.00	C\$75.57	C\$83.13	C\$4,655.11
	95150	Cable de acero con alma de acero Diám. 1/2"	ML	50.00	C\$110.99	C\$122.09	C\$6,104.45
	95636	Grillete Diám. 1/2"	C/U	48.00	C\$47.50	C\$52.25	C\$2,508.00
	95637	Grillete Diám. 3/8"	C/U	128.00	C\$35.64	C\$39.20	C\$5,018.11
	95850	Tubería de hierro galvanizado Diám. 1 1/2" (No incluye excavación)	ML	38.00	C\$344.86	C\$379.35	C\$14,415.15
	93353	Hierro (en varillas) corrugado (Grado 40) <=al N° 4	LBS	346.48	C\$25.50	C\$28.05	C\$9,718.65
	94293	Unión de H.G Diám. 1 1/2"	C/U	4.00	C\$333.82	C\$367.20	C\$1,468.81
	95377	Adaptador macho de 1 1/2"	C/U	4.00	C\$30.00	C\$33.00	C\$132.00
	94294	Codo de H.G de 1 1/2" x 45°	C/U	4.00	C\$154.86	C\$170.35	C\$681.38
	96999	Codo de PVC 1 1/2" x45°	C/U	4.00	58.98	C\$64.88	C\$259.51
	92170	Bloque de reacción p/accesorios menores a 6"		4.00	C\$114.67	C\$126.14	C\$504.55
	92236	Pintura anticorrosiva (Inc. 2 manos)	M²	5.77	C\$85.67	C\$94.24	C\$543.38
		Guardacable 3/8"	C/U	64.00	C\$63.00	C\$69.30	C\$4,435.20
		Tensor 25 mm	C/U	4	C\$600.94	C\$661.03	C\$2,644.14

		Guardacable 1/2"	C/U	4.00	C\$87.00	C\$95.70	C\$765.60
325		TANQUE 1	GBL				C\$440,552.75
1		Movimiento de tierra					C\$18,845.96
	94236	Descapote manual	M ³	7.20	C\$120.06	C\$132.07	C\$950.88
	92227	Corte manual del terreno	M ³	28.80	C\$94.62	C\$104.08	C\$2,997.56
	92226	Relleno y compactación manual	M ³	28.80	C\$84.90	C\$93.39	C\$2,689.63
	92011	Acarreo de material selecto a 10 km, carga con equipo (Inc. Derecho de explotación)	M ³	36.00	C\$202.55	C\$222.81	C\$8,020.98
	94390	Botar material de excavación a 0.10 km	M ³	36.00	C\$105.73	C\$116.30	C\$4,186.91
2		Losa de concreto reforzado 1					C\$46,666.01
	92021	Niveleta sencilla L=1.10 m (Inc. Instalación)	C/U	8	C\$136.78	C\$150.46	C\$1,203.66
	92005	Concreto de 3,000 PSI 1:2: 2 ½ (Para losa de tanque de 4.10x4.10x0.20)	M ³	3.5301	C\$4,179.14	C\$4,597.05	C\$16,228.06
	2622	Hierro (en varillas) corrugado (Grado 40) STD TICO No. 5 @ 20 en ambas direcciones	LBS	547.2	C\$27.67	C\$30.44	C\$16,655.13

	92388	Formaleta para losa	M ²	3.36	C\$420.00	C\$462.00	C\$1,552.32
	92137	Fino corriente	M ²	16.81	C\$213.73	C\$235.10	C\$3,952.08
	4792	Escalera de tubo de hierro galvanizado Diám. =1½", peldaños Diám. =1"(Incl. pintura anticorrosiva)	ML	3.50	C\$1,837.60	C\$2,021.36	C\$7,074.76
3		Tanque de almacenamiento	GBL				C\$361,704.68
		Tanque de almacenamiento para agua potable de 22 mil litros de plástico para intemperie	C/U				C\$175,000.00
		Instalación de tanque de almacenamiento y acople a red de distribución y línea de conducción	C/U	1			C\$2,500.00
	96161	Válvula de boya (flotador) de control de nivel de Ho Fo Diám: 2"	C/U	1	C\$6,875.68	C\$7,563.25	C\$175,000.00
	94967	Codo de PVC 3"x90°	C/U	2	198.72	C\$218.59	C\$437.18
	96394	Codo de PVC 2"x90°	C/U	4	106.49	C\$117.14	C\$468.56
	96170	Tubería PVC de 2" SDR 26 (Sin excavación)	ML	6	C\$145.11	C\$159.62	C\$941.76

