



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**Facultad de Tecnología de la Construcción**

**Monografía**

**“DISEÑO DE UN MINI ACUEDUCTO POR GRAVEDAD PARA LA  
COMUNIDAD SANTA CLARA, MUNICIPIO DE SAN FERNANDO,  
DEPARTAMENTO DE NUEVA SEGOVIA”**

Para optar al título de Ingeniero Civil

**Elaborado por**

Br. Elena María Cantarero Mejía  
Br. Erick Antonio Díaz Úbeda  
Br. Orestes Adán Hernández Bravo

**Tutor**

Ing. Juan Leonardo Chow

**Asesor**

Ing. Pastor Ulises Gutiérrez Castiblanco

Managua, septiembre 2022.

## Dedicatoria

.

## **Dedicatoria**

Este trabajo monográfico está dedicado primeramente a **Dios Padre Todopoderoso**, por ser el ser supremo y dador de vida. A nuestro **Señor Jesucristo** su hijo y a la **Virgen Santísima, Padre O dórico D Andrea**; por guiar mis pasos y brindarme el don de la sabiduría para emprender este camino.

A mi ángel en el cielo: Hermano **“William José Diaz Lagos “(QEPD)**, por ser uno del miembro de mi familia de los que me inspiré para lograr mi meta de ser ingeniero, de quien estuve orgulloso por ser un profesional de éxitos y por ser una persona creyente en Dios, que sin el nada somos y nada se cumple, he cumplido mi meta gracias padre celestial.

A mis padres: **Fausto Diaz López y Natividad de Jesús Úbeda Lagos** Por apóyame económicamente por sus consejos, sus regaños para ser un profesional, por formarme y ser mis pilares fundamentales, y ofrecerme ese apoyo incondicional en cada paso y etapa de mi vida como también de ser una persona de bien para la sociedad y gracias a ellos soy Ingeniero.

A mis hermanos: En especial **Mazarell del Carmen Diaz Lagos, Jobeliz Mirieth Diaz Úbeda, Juana Emileyda Diaz Lagos**; por brindarme su apoyo económico quienes son una de las personas que hicieron realidad mi sueño de mi culminación de estudio para ser un profesional también por brindarme amor, comprensión y motivarme a ser siempre mejor cada día.

A mis compañeros de este trabajo monográfico quienes tuvimos una ardua labor para culminar nuestro trabajo: **Br: Orestes Adán Hernández Bravo, Br: Elena María Cantarero Mejía**. Donde nos apoyamos y tuvimos dificultades y nos afirmamos como un equipo que somos por su apoyo agradezco a nuestro **tutor Ing. Juan leonardo Chow** por brindar su conocimiento **Ing. Pastor Ulises Gutiérrez Castilblanco** por apoyarnos en nuestro trabajo.

***Br. Erick Antonio Diaz Úbeda.***

## **Dedicatoria**

Este trabajo monográfico está dedicado primeramente a **Dios Padre Todopoderoso**, por ser el ser supremo y dador de vida. A nuestro **Señor Jesucristo** su hijo y a la **Virgen Santísima**; por guiar mis pasos y brindarme el don de la sabiduría para emprender este camino.

A mis padres: **José Alonso Hernández Torres y María Cristina Bravo Reyes** por el esfuerzo que han hecho para darme su apoyo, tanto económico como moral en toda mi formación universitaria y durante la realización del presente trabajo monográfico y ofrecerme ese apoyo incondicional en cada paso y etapa de mi vida como también de ser una persona de bien para la sociedad y gracias a ellos soy Ingeniero.

A mis hermanos; En especial **Belkis María Hernández Bravo** por brindarme su apoyo económico quien fue una de las personas que hicieron realidad mi sueño de mi culminación de estudio para ser un profesional también por brindarme, comprensión y motivarme a ser siempre mejor cada día.

A mis compañeros de este trabajo monográfico quienes tuvimos una ardua labor para culminar nuestro trabajo: **Br: Erick Antonio Diaz Úbeda, Br: Elena María Cantarero Mejía**. Donde nos apoyamos y tuvimos dificultades como un equipo que somos pudimos lograr nuestra meta, por su apoyo le agradezco a nuestro **tutor Ing. Juan leonardo Chow** por brindar su conocimiento **Ing. Pastor Ulises Gutiérrez Castilblanco** por apoyarnos en nuestro trabajo.

***Br. Oreste Adán Hernández Bravo***

## **Resumen ejecutivo**

La comunidad Santa Clara presenta un sistema de agua que ya brindó su vida útil, el que es ineficiente y sin ningún tipo de tratamiento, donde solo se abastece a la población una mitad de hora al día.

Se realizó un estudio socio económico que describe las características demográficas de las 535 viviendas encuestadas el 89.86 % presenta un ingreso mayor a 1000 córdobas mensual que equivale a 399 familias, de la población también se realizó el estudio topográfico en el que se describe el relieve donde predominan elevaciones de 722 m a 870 m cabe destacar que es un terreno irregular.

Se efectuaron análisis físico químicos y bacteriológicos a través de muestras de agua llevadas, por **LABORATORIOS QUIMICOS S.A. (LAQUISA)**, cuyos resultados indican que los parámetros están en el rango según la norma CAPRE y que la fuente es apta para el consumo humano, se realizó el aforo de la fuente mediante el método de áreas, con un caudal de 343.29 l/s lo cual es suficiente para el abastecimiento de la comunidad.

El diseño se basa en una obra de captación tipo superficial (dique-toma), con un desarenador tipo tanque que se encarga de remoción de partículas superiores a 0.2 mm, posteriormente a la Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP), que consta de 3 elementos: Sedimentador, un tratamiento de filtro dinámico grueso FGD<sub>i</sub> y la filtración lenta (FLA) para su potabilización.

La línea de conducción tiene 4391.25 m de tubería PVC de 4" con cédula SDR-26, la red de distribución partirá desde el tanque con una longitud total de 6302.86 m, la cual cuenta con tres ramales principales, se han propuesto 4 diámetros diferentes: 4" 3" 2" y 1 ½" en tuberías PVC SDR 26.

El costo total del proyecto asciende a un monto en moneda nacional de **C\$ 8,853,617.53. (ocho millones, ochocientos cincuenta y tres mil, seiscientos diecisiete con 53/100).**

## ÍNDICE

I.	Introducción.....	1
II.	Antecedentes.....	2
III.	Justificación.....	3
IV.	Objetivos.....	4
	4.1. Objetivo general.....	4
	4.2. Objetivos específicos.....	4
V.	MARCO TEORICO.....	5
	5.1. Aspecto socioeconómico.....	5
	5.1.1. Estudio socioeconómico.....	5
	5.1.2. Encuesta.....	5
	5.1.3. Censo.....	5
	5.2. Aspectos topográficos.....	5
	5.1.4. Estudio topográfico.....	5
	5.1.5. Levantamiento topográfico planimétrico.....	6
	5.1.6. Levantamiento topográfico altimétrico.....	6
	5.3. Aforo.....	6
	5.1.7. Aforo de la fuente.....	6
	5.1.8. Caudal de unidad hidrológica.....	6
	5.4. Parámetros del agua.....	6
	5.5. Diseño hidráulico.....	7
	5.1.9. Dotación y consumo.....	7
	5.6. Caudal de diseño.....	7
	5.7. Línea de conducción.....	7
	5.1.10. Dimensionamiento de la línea de conducción.....	7

5.1.11.	Presiones máximas y mínimas.....	7
5.1.12.	Pérdidas de agua en el sistema.....	8
5.1.13.	Velocidades permisibles en las tuberías .....	8
5.1.14.	Golpe de ariete.....	8
5.1.15.	Accesorios .....	8
5.1.16.	Uniones.....	9
5.8.	Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP).....	9
5.1.17.	Tren de tratamiento de agua potable .....	9
5.1.18.	Tratamiento.....	9
5.1.19.	Desinfección .....	10
5.1.20.	Tiempo de contacto.....	10
5.1.21.	Tanque de almacenamiento .....	10
5.9.	Red de distribución.....	10
5.1.22.	Dimensionamiento de la red de distribución .....	10
5.10.	Clases de tanques.....	11
5.1.23.	Tipos de tanques.....	11
5.1.24.	Localización.....	11
5.11.	Conexiones domiciliarias.....	12
5.12.	Presupuesto.....	12
5.13.	Costos directos.....	12
5.14.	Costos indirectos.....	12
VI.	DISEÑO METODOLÓGICO .....	13
6.1.	Macro y micro localización.....	13
6.1.1.	Macro localización.....	13
6.1.2.	Micro localización .....	14

6.2.	Clima.....	15
6.3.	Economía.....	15
6.4.	Censo .....	15
6.5.	Aspectos topográficos.....	16
6.5.1.	Estudio topográfico .....	16
6.5.2.	Etapas de campo .....	17
6.5.3.	Etapas de gabinete.....	17
6.6.	Aforo de fuente.....	17
6.7.	Dimensionamiento del depósito de captación .....	18
6.7.1.	Correcciones por contracciones generales.....	20
6.7.2.	Diseño de rejilla y canal de aducción.....	21
6.7.3.	Ancho del canal de aducción .....	21
6.7.4.	Longitud de la rejilla.....	22
6.7.5.	Niveles en el canal de aducción aguas abajo .....	22
6.7.6.	Niveles en el canal de aducción de aguas arriba .....	22
6.8.	Diseño de bocatoma cámara de recolección desarenador .....	23
6.8.1.	Diseño de la cámara de recolección .....	24
6.9.	Análisis del agua.....	25
6.9.1.	Análisis físico-químico y bacteriológico.....	26
6.9.2.	Parámetros Físico – Químicos.....	26
6.10.	Dotación y consumo .....	27
6.11.	Proyección de la población.....	27
6.12.	Cálculo de la demanda .....	28
6.12.1.	Variaciones de consumo .....	29
6.13.	Cálculo hidráulico de la línea de conducción .....	29

6.13.1.	Diámetro.....	29
6.13.2.	Velocidad de flujo .....	30
6.13.3.	Pérdidas por fricción .....	30
6.13.4.	Análisis de la línea de energía y línea piezométrica.....	31
6.13.5.	Golpe de ariete.....	31
6.14.	Válvulas.....	32
6.15.	Cobertura y localización de la tubería .....	33
6.16.	Tren de tratamiento de agua potable.....	33
6.16.1.	Tren de tratamiento.....	33
6.16.2.	Desarenadores.....	33
6.16.3.	Volumen del tanque .....	35
6.16.4.	Área superficial .....	35
6.16.5.	Dimensión del tanque.....	35
	Carga hidráulica del tanque.....	36
6.16.5.	Elementos de desarenador vertedero de salida.....	36
6.16.6.	Presiones máximas de la cámara de aquietamiento.....	38
6.17.	Sedimentador .....	38
6.18.	Diseño de Filtro (FGDi) .....	42
6.18.1.	Dimensionamiento del filtro grueso dinámico (FGDi).....	45
6.18.2.	Diseño de vertedero triangular .....	46
6.18.3.	Diseño de filtro lento de arena (FLA) .....	47
6.18.4.	Cálculo de diseño de la tubería múltiple en el filtro grueso dinámico (FGDi) 47	
6.18.5.	Diseño del sistema de drenaje del filtro lento de arena (FLA) .....	49
6.18.6.	Perdidas de cargas .....	50

6.19.	Desinfección .....	50
6.20.	Tanque de almacenamiento.....	51
6.20.1.	Diseño de las dimensiones del tanque de almacenamiento .....	52
6.20.2.	Simulación hidráulica del MAG .....	53
6.20.3.	Simulación de la línea de conducción.....	54
6.21.	Simulación de la red de distribución .....	54
6.21.1.	Simulación de cloro.....	55
VII.	ANÁLISIS Y PRESENTACION DE RESULTADOS .....	57
7.1.	Estudio socioeconómico.....	57
7.1.1.	Características demográficas.....	57
7.1.2.	Distribución de la comunidad.....	56
7.1.3.	Rango de la población por edades.....	59
7.1.4.	Escolaridad de la Población .....	60
7.1.5.	Ocupación de los miembros de la familia.....	62
7.1.6.	Tenencia de la vivienda.....	63
7.1.7.	Construcción de las paredes de las viviendas .....	64
7.1.8.	Construcción de las Paredes de las Viviendas.....	64
7.1.9.	Construcción de Piso de las Viviendas.....	65
7.2.	Situación económica de las familias .....	66
7.2.1.	Fuentes de ingreso promedio por mes .....	66
7.3.	Saneariamiento e higiene ambiental .....	67
7.3.1.	Uso y manejo de las letrinas .....	67
7.3.2.	Estado de la letrina .....	67
7.3.3.	Manejo de desechos Sólidos .....	68
7.4.	Abastecimiento de agua.....	69

7.4.1. Situación de la salud de la población.....	67
7.5. Estudio topográfico.....	70
7.6. Aforo a la fuente de abastecimiento.....	71
7.6.1. Aforo.....	71
7.6.2. Resultados de Aforo.....	74
7.7. Parámetros de calidad del agua.....	74
7.7.1. Análisis de agua.....	75
7.7.2. Calidad de agua de la fuente.....	75
7.8. Proyección de la población.....	75
7.8.1. Población.....	75
7.8.2. Dotación y consumo.....	76
7.8.3. Variaciones de consumo.....	77
7.8.4. Perdidas.....	79
7.9. Captación.....	80
7.9.1. Diseño dique-toma.....	80
7.9.2. Diseño del canal de aducción.....	82
7.9.3. Ancho del canal de aducción.....	83
7.9.4. Niveles en el canal de aducción aguas abajo.....	84
7.9.5. Niveles en el canal de aducción aguas arriba.....	84
7.9.6. Diseño de Rejilla.....	86
7.9.7. Longitud de la rejilla.....	88
7.9.8. Diseño de la cámara de recolección.....	89
7.9.9. Cálculo de altura de los muros.....	91
7.9.10. Canal de aducción.....	93
7.9.11. Cálculo de caudales de excesos.....	94

7.9.12.	Cálculo de la tubería de excesos.....	96
7.10.	Diseño de bocatoma cámara de recolección desarenador.....	96
7.10.1.	Verificación de la cota a la salida de la bocatoma .....	99
7.10.2.	Caudal de exceso máximo.....	99
7.11.	Desarenador.....	99
7.11.1.	Diseño de desarenadores.....	99
7.11.2.	Velocidad de la sedimentación de las partículas .....	100
7.11.3.	Volumen del tanque .....	102
7.11.4.	Área superficial del tanque .....	102
7.11.5.	Carga hidráulica superficial del tanque.....	103
7.11.6.	Velocidad horizontal máxima.....	105
7.11.7.	Cálculo de los elementos de desarenador vertedero de salida ..	105
7.11.8.	Cámaras de aquietamiento profundidades .....	107
7.11.9.	Rebose de la cámara de aquietamiento.....	108
7.11.10.	Perfil hidráulico.....	109
7.11.11.	Perdidas en la entrada de la zona de sedimentador.....	109
7.11.12.	Cálculo de diámetro de las tuberías de excesos y largo .....	109
7.11.13.	Perdida en la conducción de longitud equivalente .....	110
7.11.14.	Tiempo de vaciado.....	111
7.12.	Cálculo hidráulico de la línea de conducción .....	112
7.12.1.	Diámetro.....	112
7.12.2.	Velocidades.....	113
7.12.3.	Pérdidas.....	113
7.12.4.	Cota dinámica total.....	115
7.12.5.	Valor de la celeridad o golpe de ariete. ....	115

7.12.6.	Presión total del sistema .....	117
7.13.	Tratamiento.....	118
7.13.1.	Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP).....	118
7.13.2.	Diseño de sedimentador. ....	119
7.13.3.	Se determina el área superficial de la unidad (As). ....	119
7.13.4.	Se determina la longitud en la zona sedimentador.....	120
7.13.5.	Se tendrá como longitud total.....	120
7.13.6.	Se determinará la velocidad horizontal, (VH) .....	121
7.13.7.	Se determina el periodo de retención .....	122
7.13.8.	Diseño de la pantalla difusora.....	123
7.13.9.	Se determina el número de orificios.....	124
7.13.10.	Se determina la porción de altura de la pantalla difusora con orificios. 124	
7.13.11.	Se determina el espaciamiento entre las filas.....	125
7.13.12.	Se determina el espaciamiento entre columnas.....	125
7.14.	Diseños de filtros.....	126
7.14.1.	Flujo grama de la planta de tratamiento .....	126
7.14.2.	Diseño de un filtro grueso dinámico, (FGDi).....	127
7.14.3.	Altura del filtro. ....	128
7.14.4.	Dimensionamiento del filtro grueso dinámico (FGDi).....	128
7.14.5.	Diseño de vertedero triangular.....	129
7.14.6.	Diseño de filtro lento de arena (FLA).....	131
7.14.7.	Altura de filtro .....	132
7.14.8.	Cálculo de diseño de la tubería múltiple en el filtro grueso dinámico (FGDi) 133	
7.14.9.	Cálculo de caudal de lavado.....	133

7.14.10.	Caudal de lavado en las fuerzas laterales .....	134
7.14.11.	Separación de orificios para tubos laterales.....	135
7.14.12.	Espaciamiento entre orificios.....	135
7.14.13.	Determinación del diámetro de la tubería lateral .....	136
7.14.14.	Calculo en el diámetro de la tubería principal.....	136
7.14.15.	Diseño del sistema de drenaje del filtro lento de arena (FLA).137	
7.14.16.	Separación de orificios de tubería lateral.....	138
7.14.17.	Determinación de diámetros de las tuberías laterales .....	138
7.14.18.	Determinación del diámetro de la tubería principal .....	139
7.14.19.	Perdidas de cargas.....	139
7.14.20.	Medio filtro intermedio.....	140
7.14.21.	Medio filtro inferior. ....	140
7.14.22.	Filtro lento de arena (FLA).....	141
7.14.23.	Medio filtrante inferior.....	141
7.14.24.	Medio filtrante inferior.....	141
7.15.	Desinfección.....	142
7.15.1.	Hipoclorito.....	143
7.16.	Diseños de las dimensiones del tanque de almacenamiento.....	145
7.16.1.	Volumen de la reserva.....	145
7.16.2.	Dimensiones del tanque.....	145
7.17.	Cálculo hidráulico de la línea de distribución. ....	146
7.17.1.	Demandas nodales .....	147
7.17.2.	Cálculo de caudales por longitud.....	147
7.17.3.	Conexiones domiciliarias.....	154
7.17.4.	Accesorios en red de distribución.....	154

7.17.5. Presupuesto Final del proyecto.....	155
7.18. Conclusiones.....	156
7.19. Recomendaciones.....	158
IX. BIBLIOGRAFÍA.....	159
X ANEXO.....	164

## Índice de tablas

Tabla 1:Rango de porcentaje de viviendas a encuestar.....	16
Tabla 2: Parámetros bacteriológicos. ....	26
Tabla 3. Parametros fisico-Quimicos.....	26
Tabla 4: Porcentaje habitantes según el sexo. ....	57
Tabla 5: Situación de la comunidad.....	58
Tabla 6: Rango de edades. ....	59
Tabla 7: Resultados de escolaridad por población.....	61
Tabla 8: Actividad de la población de la comunidad Santa Clara .....	62
Tabla 9: Tenencia de la vivienda.....	63
Tabla 10: Materiales con os que están construidas las viviendas.....	64
Tabla 11: Composición del piso de las viviendas.....	65
Tabla 12:Ingreso de las familias.....	66
Tabla 13 : Estado de las letrinas. ....	68
Tabla 14: Manejo de desechos de la comunidad.....	69
Tabla 15: Sistema de abastecimiento de agua potable.....	70
Tabla 16: Tiempos obtenidos.....	72
Tabla 17: Datos de área.....	72
Tabla 18: Datos del aforo.....	74
Tabla 19: Dotaciones y demanda.....	77
Tabla 20: Parámetros de diseño para dique - toma. ....	80
Tabla 21: Datos para diseños de desarenadores.....	100
Tabla 22: Caudales llenos y volúmenes lleno.....	100
Tabla 23: Dosificaciones de cloro.....	144
Tabla 24: Longitudes de líneas principales.....	147
Tabla 25: Longitud de líneas secundarias y caudales.....	149
Tabla 26: Longitud de líneas secundarias y caudales.....	150
Tabla 27: Longitud de líneas secundarias y caudales.....	151

## Índice de figuras

Figura 1: Macro localización de la comunidad Santa Clara.....	13
Figura 2: Área de estudio, comunidad Santa Clara.....	14
Figura 3: Componentes típicos de un depósito de captación .....	19
Figura 4 : Grafica de porcentaje habitantes según el sexo .....	57
Figura 5: Distribución porcentual de la comunidad .....	58
Figura 6: Clasificación de la población por edad de la comunidad Santa Clara.	60
Figura 7: Nivel de escolaridad de la población de la comunidad Santa Clara.....	61
Figura 8: Ocupación de los habitantes de Santa Clara .....	62
Figura 9: Tenencia de las viviendas de la comunidad Santa Clara. ....	64
Figura 10: Gráfico de material de paredes en viviendas .....	65
Figura 11: Material de los pisos de las viviendas. ....	66
Figura 12: Rango de ingresos en la comunidad. ....	67
Figura 13: Estado de letrinas. ....	68
Figura 14: Porcentaje por tipo de sistema se abastecimiento de agua potable de la comunidad.....	70
Figura 15: Curvas de nivel del área de estudio.....	71
Figura 16: Vista en planta río. ....	73
Figura 17: Perfiles transversales para la aplicación de aforo mediante método de área.....	73
Figura 18: Perfil transversal en canal de aducción.....	83
Figura 19: Perfil longitudinal de canal de aducción. ....	86
Figura 20: Diseño de rejilla. ....	89
Figura 21 : Cámara de recolección. ....	90
Figura 22: Corte longitudinal de dique toma .....	94
Figura 23: Accesorios de la línea de conducción. ....	117
Figura 24: Vertedero .....	130
Figura 25:: Red de distribución .....	152
Figura 26:: Accesorios red de distribución.....	154

“Una gota de agua vale más que un cerro de oro para un hombre sediento”

Franklyn Klynksthon

## **I. Introducción**

La comunidad Santa Clara está ubicada a 9.6 kilómetros de la cabecera municipal de San Fernando, a 35 kilómetros de la cabecera departamental Ocotital y a 260 km de la ciudad de Managua capital de Nicaragua con coordenadas 13.705688, - 86.261429 en zona 16 norte, presenta una población de 1595 habitantes y 535 viviendas.

Esta comunidad cuenta con un sistema de distribución agua potable ineficiente con numerosas fugas, además se distribuye a las viviendas sin el tratamiento que manda la norma nacional, asimismo, presenta problemas de abastecimiento, el cual se evidencia en el racionamiento del agua a través del servicio, el cual se brinda por 30 minutos en la mañana y 30 minutos por la tarde.

Por lo antes expuesto, se propone el diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable por gravedad para la comunidad, con el propósito de brindar a la población un servicio basado en los parámetros expuestos en la normativa nacional. Para ello se dispone actualmente con una fuente hídrica superficial cuyo caudal es de 343 l/s, que mediante captación y línea de conducción por gravedad abastecerá un tanque de almacenamiento para su distribución a través de una red que entregará el servicio por medio de conexiones domiciliarias.

Contando este así con su debido tratamiento para un consumo apto para la población, ya que este no cuenta con su debido tratamiento, con esto se pretende contribuir al desarrollo socioeconómico y al mejoramiento de la calidad de vida de la población reduciendo las enfermedades de origen hídricas.

## **II. Antecedentes**

De conformidad con Naciones Unidas (2019), la demanda de agua ha superado el crecimiento demográfico y la mitad de la población mundial actualmente sufre una escasez de agua grave durante al menos un mes al año.

Según la base de datos de acceso al agua y saneamiento del FISE (SIASAR, 2021), Nicaragua cuenta con 7,334 comunidades rurales de las cuales el 71% poseen un nivel deficiente del servicio del agua potable, a su vez el 60% de las viviendas no cuentan con el servicio.

De acuerdo con información de la alcaldía de San Fernando, durante el año 1983 y la primera mitad del año 1984 la municipalidad llevó a cabo el primer proyecto de agua potable a través de una donación española a la comunidad Santa Clara, el que estuvo operando durante 11 meses en el periodo de 1984 - 1985.

Con el fin de brindar respuesta a la demanda del servicio de agua, en los siguientes años 1985 - 1986 se ejecutó un segundo proyecto utilizando la obra de captación del proyecto anterior, el cual brindó servicio a la población los siguientes 7 años.

A mediados del año 1992 se llevó a cabo la ejecución del tercer proyecto con el cual se construyó un dique en la fuente superficial, asimismo se implementaron diferentes tipos de filtros, sin embargo, el arrastre de arena, limos y arcillas (lodillo) pronto inhabilitó el sistema de filtración, pero aún se continuó con la operación del acueducto por un período de 10 años.

En el año 2002 fue construido el cuarto y último sistema de abastecimiento por gravedad, mismo que continúa operando hasta la actualidad, suministrando de forma intermitente el vital líquido a las comunidades Santa Clara, Apali y el Empalme.

Actualmente la alcaldía de San Fernando trabaja con tesis de quinto años de Ingeniería Civil de Universidad Nacional de Ingeniería Recinto Universitario Augusto C. Sandino, cooperan en el diseño de nuevos sistemas de agua potable.