	96164	Tubería PVC de 3" SDR 26 (Sin excavación)	ML	3	C\$202.84	C\$223.12	C\$557.81
	96571	Reductor liso de PVC de 3"x2"	C/U	1	C\$120.24	C\$132.26	C\$132.26
	96073	Válvula de compuerta de bronce Diám. =2"	C/U	2	C\$3,030.50	C\$3,333.55	C\$6,667.10
4		CERCAS PERIMETRALES					C\$13,336.10
	92066	Cerco (a) de postes de madera con 7 hiladas de alambre de púa cal. 13 con postes a cada 2.50 m (Incluye base de concreto ciclópeo)	ML	22	C\$513.95	C\$565.35	C\$12,437.59
	93056	Puerta de marco de madera (blanca) y forro de alambre de púas cal. # 13½ (no incl. herrajes)	M ²	1	C\$816.83	C\$898.51	C\$898.51
330		TANQUE 2	GBL				C\$342,193.05
1		Movimiento de tierra					C\$13,087.47
	94236	Descapote Manual	M ³	5.00	C\$120.06	C\$132.07	C\$660.33
	92227	Corte manual del terreno	M ³	20.00	C\$94.62	C\$104.08	C\$2,081.64
	92226	Relleno y compactación manual	M ³	20.00	C\$84.90	C\$93.39	C\$1,867.80

	92011	Acarreo de material selecto a 10 km, carga con equipo (Incluye derecho de explotación)	M³	25.00	C\$202.55	C\$222.81	C\$5,570.13
	94390	Botar material de excavación a 0.10 km	M³	25.00	C\$105.73	C\$116.30	C\$2,907.58
2		Losa de concreto reforzado 2					C\$30,686.42
	92021	Niveleta sencilla L=1.10 m (Inc. instalación)	C/U	8	C\$136.78	C\$150.46	C\$1,203.66
	92005	Concreto de 3,000 PSI 1:2: 2 ½ (Para losa de tanque de 3 x3x0.20)	M³	1.89	C\$4,179.14	C\$4,597.05	C\$8,688.43
	2622	Hierro (en varillas) corrugado (Grado 40) STD TICO No. 5 @ 20 en ambas direcciones	LBS	396.72	C\$27.67	C\$30.44	C\$12,074.97
	92388	Formaleta para losa	M²	2.5	C\$420.00	C\$462.00	C\$1,145.76
	92137	Fino corriente	M²	9.00	C\$213.73	C\$235.10	C\$2,115.93
	4792	Escalera de tubo de hierro galvanizado Diám. =1½", peldaños Diám. =1"	ML	2.70	C\$1,837.60	C\$2,021.36	C\$5,457.67
3		Tanque de almacenamiento	GBL				C\$285,083.05

		Tanque de almacenamiento para agua potable de 10 mil litros de plástico para intemperie		1			C\$99,000.00
		Instalación de tanque de almacenamiento y acople a red de distribución y línea de conducción	C/U	1			C\$2,500.00
	96161	Válvula de boya (flotador) de control de nivel de Ho Fo Diám: 2 "	C/U	1	C\$6,875.68	C\$7,563.25	C\$175,000.00
	96394	Codo de PVC 2"x90°	C/U	6	106.49	C\$117.14	C\$702.83
	96170	Tubería PVC de 2" SDR 26 (Sin excavación)	ML	8	C\$145.11	C\$159.62	C\$1,213.12
	96073	Válvula de compuerta de bronce Diám. =2"	C/U	2	C\$3,030.50	C\$3,333.55	C\$6,667.10
4		Cercas perimetrales					C\$13,336.10
	92066	Cerco (a) de postes de madera con 7 hiladas de Alambre de púa cal. 13 con postes a cada 2.50 m (Incluye base de concreto ciclópeo)	ML	22	C\$513.95	C\$565.35	C\$12,437.59