### **III. Justificación**

De acuerdo con Naciones Unidas (2021), el acceso al agua segura constituye uno de los derechos fundamentales de los seres humanos y en su objetivo 6, plantea garantizar agua limpia asequible y saneamiento para todos con meta temporal para el año 2030.

En la actualidad el acueducto que abastece la comunidad Santa Clara ha cumplido su vida útil de 20 años, presentándose una falta de mantenimiento a lo largo de este periodo, lo cual ha provocado deterioro significativo, razón por la cual presenta diversas fallas en su funcionamiento y como consecuencia, no satisface la demanda de la población.

Respecto a los factores que influyen de manera directa en el deterioro del acueducto existente se presenta el arrastre de arena del cuerpo hídrico, principalmente en la época lluviosa, por lo cual se obstruyen las tuberías, situación que trae como consecuencia agrietamiento lo que a su vez desencadena pérdidas considerables a lo largo de la línea de conducción y red de distribución.

El sistema cuenta con un ineficiente método de desinfección que, tratándose de una fuente superficial, requiere de un proceso de tratamiento adecuado, mientras que en la realidad el sistema actual descarta procesos indispensables para la potabilización del agua, incumpliendo la normativa nacional.

Al respecto, el centro de salud de Santa Clara reporta 6 enfermedades de origen hídrico, tales como presencia de helicobacter pylori, diarrea, colera, dengue, hepatitis, malaria, entre otras afecciones.

Por lo anterior, se propone el diseño de un mini acueducto por gravedad (MAG), cuyo diseño comprenderá una nueva obra de captación, línea de conducción, tren de tratamiento adecuado, tanque de almacenamiento y finalmente la red de distribución, para abastecer a 1596 habitantes, el cual contribuirá a mejorar las condiciones de vida en la comunidad, reduciendo las enfermedades de origen hídrico.

## **IV. Objetivos**

### **4.1. Objetivo general**

Diseñar el sistema de abastecimiento de agua potable por gravedad en la comunidad “Santa Clara”, Municipio de San Fernando, departamento de Nueva Segovia para 1596 habitantes.

### **4.2. Objetivos específicos**

- Estudiar las condiciones socioeconómicas y demanda de servicios de agua potable de la población a través de una encuesta.
- Realizar el levantamiento topográfico para la línea de conducción y la red de distribución mediante estación total con el propósito de conocer las condiciones del relieve local.
- Hacer el aforo en zona de captación con la finalidad de saber el caudal de la fuente disponible.
- Determinar los parámetros físicos – químico y bacteriológico. para comprobar la calidad del agua para evaluar conforme a norma CAPRE.
- Elaborar el diseño hidráulico para los componentes del sistema de abastecimiento tomando en cuenta el levantamiento topográfico y aforo de la fuente.
- Diseñar el tren de potabilización basándose en los resultados encontrados en el análisis de agua de la fuente en estudio.
- Presentar el presupuesto y planos para que sea incluido en el plan de inversión de la alcaldía de San Fernando.

## **V. MARCO TEORICO**

### **5.1. Aspecto socioeconómico**

#### **5.1.1. Estudio socioeconómico**

Estudio socio económico, no es más que una forma de investigación por encuestas que permite estimar la curva de demanda del grupo de interés en estudio (colectiva o individual). Dicha curva de demanda es función de la población (tamaño), del nivel de ingresos, del clima del lugar, de sus actividades productivas, por señalar algunas variables. (Ministerio de Hacienda y Crédito Público, Dirección General de Inversiones Públicas, 2012, pág. 80).

#### **5.1.2. Encuesta**

Esta es la forma de proceder sobre todo en la investigación cuantitativa, en particular a través del método de la encuesta, y el que permite la utilización de un lenguaje operacionalizado empíricamente factibles, teóricamente relevantes, por tanto, implica también una simplificación, a una acentuación, una reducción, y en ese sentido queda mutilado semánticamente en el proceso, pero intentando retener aquello que se define como central en el dialogo con la persona. (Fachelli López Pedro - Roldán Sandra, 2016, pág. 31).

#### **5.1.3. Censo**

Un censo de población y/o vivienda es el conjunto de las operaciones consistentes en recoger, recopilar, evaluar y divulgar datos demográficos y/o de vivienda, económicos y sociales relativos a todos sus habitantes y sus locales de habitación (Naciones Unidas, 2002, pág. 1)

### **5.2. Aspectos topográficos**

#### **5.1.4. Estudio topográfico**

Es el conjunto de actividades de campo y gabinete que tienen como finalidad proporcionar información altimétrica y planimétrica, para representarlas en planos a una escala adecuada (CONAGUA, 2015, pág. 1).

### **5.1.5. Levantamiento topográfico planimétrico**

Conjunto de métodos y procedimientos que tienden a conseguir la representación a escala de todos los detalles interesantes del terreno sobre una superficie plana, prescindiendo de su relieve y se representa en una proyección horizontal, como puede ver en el plano horizontal (CONAGUA, 2015, pág. 2).

### **5.1.6. Levantamiento topográfico altimétrico**

Conjunto de métodos y procedimientos para determinar y representar la altura o "cota" de cada punto respecto de un plano de referencia. Con la altimetría se consigue representar perfiles altimétricos, curvas de nivel y otras diferentes técnicas para representar relieves del terreno (CONAGUA, 2015, pág. 2).

## **5.3. Aforo**

### **5.1.7. Aforo de la fuente**

El aforo líquido es un procedimiento técnico que consiste en tomar mediciones sobre cauce que permitan calcular el caudal del mismo. (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2019, pág. 6).

### **5.1.8. Caudal de unidad hidrológica**

De conformidad con (NTON 09 007 - 19, 2021) los caudales de la unidad hidrológica a nivel anual y/o mensual sea el caso, haciendo diferencia entre las épocas del periodo lluvioso y el seco, expresado en  $m^3$  por unidad de tiempo. En el caso que no exista información de caudales en el sitio de extracción los métodos de generación y extrapolación de datos incluyendo modelos, deberán ser descritos de forma detallada. (Comision Nacional de Normalización Técnica y Calidad, Ministerio de Industria y Comercio, 2021, pág. 47).

## **5.4. Parámetros del agua**

### **5.1.8.1. Parámetros bacteriológicos**

El indicador más preciso de contaminación fecal se determina la presencia de coliformes totales, en caso de detectarse una muestra positiva se procede al demuestre y se investiga la presencia de coliforme fecal. (CAPRE, 1993, pág. 12).

### **5.1.8.2. Parámetros físicos – químicos**

Para todos los efectos de regulaciones en la calidad de agua suministrada, los países miembros de CAPRE se sujetarán a las Normas de Calidad que contienen los valores para los parámetros físico y químicos. (CAPRE, 1993, pág. 5).

## **5.5. Diseño hidráulico**

### **5.1.9. Dotación y consumo**

Interpretando la (NTON 09 007 - 19, 2021) sugiere que la dotación es “la cantidad de agua que se requiere para satisfacer las condiciones inmediatas y futuras de las ciudades o poblaciones proyectadas” (pág. 9)

### **5.6. Caudal de diseño**

Según (MIFC, 2021) el caudal de diseño, es igual al consumo máximo diario (CMD) de la población al final del período establecido.

### **5.7. Línea de conducción**

La línea de conducción debe dotarse de los accesorios y obras de arte necesario para su correcto funcionamiento, conforme a las presiones de trabajo especificadas para las tuberías y tomar en cuenta además su protección y su mantenimiento. (NTON 09 007 - 19, 2021, pág. 25).

### **5.1.10. Dimensionamiento de la línea de conducción**

Para el diseño de líneas de conducción por gravedad se deben determinar las longitudes y los diámetros para poder ajustar las pérdidas a las alturas disponibles deben considerarse los factores económicos la vida útil y los caudales de agua a conducir. Existen varios tipos de pérdidas en una línea de conducción, se encuentra la pérdida por fricción que es provocada por el roce del agua y la tubería, y las pérdidas menores que son producidas por los accesorios, la entrada de agua y la descarga de la misma. (Diseño de sistemas de abastecimiento agua potable NTON 09 007 - 19, 2021)

### **5.1.11. Presiones máximas y mínimas**

Para brindar presiones adecuadas en el funcionamiento del sistema de abastecimiento se recomienda como presión mínima un valor de 14 metros, y

como presión máxima un valor de 50 metros en red de distribución y en línea de conducción permitiéndose presiones de hasta 70 metro. (Diseño de sistemas de abastecimiento agua potable NTON 09 007 - 19, 2021)

#### **5.1.12. Pérdidas de agua en el sistema**

Cuando se proyectan sistemas de abastecimiento de agua potable, es necesario considerar las pérdidas que se presenten en cada uno de sus componentes, la cantidad total de agua perdida se fija como un porcentaje del consumo promedio diario cuyo valor no deberá ser menor del 15% y no mayor del 20% del CPD. (Diseño de sistemas de abastecimiento agua potable NTON 09 007 - 19, 2021)

#### **5.1.13. Velocidades permisibles en las tuberías**

Se recomienda fijar valores de las velocidades del flujo en los conductos en un rango para evitar erosión interna o sedimentación en las tuberías. Para velocidad mínima el valor es de 0.60m/s, y como velocidad máxima un valor de 5.00 m/s. de ser necesario se deben instalar válvulas de limpieza. (Diseño de sistemas de abastecimiento agua potable NTON 09 007 - 19, 2021)

#### **5.1.14. Golpe de ariete**

Se denomina golpe de ariete al efecto de choque violento o sobre presión súbita producida sobre las paredes del conducto forzado, al modificarse de manera instantánea el movimiento del fluido como puede ocurrir en el caso del cierre repentino de una válvula. (Escuela Colombiana de Ingeniería, 1995, pág. 189).

#### **5.1.15. Accesorios**

Los accesorios son piezas especiales que se instalan en las tuberías con fines de limpieza, separación y seguridad en la misma. Estos se colocan como elementos de unión entre los componentes de una conducción de agua, además se utilizan para efectuar intersecciones de conductos, variación de diámetros, cambios de dirección, conexiones con válvulas, etc. Entre los principales accesorios se pueden encontrar: juntas carretes, extremidades, codos de 45 y 90 grados, reductores, bushin, adaptadores machos y hembras, tapones machos y hembras, tes, yes, uniones, coplas y uniones universales, entre otros. Algunos de

estos accesorios de PVC tienen un extremo con rosca, son útiles cuando se cambia el tipo de tubería o para la instalación de válvulas. (Amanco, 2010)

#### **5.1.16. Uniones**

La tubería de PVC cuenta con dos tipos de uniones: La unión con campana y la unión de junta rápida. Para la unión con campana se requiere utilizar cemento solvente, para lo cual deben limpiarse perfectamente los bordes de la tubería y luego colocar el cemento solvente y empalmar los dos tubos. La unión de junta rápida, trae un empaque de hule, el cual permite una unión más firme. La ventaja de la unión con campana está en su costo y la ventaja de la junta rápida está en el tipo de unión, que es más segura. (Amanco, 2010)

### **5.8. Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP)**

El tratamiento de aguas y la planta de tratamiento, son un conjunto de sistemas y operaciones unitarias de tipo físico químico o biológico, cuya finalidad es que a través de los equipamientos se elimine o reduzca la cantidad de contaminación o las características no deseables de las aguas. Este proceso se basa en pretratamiento, tratamiento y desinfección. (Fachelli Lopèz Pedro - Roldán Sandra, 2016)

#### **5.1.17. Tren de tratamiento de agua potable**

El tratamiento del agua puede ser muy simple o complicado, sin embargo, se pueden identificar dos tipos básicos: Mejoramiento de los parámetros físicos y químicos del agua, y mejoramiento de sus condiciones bacteriológicas. (Gobierno Regional Autónomo de Atlántico Norte y Sur, 2012, pág. 10).

#### **5.1.18. Tratamiento**

Según (NTON 09 007 - 19, 2021), Estos procesos se aplican al agua, después de que se le haya sometido a uno o más procesos de pretratamiento, para mejorar su calidad. Dichos tratamientos pueden ser: aireación, filtración rápida y filtración lenta.

#### **5.1.19. Desinfección**

El sistema de abastecimiento de agua, debe considerar un sistema de desinfección apropiado, que garantice la calidad bacteriológica del agua para consumo humano, el cálculo de la dosis debe ser establecida en función de la calidad del agua y el caudal.

En la desinfección del agua para consumo humano debe utilizarse el cloro gaseoso, hipoclorito de calcio o hipoclorito de sodio u otros autorizados por el MINSA. (Comision Nacional de Normalización Técnica y Calidad, Ministerio de Industria y Comercio, 2021, pág. 35)

#### **5.1.20. Tiempo de contacto**

Con base a (CAPRE, 1993), Se recomienda que el tiempo de contacto entre el cloro y el agua sea de 30 minutos antes de que llegue al primer consumidor; en situaciones adversas se puede aceptar un mínimo de 10 minutos.

#### **5.1.21. Tanque de almacenamiento**

Según la Comision Nacional de Normalización Técnica y Calidad, Ministerio de Industria y Comercio (2021), el tanque de almacenamiento debe satisfacer las máximas demandas que se presenten durante la vida útil del sistema y mantener las reservas que garanticen hacer 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.

### **5.9. Red de distribución**

Es el sistema de conductos cerrados y abiertos, que permiten distribuir el agua bajo presión a los diversos puntos de consumo, que pueden ser conexiones domiciliarias o puestos públicos. (Comision Nacional de Normalización Técnica y Calidad, Ministerio de Industria y Comercio, 2021, pág. 5).

#### **5.1.22. Dimensionamiento de la red de distribución**

Para el diseño se adopta el mayor de los caudales, es decir, se calcula el caudal unitario, el que se multiplica por el número de viviendas a servir y se compara con el caudal de uso simultáneo. (Fachelli Lopèz Pedro - Roldán Sandra, 2016)

### **5.10. Clases de tanques**

De acuerdo a los materiales de construcción se clasifican en:

- a) Mampostería: Se recomienda construir tanque de este material en aquellas localidades donde se disponga de piedra bolón o piedra cantera. No deberá tener altura mayor de 3 metros.
- b) Hormigón armado: En la construcción del tanque con este material se debe de considerar la permeabilidad del terreno y no deberá tener alturas mayores de 3.0 metros.
- c) Acero: Se propone construir tanque de acero, cuando en la localidad no se disponga de materiales locales, como en los casos anteriores y por razones de requerimiento de presiones de servicios. (Diseño de sistemas de abastecimiento agua potable NTON 09 007 - 19, 2021)

#### **5.1.23. Tipos de tanques**

Los tipos de tanques recomendado son:

- a) Tanque sobre el suelo, La construcción de tanque sobre el suelo, resulta ser más económico para las poblaciones rurales. Se recomienda este tipo de tanque en el caso siguiente: Se deben de considerar estos tipos de tanques siempre y cuando lo permita la topografía. y en comunidades rurales que dispongan localmente de materiales de construcción como piedra bolón o cantera. (Diseño de sistemas de abastecimiento agua potable NTON 09 007 - 19, 2021)
- b) Tanques elevados, deben incluirse los accesorios como escaleras, dispositivos de ventilación, abertura de acceso marcador de niveles, barandas y en algunas casas una luz de advertencia para la navegación aérea.

#### **5.1.24. Localización**

Los tanques de almacenamiento deberán estar situados en zonas próximas al poblado o a la red de distribución tomándose en cuenta la topografía del terreno, de tal manera que brinden presiones de servicios aceptables en los puntos de distribución o nudos del terreno. (NTON, 09 003 11)

### **5.11. Conexiones domiciliarias**

Tramo de tubería que va desde la red al medidor. (Comision Nacional de Normalización Técnica y Calidad, Ministerio de Industria y Comercio, 2021, pág. 5).

### **5.12. Presupuesto**

En este punto se determina cuánto cuesta implementar el proyecto y que resultados se obtienen con ello. El costo de un proyecto es la suma del valor de los recursos o insumos que el proyecto requiere durante su ejecución y su vida útil. (Metodología de Preinversión para Proyectos de Agua y Saneamiento, 2012)

### **5.13. Costos directos**

Los costos directos son todos los gastos que estén directamente relacionados con el proyecto. Los costos directos incluyen los subcontratistas, la mano de obra contratada, materiales, suministros, equipos y permisos. (Reynaldo, 2010)

### **5.14. Costos indirectos**

El costo indirecto corresponde a los gastos necesarios para la ejecución de trabajos no incluidos en los costos directos, comprende: Los gastos de administración, organización, dirección técnica, imprevistos, prestaciones sociales y honorarios. (Reynaldo, 2010)

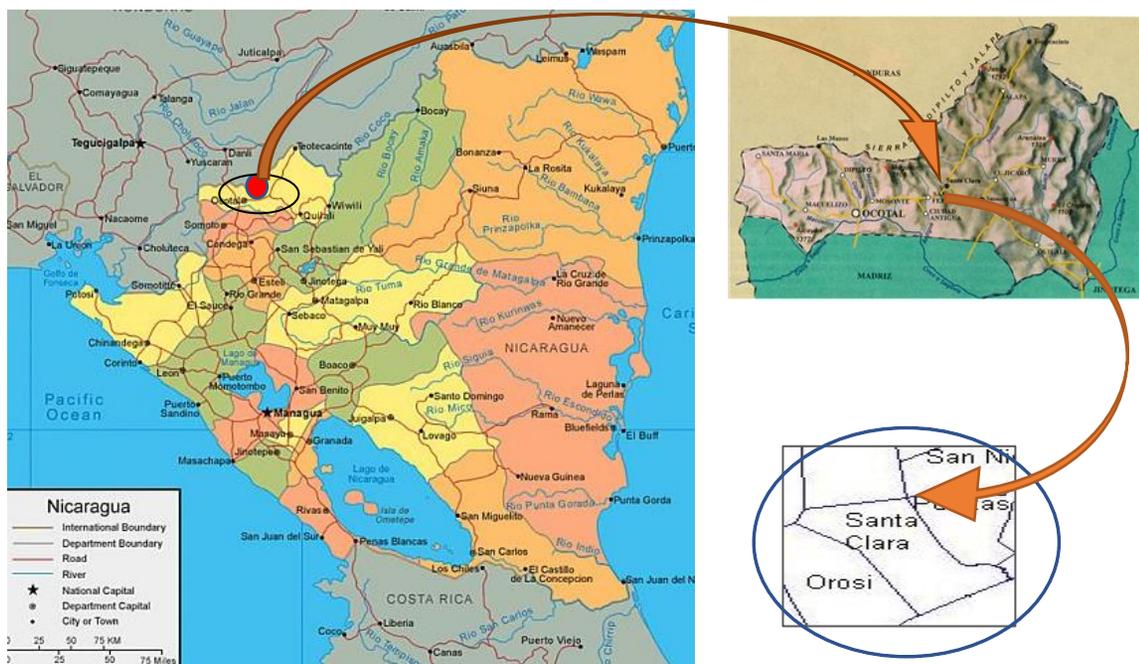
## VI. DISEÑO METODOLÓGICO

### 6.1. Macro y micro localización

#### 6.1.1. Macro localización

Área de estudio La República de Nicaragua se localiza en el istmo centroamericano, en forma de puente que une el Norte y Sur de América, con siete tipos de climas, según la clasificación de Köppen, sin embargo, debido a factores geográficos, atmosféricos e hidrográficos, el país se ha regionalizado climáticamente en siete grandes climáticas: Pacífico Occidental, Pacífico Central, Pacífico Sur, Región Centro norte, Región Centro sur, Región Caribe Norte y Región Caribe Sur. (MARENA, 2015)

Figura 1: Macro localización de la comunidad Santa Clara.



Fuente: Mapa de la división política de Nueva Segovia y San Fernando tomado de (ontheworldmap.com, 2013)

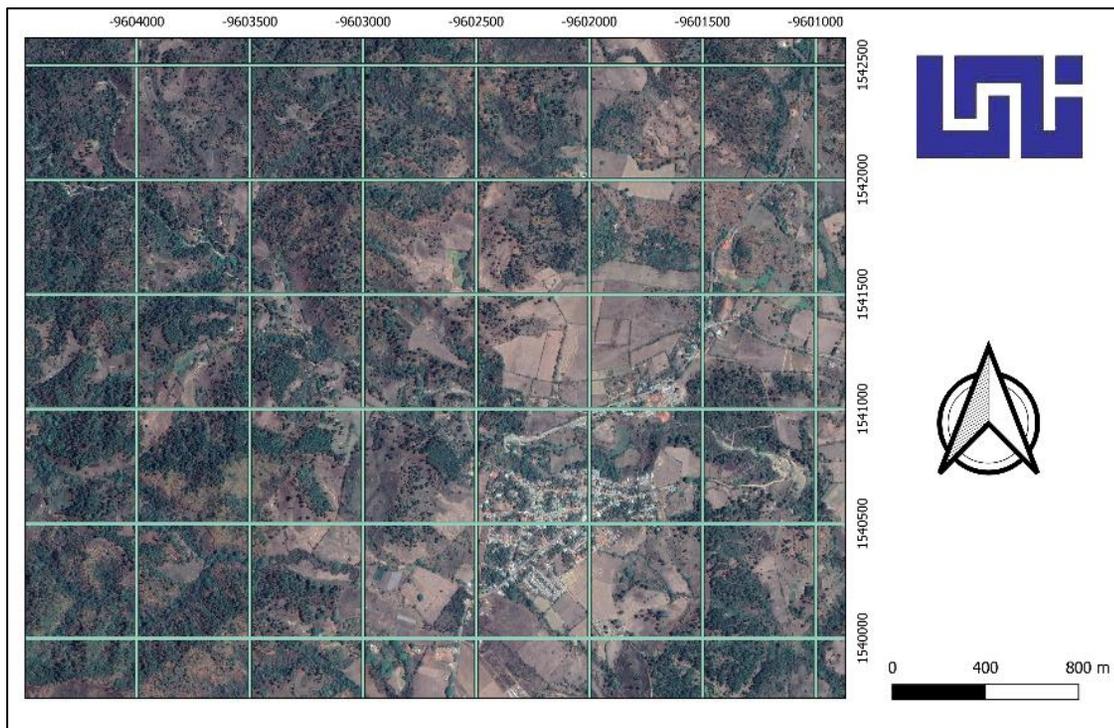
El departamento de nueva Segovia se encuentra a 260 km de la capital Managua, en la zona norte al septentrión del país cerca del puesto aduanero y migratorio de las manos en la frontera República de Honduras, Se divide en 13 municipios, Ciudad Antigua, Dipilto, El Jícaro, Jalapa, Macuelizo, Mozonte, Murra, Ocotal,

Quilalí, San Fernando, Santa María, Wiwilí, tiene una población de 271581 habitantes en 2020 y una superficie de 3491  $KM^2$  . Sus límites son:

- Al norte y Oeste con Honduras.
- Al sur con Madrid.
- Al este con el departamento de Jinotega.

### 6.1.2. Micro localización

Figura 2: Área de estudio, comunidad Santa Clara.



Fuente: Elaboración propia.

La comunidad Santa Clara está ubicada a 35 kilómetros de la cabecera departamental Ocotlán con coordenadas 13.705688, -86.261429 en zona 16 norte con una distancia de 9.6 kilómetros de la cabecera municipal de San Fernando, presenta una población de 1595 habitantes y 535 viviendas. Y sus límites son:

- Al norte con la comunidad las Puertas.
- Al sur con la comunidad Orosi.
- Al este con la comunidad Apalí.

- Al oeste la comunidad las Quemadas.

## **6.2. Clima**

La comunidad Santa Clara, está caracterizada dentro del tipo de clima montañoso de altura, con una temperatura promedio que oscila entre los 18°C a 33°C, con una precipitación media pluvial anual entre los 848mm. Lluere constantemente sobre todo en la parte norte, lo que ha permitido el desarrollo de una vegetación abundante. (Ambiente, 1997)

## **6.3. Economía**

La principal actividad económica de la comunidad es la producción agrícola, siendo este rubro un gran generador de ingresos para la comunidad. La producción principalmente consiste en la siembra de maíz, café, frijoles y hortalizas. Por otra parte, se dedican a la crianza de ganado bovino y animales domésticos en menor grado al igual que este lo comercializan para cubrir sus necesidades económicas.

## **6.4. Censo**

Las actividades de censo y encuesta socioeconómica fueron previamente planificadas, entre funcionarios de alcaldía municipal, Fondo de Inversión Social de Emergencia (FISE), líderes comunitarios, y los bachilleres Cantarero Mejía Elena María, Úbeda Diaz Erick Antonio, Hernández Bravo Orestes Adán a partir de un esquema general de la comunidad en donde se delimitó el área de estudio poblacional.

- Se convocó una asamblea con los líderes comunales para comunicarles los objetivos del proyecto.
- Se realizaron visitas casa a casa en la comunidad en conjunto con funcionarios de la alcaldía de San Fernando y delegación de FISE, logrando culminar el censo poblacional con éxito en julio de 2021, como se determinó la población por grupos de edad y sexo.