	93056	Puerta de marco de madera (blanca) y forro de alambre de púas cal. # 13½ (no incl. herrajes)	M²	1	C\$816.83	C\$898.51	C\$898.51
335		ESTACIÓN DE BOMBEO					C\$455,344.79
1		Caseta de control					C\$148,428.09
	4275	Caseta de mampostería confinada+ cubierta techo zinc, A=3.95 m x 2.85 m P/ cloración y controles eléctricos	C/U	1	C\$134,934.63	C\$148,428.09	C\$148,428.09
2		Equipos, tubería y accesorios					C\$257,130.77
	2394	Sarta de Ho. Fo. Diám. =2"(Incluye 1 válvula de alivio de Ho. Fo. Diám. =2"+2 válvulas de compuerta de Ho. Fo. + medidor maestro Ho. Fo. Diám=2") P/EQUIPO BOMB	C/U	1	C\$74,833.39	C\$82,316.73	C\$82,316.73
	92009	Concreto de 3000 PSI mezclado a mano (Inc. fundido)	M³	0.28	C\$3,118.33	C\$3,430.16	C\$960.45

	92182	Tubería de concreto sin refuerzo ASTM C-14 con campana Diám. 8" (No incluye excavación)	ML	3.6	C\$265.75	C\$292.33	C\$1,052.37
	4720	Llave de chorro de bronce de ½" C/Pedestal de concreto	C/U	1	C\$846.75	C\$931.43	C\$931.43
	95346	Bomba C/Motor sumergible de 3 HP, Q=30 GPM, CTD=300', 1/60/230	C/U	1	C\$53,559.00	C\$58,914.90	C\$58,914.90
	95973	Bomba C/Motor sumergible de 5 HP, Q=45 GPM, CTD=400', 1/60/230	C/U	1	C\$83,767.50	C\$92,144.25	C\$92,144.25
	93113	Válvula de aire de hierro de Diám=1" Reductor de hierro galvanizado + tee red	C/U	1	C\$8,135.44	C\$8,948.98	C\$8,948.98
	95815	Columna de tubo redondo de Ho. Fo. Diám. =3" m para descarga del equipo de bombeo	ML	31.77	C\$1,192.00	C\$19.71	C\$8,948.98
	92935	Reductor excéntrico de hierro galvanizado de 3" a ojo de bomba	C/U	1	2,647.90	C\$2,912.69	C\$2,912.69
3		Otros tipos de obras					C\$34,188.43

	95749	Bomba dosificadora de cloro de 12 gpm y 150 PSI	C/U	1	C\$27,061.87	C\$29,768.06	C\$29,768.06
	92177	Tubería PVC de 1/2" SDR 13.5 (Sin excavación)	ML	10	C\$23.46	C\$25.81	C\$258.06
	92404	Válvula (o llave) de chorro de bronce Diám. 1/2" para agua potable	C/U	1	C\$616.49	C\$678.14	C\$678.14
	94941	Tubería de Hg de 1/2" con sus accesorios (No incluye excavación)	ML	1	C\$195.57	C\$215.13	C\$215.13
	4121	Repisa lámina de acero de 0.30x0.30x1 1/4". Fijación pared-perno	C/U	1	C\$877.63	C\$965.39	C\$965.39
	93510	Banco de madera roja para hipoclorador	C/U	1	C\$1,120.18	C\$1,232.19	C\$1,232.19
	93156	Tanque dosificador de PVC cap. 50 litros con manguera de hule Diám. 1/4 + flotador	C/U	1	C\$974.06	C\$1,071.47	C\$1,071.47
4		Cercas perimetrales					C\$15,597.48
	92066	Cerco (a) de postes de madera con 7 hiladas de alambre de púa cal. 13 con	ML	26	C\$513.95	C\$565.35	C\$14,698.97

		postes a cada 2.50 m (Incluye base de concreto ciclópeo)					
	93056	Puerta de marco de madera (blanca) y forro de alambre de púas cal. # 13 ½.	M²	1	C\$816.83	C\$898.51	C\$898.51
340		INSTALACIONES ELÉCTRICAS					C\$390,140.50
	93712	Apagador sencillo de 15 AMP/120 V con placa metálica + caja de EMT	C/U	1	C\$264.79	C\$291.27	C\$291.27
	92266	Caja de registro eléctrica de EMT de 4"x4"	C/U	2	C\$296.56	C\$326.22	C\$652.43
	92267	Caja de registro eléctrica de EMT de 2"x4"	C/U	3	C\$204.48	C\$224.93	C\$674.78
	96904	Tubo conduit flexible ½" forrado	ML	12	C\$40.00	C\$44.00	C\$528.00
	92270	Alambre eléctrico de cobre forrado #12 AWG	ML	25	C\$24.77	C\$27.25	C\$681.18
	92543	Alambre eléctrico de cobre forrado #10 AWG	ML	30	C\$39.02	C\$42.92	C\$1,287.66
	92558	Breaker de 1x20 A Culter Hamer o similar	C/U	2	C\$374.68	C\$412.15	C\$824.30

	92535	Breaker de 1x60 A Culter Hamer o similar	C/U	1	C\$1,250.00	C\$1,375.00	C\$1,375.00
	92649	Alambre eléctrico de cobre forrado N° 14 AWG	ML	25	C\$27.44	C\$30.18	C\$754.60
	92506	Luminaria fluorescente de 20 W P/Techo incluye cepo	C/U	2	C\$573.74	C\$631.11	C\$1,262.23
	93744	Polo a tierra con varilla Copperweld D=5/8", L=8"	C/U	1	C\$2,992.41	C\$3,291.65	C\$3,291.65
	93526	Canalización eléctrica de PVC 1"	ML	12	C\$75.34	C\$82.87	C\$994.49
	93570	Canalización eléctrica de EMT 2"	ML	6	C\$267.50	C\$294.25	C\$1,765.50
	93943	Toma corriente doble polar de 15 AMP/120V con placa Metálica	C/U	1	C\$328.88	C\$361.77	C\$361.77
	93805	Alambre eléctrico sólido N° 4 THHN para conectar acometida	ML	12	C\$96.23	C\$105.85	C\$1,270.24
	93451	Calavera EMT de 1 1/2"	C/U	1	C\$347.58	C\$382.34	C\$382.34
	94620	Panel monofásico 125 AMP. 120/240 V. 8 espacios	C/U	1	C\$3,546.46	C\$3,901.11	C\$3,901.11

	93825	Cable eléctrico tripe un cero ASCR 3/0 en aluminio	ML	35	C\$135.00	C\$148.50	C\$5,197.50
	95851	Panel de control de bomba para motor de arranque de 3 Hp, 1/60/230 V	C/U	1	C\$6,706.63	C\$7,377.29	C\$7,377.29
	95347	Arrancador magnético directo P/motor de 3 Hp, 1/60/230 V con todas sus protecciones	C/U	1	C\$23,450.40	C\$25,795.44	C\$25,795.44
	95953	Guarda nivel de 230 voltios con control de 2 electrodos (Inc. caja)	C/U	1	C\$3,408.01	C\$3,748.81	C\$3,748.81
	95863	Panel de control de bomba para motor de arranque de 5 Hp, 1/60/230 V	C/U	1	C\$14,400.00	C\$15,840.00	C\$15,840.00
	94043	Arrancador magnético directo P/motor de 5 Hp, 1/60/230 V con todas sus protecciones	C/U	1	C\$28,500.00	C\$31,350.00	C\$31,350.00
	95345	Cable sumergible # 3x8	ML	37.77	C\$301.70	C\$331.87	C\$12,534.73
	95033	Cable sumergible # 14x2	ML	37.77	C\$155.71	C\$171.28	C\$6,469.28
1		Instalaciones eléctricas en media tensión	GBL				C\$261,528.92