Paralelo al censo poblacional se realizó encuesta socioeconómica, el formato de encuesta socioeconómica incluyó además de datos poblacionales

correspondientes al censo los siguientes datos: Escolaridad-población-económicamente activa-ingresos-gastos por vivienda-clase de vivienda-servicios generales, etc. La Encuesta Socioeconómica se realizó a una muestra aleatoria del 30% de la población beneficiada, tomando en consideración el siguiente cuadro: (recomendado por FISE, para estudios en proyectos de Agua y Saneamiento Rural) (MIFC, 2021)

Tabla 1: Rango de porcentaje de viviendas a encuestar

No. Vivienda por comunidad (Rangos)	% de viviendas a Encuestar
1 – 150	100%
151 – 200	75%
201 – 300	50%
301 >	30%

### 6.5. Aspectos topográficos

La comunidad Santa Clara, presenta un relieve montañoso y fuertemente accidentado, las elevaciones topográficas oscilan entre los 722 a 870 msnm. Las formas del relieve predominantes son: Altiplanicies, cordilleras, colinas aisladas, terrenos montañosos, quebrados hasta muy escarpados con pendientes que varían entre 10- 50%, lo que conlleva tanto ventajas y desventajas a la hora de elegir la mejor ruta de la línea de conducción y red de distribución. ( Instituto Nicaraguense de Turismo, 2016)

#### 6.5.1. Estudio topográfico

El personal del departamento de proyecto de la alcaldía de San Fernando, proporciono los instrumentos para el levantamiento topográfico con alta precisión, nos permitió hacer el trazo del sistema, para obtener los niveles y longitudes apropiados para la línea de conducción y red de distribución la operación se realizó en dos actividades principales las cuales se dividen en campo y en gabinete.

### **6.5.2. Etapa de campo**

El trabajo en sitio del levantamiento se realizó con modelos de alta precisión, se empleó una estación marca SOKKIA modelo SET50X, las actividades de campo fueron realizado por los bachilleres Cantarero Mejía Elena María, Úbeda Diaz Erick Antonio, Hernández Bravo Orestes Adán. El trabajo se inició definiendo un Bench Mark (BM) ubicando con base a coordenadas tomadas de un GPS modelo SPECTRA, este punto fue la estación de partida, ubicado en un sitio difícil de remover o deteriorar. con la información topográfica en estudio se elaboraron planos de toda la red referenciándolos en la escala 1:500

- En el levantamiento topográfico planimétrico se determinó con la ubicación de vías de acceso, escuelas, iglesias, alcantarilla, postes de alumbrado eléctrico.
- Para el levantamiento altimétrico en cada estación o punto Intermedio (PI) se determinó la elevación, y la información fundamental para el dimensionamiento del sistema
- Participaron lideres comunitarios quienes con su apoyo permitieron así un mayor desempeño para dicho proyecto en la comunidad.

### **6.5.3. Etapa de gabinete**

En la etapa de gabinete se realizaron las siguientes actividades:

- Procesar datos de estación total utilizando programas Excel y Civil 3D.
- Elaboración de planos y perfiles a escala 1:500 que interpreten el terreno natural y sirvan de base para el diseño del sistema.
- Simulación de línea de conducción y línea de distribución en Epanet.
- Elaboración de presupuesto de alcances de la obra.

### **6.6. Aforo de fuente**

Se empleó el método de Área-Velocidad planteado en (Manual Para la Realización de Aforos de Caudal en Fuentes de Aguas Superficiales, 2019)

$$Q = \sum_{i=1}^N A_i V_i$$

Ecuación 1

Donde:

$A_i$ : Área de la dovela.

$i$ : Número de la dovela evaluada.

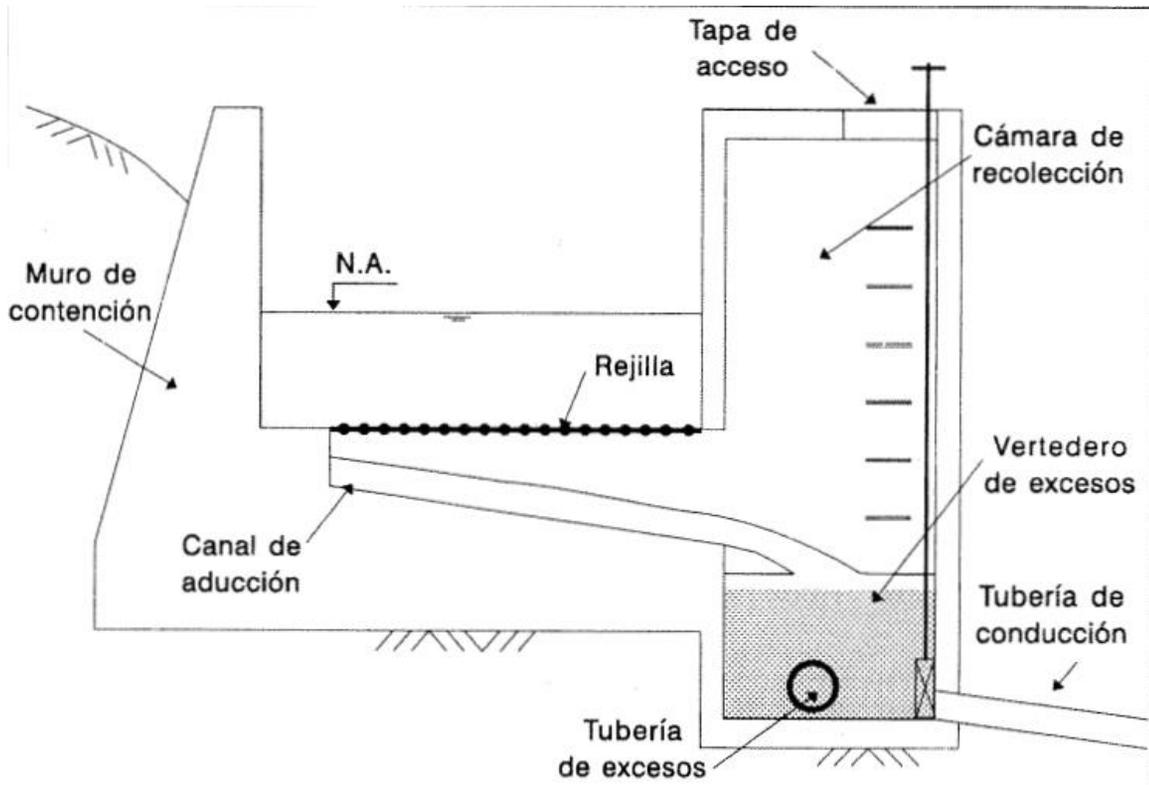
$ND$ : Número de dovelas totales en la sección.

$V_i$ : Velocidad media en la dovela en m/s.

### **6.7. Dimensionamiento del depósito de captación**

El dimensionamiento de la captación se ha realizado con base en la topografía del punto y de la clase de manantial, buscando no alterar la calidad del agua, ni modificar la corriente y el caudal natural del manantial, la velocidad del agua en la entrada de la toma no deberá ser superior a 0.60 m/s, implementándose así el diseño de un dique toma el cual consta de los elementos tales como; canal de aducción lo cual consta de una rejilla donde su función es retener partícula de mayor dimensión, cámara de recolección, vertedero de exceso y muros laterales (NTON 09 007 - 19, 2021)

Figura 3: Componentes típicos de un depósito de captación



Fuente: La figura representa las partes típicas de un depósito de captación, tomado de (Cualla, 1995)

La lámina de agua: Se ha utilizado para designar aquella función de los embalses por la cual el caudal máximo desaguado por el aliviadero y los órganos de desagüe es siempre menor que el pico de la crecida que lamina. La unidad de medida más frecuente para expresar la lámina es el mm, que equivale al volumen de 1 litro de agua distribuido en una superficie de 1 metro cuadrado, para determinar el valor de la lámina de agua para las condiciones de diseño se despeja el valor de H de la ecuación siguiente;  $Q = 1.84 \times L \times H^{1.5}$  (Cualla, 1995)

$$H = \frac{(Q)^{\frac{2}{3}}}{1.84 \times L} \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

H: Profundidad de la lámina de agua sobre la presa (m).

Qm: Caudal máximo diario (m<sup>3</sup>/s).

L: Longitud en (m).

### 6.7.1. Correcciones por contracciones generales

Contracción de la sección de una lámina vertiente producida por los lados de la escotadura de un vertedero si está limitado lateralmente, como ocurre, por ejemplo, cuando es un simple recorte rectangular en una pared vertical, la lámina vertiente experimenta una contracción lateral que da por resultado un menor caudal por unidad de longitud de la cresta del vertedero, debido a que la longitud efectiva de la cresta se disminuye. Según Francis, esta disminución es igual a  $(N/10) h$ , donde N es el número de contracciones laterales que presenta el vertedero, como se muestra en la ecuación 3 (Cualla, 1995).

$$I = L - 0.1 \times n \times H \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

I: Velocidad sobre presa.

L: Longitud (m).

n: Numero de contracciones.

H: Profundidad de la lámina de agua sobre la presa (m).

Velocidad de rio sobre la presa

Según (Cualla, 1995) la velocidad debe estar entre el rango 0.3 a 3 m/s.

$$Vr = \frac{Q}{L \times H} \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

Vr: Velocidad del rio (m/s).

Q: Caudal en (m<sup>3</sup>/s).

L: Longitud en (m).

H: Profundidad de la lámina de agua sobre la presa (m).

### 6.7.2. Diseño de rejilla y canal de aducción

Según (Cualla, 1995) la sección del canal de aducción puede ser rectangular o semi circular, donde consta de dos profundidades en los extremos tales como filo superior y filo inferior los cuales se muestran en las ecuaciones 5 y 6.

$$X_s = (0.36 \times V_r)^{\frac{2}{3}} + (0.6 \times H)^{\frac{4}{7}} \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde:

$X_s$ : Alcance filo superior (m).

$V_r$ : Velocidad del río (m/s).

$H$ : Profundidad de la lámina de agua sobre la presa (m).

$$X_i = (0.18 \times V_r)^{\frac{4}{7}} + (0.74 \times H)^{\frac{3}{4}} \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde:

$X_i$ : Alcance filo inferior (m).

$V_r$ : velocidad del río (m/s).

$H$ : Profundidad de la lámina de agua sobre la presa (m).

### 6.7.3. Ancho del canal de aducción

De acuerdo con (Cualla, 1995) este canal se encuentra dentro de la presa, se encarga de transportar el agua captada hacia la cámara de recolección. Su pendiente de fondo puede oscilar entre 1% y 4% con la finalidad que la velocidad del agua sea la mínima y se calcula mediante la ecuación 7. (pág. 84)

$$B = X_s + 0.1 \quad \text{Ecuación 7}$$

Donde:

$B$ : Ancho del canal de aducción (m).

$X_s$ : Alcance filo superior (m).

#### 6.7.4. Longitud de la rejilla

Las rejillas se rastrillan manual- mente hacia una placa perforada donde drenan los desechos antes de ser retirados para su eliminación.

$$Lr = \left( \frac{An \times Separacion + Diametro de Varilla}{Separacion * B} \right) \quad \text{Ecuación 8}$$

Donde

Lr: Longitud de la rejilla (m).

An: Área neta de la rejilla ( $m^2$ ).

#### 6.7.5. Niveles en el canal de aducción aguas abajo

Para calcular la profundidad aguas abajo se empleará la siguiente ecuación 9 (Cualla, 1995).

$$He = \sqrt[3]{\frac{(Q)^2}{g \times (B)^2}} \quad \text{Ecuación 9}$$

Donde:

He: profundidad aguas abajo (m).

Q: Caudal en (m<sup>3</sup>/s).

g: Aceleración de la gravedad (9.81 m/s<sup>2</sup>).

B: Ancho del canal de aducción (m).

An: Área neta de la rejilla (m<sup>2</sup>).

#### 6.7.6. Niveles en el canal de aducción de aguas arriba

Para calcular la profundidad aguas arriba se empleará las siguientes ecuaciones 10,11 y 12 (Cualla, 1995)

$$Ho = (2he)^2 + \left( he - \frac{(iLr)^2}{3} \right)^{\frac{1}{2}} - \frac{2}{3}iLr \quad \text{Ecuación 10}$$

$$Ho = ho + BL \quad \text{Ecuación 11}$$

$$H_e = h_e + (h_o - h_e) + iL_c + BL$$

Ecuación 12

Donde:

Ho: Profundidad  
aguas arriba (m).

He: Profundidad aguas abajo (m).

Lr: Longitud del rio (m).

Lc: Longitud critica (m).

BL: 15 cm.

### **Cálculo de la tubería de excesos**

Con base a (Cualla, 1995) el diámetro calculado no debe ser menor que 6" y se calcula con la siguiente ecuación 13.

$$D = \left( \frac{Q}{0.2785 \times C \times I \times 0.54} \right)^{\frac{1}{2.63}} \quad \text{Ecuación: 13}$$

Donde:

D: Diámetro (m).

C: Celeridad.

I: Pendiente %.

### **6.8. Diseño de bocatoma cámara de recolección desarenador**

Con Base a (Cualla, 1995) Para efecto del diseño del acueducto, se designa como una conducción el medio de transporte del caudal de diseño de la bocatoma al desarenador, donde el diámetro se calcula con la ecuación 14 (pág. 141)

La velocidad mínima especificada es de 0.6 m/s a tubo lleno, esta norma satisface la necesidad de obtener una velocidad que sea capaz de permitir el arrastre de material sedimentado.

$$D = 1.548 \times \left( \frac{n \times Q}{(s)^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{1}{8}} \quad \text{Ecuación 14}$$

Donde:

D: Diámetro.

n: Número de Manning a caudal de caudal de diseño.

S: pendiente de la tubería.

Q: Caudal de diseño (m<sup>3</sup>/s).

### **Ecuación Manning.**

$$Q_{lleno} = 0.312 \times \left( \frac{(D)^{\frac{8}{3}} \times (S)^{\frac{1}{2}}}{n} \right) \quad \text{Ecuación 15}$$

D: Diámetro comercial de la tubería.

n: Número de Manning a caudal de diseño.

Q: Caudal de diseño (M<sup>3</sup>/S).

S: Pendiente de la tubería (m/m).

### **Caudal de exceso máximo**

El caudal de exceso es el flujo restante entre la resta del caudal lleno y el caudal de diseño lo cual este será la parte exacta que se obtendrá, el cual se puede evaluar según la ecuación 16 (Cualla, 1995)

$$Q_{exesos} = Q_{lleno} - Q_{Diseño} \quad \text{Ecuacion16}$$

#### **6.8.1. Diseño de la cámara de recolección**

Esta cámara es la encargada de recibir el caudal entrante lo cual consta con un vertedero que traslada el agua hacia la cámara de quietamiento, donde se calcula con las ecuaciones 17,18 y 19 (Cualla, 1995).

Velocidades de las aguas al final del canal.

$$Ve = \frac{Q}{B \times hv} \quad \text{Ecuación 17}$$

$$Xs = 0.36 \times (Ve)^{\frac{2}{3}} + 0.6 \times (he)^{\frac{4}{7}} \quad \text{Ecuación 18}$$

$$Xi = 0.18 \times (Ve)^{\frac{4}{7}} + 0.74 \times (he)^{\frac{3}{4}} \quad \text{Ecuación 19}$$

Donde:

Q: Caudal de diseño.

B: Ancho.

hv: Profundidad aguas abajo.

Xs: Alcance filo superior (m).

Ve: Velocidad a la entrada.

He: Profundidad aguas abajo (m).

Xi: Alcance filo inferior (m).

### **6.9. Análisis del agua**

Se realizara la toma de muestra en los diferentes putos de la red tales como; captación, tanque de almacenamiento y en una vivienda ,siguiendo los requisitos del laboratorio se procedió a la toma de muestra con nuestro respectivo equipo necesario e higiénico donde se utilizó envases de vidrios transparentes esto para tener una mejor visión del agua ,cinta adhesiva para rotular los puntos de muestra y libreta de campo una vez culminado estos fueron trasladados al laboratorio donde los resultados obtenidos serán comparados con los siguientes parámetros de la norma de calidad de agua para el consumo Humano (CAPRE).

### 6.9.1. Análisis físico-químico y bacteriológico

Los análisis a realizarse son los siguientes; cloro residual, temperatura, dureza carbonato de calcio, cobre, zinc, arsénico, coliforme fecales, color verdadero y turbidez etc.

De acuerdo a la norma de calidad para el consumo humano (CAPRE, 1993) realizar esta actividad implica establecer una serie de parámetros preestablecidos para determinar la calidad del agua de la potencial fuente de consumo para ello el plantea los siguientes:

Tabla 2: Parámetros bacteriológicos.

Origen	Parámetro
A. Todo tipo de agua de bebida.	Coliforme fecal.
B. Agua que entra al sistema de distribución.	Coliforme fecal.
C. Agua en el sistema de distribución.	Coliforme fecal.

Fuente: Tabla tomada de *Normas De Calidad Del Agua Para El Consumo Humano*

### 6.9.2. Parámetros Físico – Químicos

Tabla 3. Parametros fisico-Quimicos

Parámetro	Unidad	Valor recomendado	Valor máximo admisible
Temperatura	°C	18 a 30	
Concentración de iones de hidrógeno	Valor de PH	6.5 a 8.5	
Cloro residual	mg/l	0.5 a 1.0	
Cloruros	mg/l	25	250
Conductividad eléctrica	µS/cm	400	-
Dureza	mg/l CaCO <sub>3</sub>	400	-

Sulfatos	mg/l	25	-250
Aluminio	mg/l	-	0.2
Calcio	mg/l CaCO <sub>3</sub>	100	-
Cobre	mg/l	1.0	2.0
Magnesio	mg/l CaCO <sub>3</sub>	30	50
Sodio	mg/l	25	200
Potasio	mg/l	-	10
Sol. Tot. Dis.	mg/l	-	1000
Zinc	mg/l	-	3.0

Fuente: Tabla tomada de *Normas De Calidad Del Agua Para El Consumo Humano* (CAPRE, 1993, pág. 11).

#### 6.10. Dotación y consumo

De acuerdo con el artículo 6.2.1.2. de (NTON 09 007 - 19, 2021) se toma la dotación de 130 lppd para las poblaciones menores a 5000 habitantes. (Comision Nacional de Normalización Técnica y Calidad, Ministerio de Industria y Comercio, 2021, pág. 9)

#### 6.11. Proyección de la población

Para conocer la población futura se aplicó la ecuación 20, método geométrico descrito en la norma (NTON 09 007 - 19, 2021), este método debe aplicarse a ciudades que no han alcanzado su desarrollo y que se mantienen creciendo a una tasa fija y es el de mayor uso en Nicaragua (Comision Nacional de Normalización Técnica y Calidad, Ministerio de Industria y Comercio, 2021, pág. 8).

$$P_n = P_o (1 + r)^n \quad \text{Ecuación 20}$$

Donde:

P<sub>n</sub>: Población del año “n”.

P<sub>o</sub>: Población al inicio del período de diseño.

r: Tasa de crecimiento en el periodo de diseño expresado en decimales.

n: Número de años que comprende el período de diseño.

### 6.12. Cálculo de la demanda

El cálculo del consumo de la población se basó en los datos recopilados con anterioridad en cuanto al crecimiento poblacional proyectado y la dotación estipulada en la (NTON 09 007 - 19, 2021) esta dotación incluye un factor estimado de pérdidas y desperdicio de agua en el sistema, de acuerdo a los niveles de servicio de los proyectos de abastecimiento de agua potable rural, determinando así el consumo promedio diario total del último día del periodo de diseño del proyecto.

Para obtener los factores de consumo se aplicarán las siguientes ecuaciones; Consumo doméstico (CD) Ecuación 21, Consumo comercial (CC) Ecuación 22, Consumo público (CPI) Ecuación 23, Consumo Industrial (CI) 24, Consumo promedio diario (CPD), consumo Máximo Dia (CMD) Ecuación 26, Consumo Máximo Hora (CMH)Ecuación 27.

$$\text{Consumo doméstico (CD)} = \frac{P \times D}{86400s} \quad \text{Ecuación 21}$$

Dónde:

CD: Consumo doméstico, l/s

P: Población, hab.

D: Dotación, lppd.

$$\text{Consumo comercial (cc)} = 7\% \times CD \quad \text{Ecuación 22}$$

Dónde:

CD: Consumo doméstico.

$$\text{Consumo público (CPI)} = 7\% \times CD \quad \text{Ecuación 23}$$

Dónde:

CD: Consumo Doméstico.

$$\text{Consumo industrial (CI)} = 2\% \times \text{CD}$$

*Ecuación 24*

Dónde:

CD: Consumo doméstico.

$$\text{Consumo promedio diario (CPD)} = \text{CD} + \text{CPI} + \text{CC} + \text{CI}$$

*Ecuación 25*

Dónde:

CD: Consumo doméstico.

CPI: Consumo público o institucional.

CC: Consumo comercial.

CI: Consumo industrial.

(NTON 09 007 - 19, 2021, págs. 8-12)

#### **6.12.1. Variaciones de consumo**

$$\text{Perdidas (P)} = 20\% \text{ CPD}$$

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

*Ecuación 26*

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

*Ecuación 27*

#### **6.13. Cálculo hidráulico de la línea de conducción**

Para el diseño hidráulico de la línea de conducción se tomó como referencia principal la topografía fuente-tanque, se trabajó con base a cada punto (PI) topográfico y la longitud entre cada punto como nodos del sistema.

Se dimensiono el diámetro de la línea de conducción por gravedad basado en caudal del CMD y los criterios de diseño descrito en la norma (Diseño de sistemas de abastecimiento agua potable NTON 09 007 - 19, 2021, págs. 22-23).

##### **6.13.1. Diámetro**

Cálculo de diámetro teórico de la tubería para la línea de conducción se hizo con la ecuación 28. Donde la diferencia de cotas de la fuente y descarga del tanque es la energía disponible (H), y si ésta supera una presión de 50 m, se procurará

dividir la carga hidrostática con válvulas reductoras de presión según el perfil topográfico del tramo.

$$D = \left[ 10.679 \frac{LQ^{1.85}}{HC^{1.85}} \right]^{\frac{1}{4.87}} \quad \text{Ecuación 28}$$

Donde:

Q: Caudal en metros cúbicos por segundo.

D: Diámetro en m.

L: Longitud en m.

H: Energía, m.

C: Coeficiente de rugosidad.

A partir del diámetro teórico se escogerá un diámetro comercial conveniente cuyo diámetro interno sea muy cercano al diámetro calculado con la ecuación 28.

### 6.13.2. Velocidad de flujo

Se calcula con la ecuación de continuidad según la ecuación 29.

$$\text{Velocidad } (V) = \frac{Q}{\pi \frac{D^2}{4}} \quad \text{Ecuación 29}$$

Donde:

Q: Caudal ( $m^3/s$ ).

D: Diámetro (m).

### 6.13.3. Pérdidas por fricción

Según (NTON 09 007 - 19, 2021) las pérdidas se calcularán con la fórmula de Hazen-Williams de acuerdo a la ecuación 30. (pág. 26)

$$H = \frac{10.679 \times L \times Q^{1.85}}{C^{1.85} D^{4.87}} \quad \text{Ecuación 30}$$

Donde:

H: Pérdidas.

Q: Caudal en metros cúbicos por segundo.

D: Diámetro en metros.

C: Coeficiente de rugosidad.

L: Longitud en metros.

#### 6.13.4. Análisis de la línea de energía y línea piezométrica

De acuerdo con (Diseño de sistemas de abastecimiento agua potable NTON 09 007 - 19, 2021) verificar que:

- Se debe calcular con el caudal de máximo día o con el que se considere más conveniente tomar de la fuente de abastecimiento de acuerdo a la naturaleza del problema que se tenga en estudio.
- En los puntos topográficamente elevados se debe mantener una presión mínima de 5 m.
- La presión estática máxima estará en función de las especificaciones técnicas de la clase de tubería a utilizarse, incorporando en la línea válvulas reguladoras de presión o cajas rompe presión donde sea necesario. (pág. 24)

#### 6.13.5. Golpe de ariete

Para calcular la celeridad se utilizará la fórmula de Allievi ecuación 31 de que se muestra a continuación:

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + K \times \frac{D}{e}}} \quad \text{Ecuación 31}$$

Donde:

D: Diámetro

e: constante

K: Constante

El tiempo de cierre se calcula con la ecuación 32 de Mendiluce para que no ocurra el golpe de ariete.

$$T = \frac{2 \times L \times v}{g \times Ha} \quad \text{Ecuación 32}$$

Siendo:

L: Longitud hasta el depósito (m).

v: Velocidad (m/s).

g: Aceleración de la gravedad, 9.81 m/s<sup>2</sup>.

Ha: Sobre presión máxima permitida.

En el caso que ocurra el golpe de ariete el tiempo de parada se evaluará y se calculará de la siguiente manera:

Para cierre rápido (Tiempo de Cierre  $T < \frac{2L}{v}$ ) la sobrepresión se calcula con la ecuación, de Allievi:

$$\Delta H = \frac{V \times c}{g} \quad \text{Ecuación 33}$$

V: Velocidad media del flujo en la tubería (m/s).

c: Celeridad.

g: Aceleración de la gravedad (m/s<sup>2</sup>).

En el caso de cierre lento (Tiempo de Cierre  $T > \frac{2L}{c}$ ) se utilizará la ecuación 34 de

Michaud, para calcular la sobre presión:

$$\Delta H = \frac{2 \times L \times V}{g \times T} \quad \text{Ecuación 34}$$

Donde:

$\Delta H$ : Sobrepresión debida al golpe de ariete (mca)

L: Longitud de la tubería (m).

v: Velocidad de régimen de agua (m/s).

T: Tiempo de parada o de cierre, según el caso (s).

g: 9.81 m/s (págs. 190-199)

#### 6.14. Válvulas

Con base a norma (NTON 09 007 - 19, 2021) en la línea de conducción por gravedad se instalarán de accesorios y válvulas para su debida operación, protección y mantenimiento. Si fuera necesario se instarán:

- Cajas rompe-presión cuando las presiones estáticas sobrepasen la presión máxima establecidas en el diseño.