		Remoción de tendido eléctrico en media tensión con un poste de madera de 12m	GLB	1			C\$85,000.00
		Remoción de estructura VA1	C/U	1			C\$35,000.00
	96935	Instalación de un poste de 12 m DAN	C/U	1	C\$19,369.46	C\$21,306.41	C\$21,306.41
	96934	Instalación de dos postes de 9 m DAN	C/U	2	C\$14,814.48	C\$16,295.93	C\$32,591.86
	93442	Instalación de un transformador de 15 Kva con su estructura	C/U	1	C\$58,500.00	C\$64,350.00	C\$64,350.00
	94610	Instalación de una retenida vertical	C/U	1	C\$5,823.58	C\$6,405.94	C\$6,405.94
	93820	Instalación de una retenida sencilla	C/U	1	C\$3,865.65	C\$4,252.22	C\$4,252.22
	93825	Cable de Aluminio triple un cero 3/0 ACSR Incluye sus instaladores	ML	85	C\$135.00	C\$148.50	C\$12,622.50
345		CONEXIONES	GBL				C\$569,528.96
	96070	Conexión domiciliar sileta PVC De 1" x ½" (No Incluye medidor)	C/U	182	C\$353.07	C\$388.38	C\$70,684.61

	92728	Medidor de agua potable Diám. =1/2" para conexión domiciliar	C/U	182	C\$1,296.75	C\$1,426.43	C\$259,609.35
	92404	Válvula o llave de pase de bola de bronce Diám. 1/2"	C/U	182	C\$616.49	C\$678.14	C\$123,421.30
	94191	Caja prefabricada de concreto para medidor de agua potable para uso domiciliar	C/U	182	C\$578.49	C\$636.34	C\$115,813.70
350		LETRINAS ELEVADAS	GBL				C\$1,000,584.20
1		Excavación	M³				C\$7,457.80
	95569	Excavación manual en terreno natural profundidad 0.00 m a 1.00 m	M³	38.54	C\$175.92	C\$193.51	C\$7,457.80
2		Enchape de foso (Incluye excavación y gradas)	C/U				C\$472,079.30
	4432	Foso para letrina sencilla elevada enchape de bloque de mortero con gradas	C/U	74	C\$5,687.52	C\$6,256.27	C\$462,964.13
	4295	Pozo recolector de orina de 0.30 m x 0.30 m, profundidad 0.50 m para letrina sencilla	C/U	74	C\$111.98	C\$123.18	C\$9,115.17
3		Losa (plancha) y banco	C/U				C\$188,609.50

	94560	Separador de fibra de vidrio para orina para asiento de letrina	C/U	74	C\$553.09	C\$608.40	C\$45,021.53
	94473	Losa y banco de fibra de vidrio para letrina sencilla	C/U	74	C\$1,763.98	C\$1,940.38	C\$143,587.97
4		Caseta de letrina	C/U				C\$332,437.60
	94401	Forro de lámina lisa zinc calibre 28 sobre estructura metálica, paredes de caseta de letrina sencilla en planta ancho=0.82m, largo 1.01m	C/U	74	C\$1,077.74	C\$1,185.51	C\$87,728.04
	3960	Estructura de acero (A-36) y tubo rectangular de hierro de 1" x 1 ½" para caseta letrina sencilla de ancho=0.82m, largo=1.01 m (Incluye tubo PVC Ø=1½", SDR-26 para ventilación)	C/U	74	C\$2,833.01	C\$3,116.31	C\$230,607.01
	95904	Cubierta de techo de lámina ondulada calibre 28 sobre estructura metálica para caseta de letrina sencilla área	C/U	74	C\$173.25	C\$190.58	C\$14,102.55

		de techo ancho=0.97m, largo=1.47m, A=1.43 m ²					
355		POZO DE ABSORCIÓN	C/U				C\$168,339.27
	5204	Pozo de absorción sin revestir de 1m×1m, profundidad 1m con relleno de piedra bolón (Inc. codo liso y excavación)	C/U	170.00	C\$900.21	C\$990.23	C\$168,339.27
360		LIMPIEZA Y ENTREGA FINAL	GBL				C\$24,965.99
	9225	Limpieza y entrega final	M ²	120	C\$17.92	C\$19.71	C\$24,965.99
A	COSTO DIRECTO						C\$6,214,141.98
B	COSTO INDIRECTO 10 %						C\$621,414.20
C	UTILIDADES 10%						C\$621,414.20
D	SUBTOTAL						C\$7,456,970.38
E	IVA 3%						C\$223,709.11
F	TOTAL						C\$7,680,679.49

Anexo 13: Planos