- Se localizarán válvulas de aire y vacío con los diámetros adecuados en las cimas del perfil de la línea de acuerdo a lo establecido en el cálculo hidráulico.
- Cuando se requiera en los puntos más bajos de la línea se instalarán válvulas de limpieza con diámetros adecuados.
- Al inicio y al final de la línea de conducción, se instalarán válvulas de compuerta para regular o cortar el flujo cuando sea necesario (Comision Nacional de Normalización Técnica y Calidad, Ministerio de Industria y Comercio, 2021, pág. 27)

### **6.15. Cobertura y localización de la tubería**

Para sitios que corresponden a cruce de carreteras y caminos con mayor afluencia de tráfico se dará una cobertura mínima de 1.50 m sobre las coronas de la tubería, y en caminos de poco tráfico vehicular, una cobertura de 1.0 metros sobre la corona del tubo. (Diseño de sistemas de abastecimiento agua potable NTON 09 007 - 19, 2021)

### **6.16. Tren de tratamiento de agua potable**

#### **6.16.1. Tren de tratamiento**

El o los métodos de tratamiento y pretratamiento se basan en la calidad del agua cruda analizada en el laboratorio y comparada con los parámetros de la normativa CAPRE, se evaluará entre los métodos más usados en fuentes superficiales tales como: Sistemas de filtración multietapas tipo FIME de (COSUDE, 2005), planta potabilizadora, desarenadores con la metodología de (Organización Panamericana de la Salud & COSUDE, 2005), entre otras opciones de tratamiento existentes y aplicables en la zona.

#### **6.16.2. Desarenadores**

De acuerdo con el análisis de resultados se evaluará la implementación de desarenadores, en caso de que se requieran se diseñarán bajo los criterios de (Guía para el Diseño de Desarenadores y Sedimentadores, 2005).

Velocidad de sedimentación.

$$V_s = \frac{g}{18} \times \left( \frac{P_s - P}{\mu} \right) \times d^2 \quad \text{Ecuación 35}$$

Donde:

Vs: Velocidad de sedimentación de la partícula (cm/s)

g: Aceleración de la gravedad (981  $cm/s^2$ ).

Ps: Peso específico de la partícula Arenas = 2.65.

P: Peso específico del fluido Agua = 1.00.

$\mu$ : Viscosidad cinemática del fluido ( $cm^2/s$ ).

Tiempo que tardara la partícula. Cuanto mayor sea el diámetro (o radio de la partícula), mayor será la velocidad de sedimentación de dicha partícula donde se calcula mediante la ecuación 36 (Cualla, 1995).

$$T = \frac{H}{V_s} \quad \text{Ecuación 36}$$

Donde:

H: Altura

Vs: Velocidad de sedimentación de la partícula (cm/s)

Periodo de retención.

$$\theta = 3 \times T \quad \text{Ecuación 37}$$

Donde:

T: Tiempo.

Rangos a cumplir según (Cualla, 1995) 0.5 hr a 4 hr.

### 6.16.3. Volumen del tanque

Para el cálculo del volumen del tanque se calcula mediante la ecuación 38 que se muestra a continuación (Cualla, 1995).

$$Vt = \theta \times Q \quad \text{Ecuación 38}$$

Donde:

Q: Caudal de diseño.

$\theta$  : Tiempo.

Vt: Volumen del tanque.

### 6.16.4. Área superficial

La siguiente ecuación nos presenta como se calcula el área superficial mediante la ecuación 39 (Cualla, 1995).

$$As = V / H \quad \text{Ecuación 39}$$

Donde:

As: Área superficial.

V: Volumen.

H: Altura del desarenador.

### 6.16.5. Dimensión del tanque

Las dimensiones del tanque se calculan con la ecuación 40 que se nos muestra a continuación (Cualla, 1995).

$$B = \frac{\sqrt{AS}}{3} \quad \text{Ecuación 40}$$

Donde:

As: Área superficial.

B: Ancho del desarenador.

### **Carga hidráulica del tanque**

La carga hidráulica se calcula con la ecuación 41 que se nos muestra.

$$q = \frac{Q}{A} \quad \text{Ecuación 41}$$

Donde:

Q: Caudal.

As: Área superficial.

#### **6.16.5. Elementos de desarenador vertedero de salida**

$$Hv = \frac{(Q)^{\frac{2}{3}}}{(1.84 * B)} \quad \text{Ecuación 42}$$

$$Vn = \frac{Q}{B \times Hv} \quad \text{Ecuación 43}$$

Donde:

Hv: Altura de vertedero.

Q: Caudal (m<sup>3</sup>/s).

B: Ancho de vertedero.

Vn: Velocidad sobre vertedero.

Velocidad sobre la cresta del vertedero.

$$Xs = 0.36 \times (Vv)^{\frac{2}{3}} + 0.6 \times (Hv)^{\frac{4}{7}} \quad \text{Ecuación 44}$$

Donde:

Xs: Alcance de filo superior.

vV: Velocidad en vertedero.

Hv: Altura de vertedero.

### **Las cámaras de quietamiento**

son estructuras simples de sección circular o cuadradas, donde el agua ingresa por la parte inferior y sale a un canal de aforos por la parte superior en la cual se calcula mediante la ecuación 45 del libro de (Cualla, 1995).

$$Ancho = \frac{B}{3} \quad \text{Ecuación 45}$$

### Perfil hidráulico

Para el cálculo del perfil hidráulicos se calculó con la ecuación 46 con base a (Cualla, 1995).

$$hm = \frac{K\Delta \times V^2}{(2 \times g)} \quad \text{Ecuación 46}$$

Donde:

K Δ :Coeficiente (0.1).

V: Velocidad promedio.

g: Gravedad.

### Tiempo de vaciado.

Calculando el tiempo de vaciado basándose en el libro de (Cualla, 1995) se trabajó con la ecuación 47 la ecuación 48 y la ecuación 49 como se muestra a continuación.

$$Q = cd \times \sqrt{2 \times g \times H} \quad \text{Ecuación 47}$$

$$Cd = \frac{Q}{A \times \sqrt{(2 \times g \times H)}}$$

Ecuación 48

$$T = \frac{(2 \times As)}{C \times D \times A \times \sqrt{(2 \times g)}} * (H)^{\frac{1}{2}} \quad \text{Ecuación 49}$$

Donde:

Q: Caudal ( $m^3 / s$ ).

Cd: Coeficiente de descarga.

g: Gravedad. ( $9.81 m/s^2$ )

H: Altura

As: Área superficial.

D; Diámetro.

A: Área.

#### 6.16.6. Presiones máximas de la cámara de aquietamiento

Para el cálculo de las presiones en la cámara de aquietamiento se trabajó con las ecuaciones 50, 51 y 52 que se muestran a continuación.

$$Q_{exeso} = Q_{lleno} - Q \quad \text{Ecuación 50}$$

$$He = \frac{Q_{exeso}}{1.84 \times L} \quad \text{Ecuación 51}$$

$$Vc = \frac{Q_{exceso}}{Hv \times Lc} \quad \text{Ecuación 52}$$

Donde:

Q: Caudal ( $m^3/s$ )

He: Profundidad aguas abajo.

L: Longitud.

vc: Velocidad crítica.

Lc: Longitud crítica.

Hv: Altura de vertedero.

#### 6.17. Sedimentador

Para el diseño del sedimentador se ha citado a las Normas Técnicas Obligatorias Nicaragüenses para el diseño de abastecimientos de agua potable rural, la cual establece los criterios de diseño para el mismo, el diseño se concibe debido a la turbidez del agua y al tipo de fuente, siendo este el caso de una fuente superficial. (Diseño de sistemas de abastecimiento agua potable NTON 09 007 - 19)

Se determina según (OPS., 2004) el área superficial de la unidad (As), con la ecuación 53 que se muestra a continuación.

$$As = \frac{Q}{Vs} \quad \text{Ecuación 53}$$

Donde:

As: área superficial.

Q: Caudal ( $m^3/s$ ).

vs: Velocidad de sedimentación.

Se determina la longitud en la zona sedimentador, con la ecuación 54, con base a la (OPS., 2004)

$$L = \frac{As}{B} \quad \text{Ecuación 54}$$

Donde:

L: Longitud de sedimentador.

As: Área de sedimentador.

B: Ancho de sedimentador.

Se tendrá como longitud total.

$$Lt = L1 + L2 \quad \text{Ecuación 55}$$

Se verifica si cumple con la relación de (L/B).

$$Relacion = \frac{L}{B} \quad \text{Ecuación 56}$$

Donde:

L: Longitud.

B: Ancho.

Se verifica si cumple con la relación (L/H).

$$Relacion = \frac{L}{H} \quad \text{Ecuación 57}$$

Donde:

L: Longitud.

H: Altura.

Se determinará la velocidad horizontal, (VH).

$$VH = \left( \frac{Q}{B \times A} \right) \times 100 \quad \text{Ecuación 58}$$

Donde:

vh: Velocidad horizontal

B: Ancho.

A: Área.

Se determina el periodo de retención.

$$T_o = \frac{\text{Volumen}}{Q} \quad \text{Ecuación 59}$$

Donde:

Q: Caudal ( $m^3/s$ ).

Se tiene con altura máxima.

$$HT = H + 0.1 \times H \quad \text{Ecuación 60}$$

Donde:

H: Altura.

Se tiene como altura de agua sobre el vertedero.

$$H_2 = \left( \frac{Q}{1.84 \times B} \right)^{\frac{2}{3}} \quad \text{Ecuación 61}$$

Donde:

Q: Caudal ( $m^3/s$ ).

B: Ancho.

Diseño de la pantalla difusora

Área total de los orificios.

$$A_o = \left( \frac{Q}{\text{Orificios}} \right) \quad \text{Ecuación 62}$$

Donde:

Q: Caudal ( $m^3/s$ ).

Se determina el número de orificios.

$$n = \left( \frac{A_o}{a_o} \right) \quad \text{Ecuación 63}$$

Donde:

A<sub>o</sub>: Área total de cada orificio.

a<sub>o</sub>: Área de cada orificio.

Se determina la porción de altura de la pantalla difusora con orificios.

$$h = H - \frac{2}{5} \times H \quad \text{Ecuación 64}$$

Donde:

h: Altura de la pantalla difusora.

H: Profundidad de sedimentador.

Se determina el espaciamiento entre las filas.

$$a_l = \frac{h}{n_f} \quad \text{Ecuación 65}$$

Donde:

a<sub>l</sub>: Espaciamiento entre filas.

nf: Numero de filas.

h: Altura de la pantalla difusora.

Se determina el espaciamiento entre columnas.

$$a_2 = \frac{B}{Ac} \quad \text{Ecuación 66}$$

### 6.18. Filtración en múltiples etapas

Para tratar el agua cruda de la fuente se propone una filtración en múltiples etapas (FiME). La tabla 1 presenta de manera resumida la clasificación propuesta para la calidad del agua de fuentes superficiales, considerando tres parámetros básicos discutidos. Estos rangos están asociados con las características del agua cruda en tres tipos de fuentes superficiales: riesgo bajo: con fuentes de ladera bien protegidas; riesgo intermedio: en fuentes con alta intervención humana y con moderados niveles de sólidos, turbiedad, color y riesgo alto: con características como los ríos de valle que reciben vertimientos de aguas residuales y aguas de escorrentía superficial de zonas agroindustriales.

Tabla 4: Resumen de rangos de calidad de agua en fuentes superficiales para orientar la selección de opciones FiME.

<b>Rango</b>	<b>Nivel promedio</b>
Bajo	Turbiedad < 10 UNT
	Coliformes Fecales < 500 UFC/100 ml
	Color Real < 20 UPC
Intermedio	Turbiedad 10-20 UNT
	Coliformes Fecales 500 - 10000 UFC/100 ml
	Color Real 20 - 30 UPC
Alto	Turbiedad 20-70 UNT
	Conformes Fecales 10000 - 20000 UFC/100 ml

	Color Real 30 - 40 UPC
--	------------------------

Fuente: Elaboración propia

### Selección del FiME

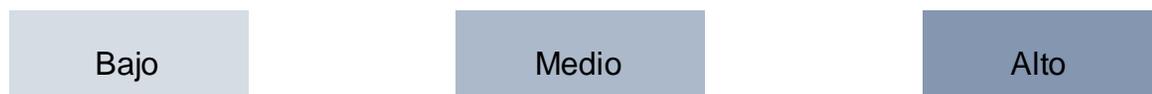
Con base en las consideraciones anteriores se ha establecido la siguiente guía para la selección de alternativas de tratamiento de FiME, la cual se basa en los rangos seleccionados de los parámetros de calidad de agua.

Tabla 5: Modelo para la selección de un sistema de tratamiento de agua por filtración en múltiples etapas, FiME.

Turbiedad (UNT)	< 10	10 - 20	20 - 50	50 - 70 <sup>(2)</sup>
Color real (UC)	< 20	20 - 30	30 - 40	30 - 40 <sup>(2)</sup>
Coliformes fecales < 500	Sin FGA	FGAC <sub>0.6</sub>	FGAC <sub>0.45</sub>	FGAS <sub>30.3</sub>
500 - 1000	FGAC <sub>0.6</sub>	FGAC <sub>0.6</sub>	FGAC <sub>0.45</sub>	FGAS <sub>30.3</sub>
10,000 - 20,000	FGAC <sub>0.45</sub>	FGAC <sub>0.45</sub>	FGAC <sub>0.45</sub>	FGAS <sub>30.3</sub>

Fuente: Elaboración propia

Clasificación de fuentes según el rango de calidad.



Todas las opciones de pretratamiento inclusive aquella sin FGA, incluye dentro de sus componentes de tratamiento, FGD<sub>i</sub> con velocidad de filtración 2.0 m/h y FLA con velocidad 0.15 m/h. (El subíndice del pretratamiento indica la velocidad de filtración recomendada en m/h).

- Para valores superiores a 70 UNT; 20000 UFC/100 ml o 40 UC, se recomienda realizar estudio en planta piloto.

En adelante, se realizará el dimensionamiento de los componentes de tratamiento, para este caso con un nivel de contaminación de la fuente clasificado como “bajo”

y siguiendo los parámetros de diseño descritos en el libro Filtración en múltiples etapas (OPS., 2004)

### 6.19. Diseño de Filtro (FGDi)

Estimación del caudal del modelo de diseño a escala, este se calcula mediante las ecuaciones siguientes. (COSUDE, 2005)

Área del filtro:

$$A = \frac{Qd}{2Vf} \quad \text{Ecuación 67}$$

Donde:

Qd: Caudal de diseño.

Vf: Velocidad de filtración.

Número de unidades.

$$N = 2$$

Velocidades de filtración.

$$Vf = 2 - 3 \text{ m/h} \quad \text{Ecuación 68}$$

Se asume 3 m/h

Caudal por cada módulo.

$$Q_{diseño/2} = \frac{Q \text{ m}^3/\text{s}}{2} \quad \text{Ecuación 69}$$

Se asume B = 1.5 m

$$L = \frac{As}{B} \quad \text{Ecuación 70}$$

Donde:

As: Área de sedimentador.

B: Ancho.

Altura del filtro.

$$H_f = H_{ls} + H_{lf} + H_{lb} \quad \text{Ecuación 71}$$

Donde:

H<sub>f</sub>: Altura del filtro.

H<sub>ls</sub>: Altura del lecho filtrante (0.30).

H<sub>lf</sub>: Altura del lecho filtrante (0.70).

H<sub>lb</sub>: Altura del borde libre (0.20).

### 6.19.1. Dimensionamiento del filtro grueso dinámico (FGDi)

Relación de filtro 3:1 m

Ancho = 1.5 m

Altura = 1.20 m

Diseño del caudal de entrada.

S = 1%

N = 0.0013 (Hormigón)

**Ecuación de Manning**

$$Q = \frac{A}{n} \times (R)^{\frac{2}{3}} \times (S)^{\frac{1}{2}} \quad \text{Ecuación 72}$$

Donde:

Q: Caudal ( $m^3/s$ )

A: Área (m)

R: Radio hidráulico

S: Pendiente.

$$R = \frac{Y}{2} \quad \text{Ecuación 73}$$

$$A = 2Y \times Y \quad \text{Ecuación 74}$$

Donde:

R: Radio hidráulico

Y: Altura de tirante.

Método mediante sol ver.

$$0.00776 = \frac{2Y^2}{0.0013} \times \left(\frac{Y}{2}\right)^{\frac{2}{3}} \times (0.001)^{\frac{1}{2}} \quad \text{Ecuación 75}$$

$$Y = 0.3 \text{ m}$$

$$B = 0.6 \text{ m}$$

### 6.19.2. Diseño de vertedero triangular

Este vertedero es principalmente para el control de niveles de canales pueden ser calibrado y usados como estructura de medición de caudal para ellos se calcula con las siguientes ecuaciones 76, 77, 78, 79

$$Q = (1.386) \times (h)^{\frac{5}{2}} \quad \text{Ecuación 76}$$

$$P = 3 \times h \quad \text{Ecuación 77}$$

$$B = 8 \times h \quad \text{Ecuación 78.}$$

$$a = 3 \times h \quad \text{Ecuación 79}$$

Donde:

h= Carga.

P: Pared.

B: Base.

a: Contracciones.

Q: Caudal de diseño.

### 6.19.3. Diseño de filtro lento de arena (FLA)

Con base a (COSUDE, 2005) el rango de Velocidad de filtración tiene que ser de : 0.1-0.3 m/h y el Área del filtro < 100 m<sup>2</sup> por ende se calcula con la ecuación 80 y las siguientes a continuación.

$$A_f = \frac{Q_{diseño}}{V_f} \quad \text{Ecuación 80}$$

Donde:

Qd: Caudal de diseño.

Vf: Velocidad de filtración.

Altura de filtro.

$$H_f = H + H_{ls} + H_{lf} + H_{as} + H_{bl} \geq 1.50 \text{ m} \quad \text{Ecuación 81}$$

H: Altura de la pared de la caja 0.20 m.

H<sub>ls</sub>: Altura del lecho de soporte 0.25 m.

H<sub>lf</sub>: Altura de lecho filtrante 0.80 m.

H<sub>as</sub>: Altura de agua sobrenadantes 0.75 m.

H<sub>bl</sub>: Altura de borde libre 0.10m.

### 6.19.4. Cálculo de diseño de la tubería múltiple en el filtro grueso dinámico (FGDi)

$$Q_{lavado} = V_{lavado} \times B \times L \quad \text{Ecuación 82}$$

Donde:

B: Ancho.

L: Longitud.

Longitud de tubería principal L = 3.1 m

Numero de fuerzas laterales N = 4

$Ru = 0.0015$

$Do = 0.75$  Tablas del anexo 5 (valle, 2005)

$$S = \frac{d}{N} \quad \text{Ecuación 83}$$

Donde:

S: Porcentaje de eficiencia.

d: Longitud menos constante (0.4).

N: Longitud.

Formula a emplear:

$$Ro = \frac{n \times Ao}{Al} \quad \text{Ecuación 84}$$

$$Ao = 0.785 \times (do)^2 \quad \text{Ecuación 85}$$

$$n = \frac{Ro \times Al}{Ao} \quad \text{Ecuación 86}$$

Donde:

n: Numero de orificios

Al: Área del filtro.

Ao: Área total de cada orificio.

Ro: constante (0.0015).

do: Diámetro de partícula.

Determinación del diámetro de la tubería lateral.

$$\theta l = \theta_{orificios} \times \sqrt{2 \times n} \quad \text{Ecuación 87}$$

Donde:

$\Theta$ : Diámetro de orificios.

n: Numero de orificios.

Calculo en el diámetro de la tubería principal.

$$\theta p = \theta l \times \sqrt{2 \times Nl} \quad \text{Ecuación 88}$$

### 6.19.5. Diseño del sistema de drenaje del filtro lento de arena (FLA)

Nota: Para el cálculo de orificios se adopta una pérdida de carga máxima en los orificios de 0.05 m, que corresponde a orificios de 1/8 in.

Hf = 0.05 m

$$N = \frac{Q}{C \times a \times \sqrt{2 \times g \times hf}} \quad \text{Ecuación 89}$$

Donde:

N: Numero de orificios totales.

Q: Caudal (m<sup>3</sup>/s)

a: Constante 8x10<sup>-6</sup>.

g: Gravedad 9.81 m/s<sup>2</sup>.

hf: Constante (0.005).

C: Constante de (0.61).

Determinación de diámetros de las tuberías laterales.

$$\theta l = \theta_{orificios} \times \sqrt{2 \times n} \quad \text{Ecuación 90}$$

Donde:

Θ: Diámetro de orificios.

n: Numero de orificios.

Determinación del diámetro de la tubería principal.

$$\theta l = \theta_{orificios} \times \sqrt{2 \times n} \quad \text{Ecuación 91}$$

Donde:

$\Theta$ : Diámetro de orificios.

n: Numero de orificios.

### 6.19.6. Pérdidas de cargas

Perdidas de cargas en lechos filtrante.

Nota: De la ecuación de Fair y Hatch para pérdida de carga en lechos filtrantes no estratificados.

$$H_{f_{\text{filtro intermedio}}} = F \times \frac{L \times Y}{g} \times V \times \frac{(1 - P_o)^2}{P_o^3} \times \left( \frac{6}{L_e \times D_c} \right)^2 \quad \text{Ecuación 92}$$

$$H_{F_{\text{total}}} = H_{f1} + H_{f2} + H_{f3} \quad \text{Ecuación 93}$$

Filtro lento de arena (FLA).

Donde:

$$F = 5$$

$$L = 800 \text{ cm}$$

$$G = 9.81 \text{ cm/s}^2$$

$$Y = 1.00 \text{ E}^{-2} \text{ cm}^2 / \text{s}$$

$$P_o = 0.4$$

$$C_e = 0.82$$

$$D_c = 0.03$$

$$V = 0.3 \text{ m/h} = 0.00833 \text{ cm/s.}$$

Le: Rango de longitud.

Medio filtrante inferior.

$$H_{f_{\text{filtro superior}}} = F \times \frac{L \times Y}{g} \times V \times \frac{(1 - P_o)^2}{P_o^3} \times \left( \frac{6}{L_e \times D_c} \right)^2 \quad \text{Ecuación 94}$$

$$H_{\text{total}} = H_{\text{sup}} + H_{\text{infer}} \quad \text{Ecuación 95}$$

### 6.20. Desinfección

Con base a la norma (NTON) esta debe cumplir con los valores recomendados y máximos permisibles, establecidos en el Acuerdo Ministerial No.65-94 que

corresponden a las Normas Regionales CAPRE, “Normas de Calidad del Agua para el consumo”; en su versión vigente. El sistema de abastecimiento de agua, debe considerar un sistema de desinfección apropiado, que garantice la calidad bacteriológica del agua para consumo humano, el cálculo de la dosis debe ser establecida en función de la calidad del agua y el caudal. (Diseño de sistemas de abastecimiento agua potable NTON 09 007 - 19, pág. 35)

La capacidad de cloro, teniendo en cuenta una dosis de referencia de 2.2 mg/l. (Instituto Nicaraguense de Acuenductos y Alcantarillados, 1990)

$$Ca = \frac{Q \times C}{1000} \quad \text{Ecuación 96}$$

Dónde:

Ca: Capacidad de diseño de la estación de cloración Kg Cloro/día.

Q: Caudal de agua, máximo horario  $m^3 / dia$ .

C: Dosis de cloro a aplicar mg/L Desinfección:

De acuerdo con la (NTON 09 007 - 19, 2021) en la desinfección del agua para consumo humano debe utilizarse el cloro gaseoso, la concentración del mismo está dictada por los datos arrojados del análisis del agua planteados en los puntos 6.6.1 y 6.6.2 respectivamente aplicado mediante un sistema de cloración se evaluará entre las opciones de cloración al vacío o a presión .

### **6.21. Tanque de almacenamiento**

La capacidad mínima debe estar compuesta por, volumen compensador: Debe compensar las variaciones horarias del consumo, en este caso se debe almacenar para:

- a) Poblaciones menores de 20000 habitantes, el 25% del consumo promedio diario más pérdidas (CPD).
- b) Reserva para eventualidades y/o emergencias: Este volumen debe ser igual al 15% del consumo promedio diario (CPD).

c) Localización: Los tanques deben estar ubicados lo más cercano posible a la red de distribución, teniendo en cuenta la topografía del lugar y que garantice las presiones uniformes en todas y cada una de las casas tributarias a cada nodo, componente de dicha red.

El fondo del tanque debe estar a una elevación que garantice la presión residual mínima establecida. (NTON 09 007 - 19, 2021, pág. 33).

#### **6.21.1. Diseño de las dimensiones del tanque de almacenamiento**

Esta consideración prevé al abastecimiento de agua durante los periodos de reparación de los sistemas de tomas, conducción, tratamiento o casos de fallas en el sistema. Se recomienda considerar un volumen equivalente a 2 horas del consumo máximo diario, por ende, se procede a calcular el Volumen de reserva mediante la ecuación 97.

$$V_{reg} = c \times Q_{maxd} \times T \quad \text{Ecuación 97}$$

Donde:

Tiempo = 1 día.

C= 0.15 – 0.3 m/h.

Vreg: Volumen regular.

Q: Caudal máximo diario.

Volumen de la reserva.

$$V_{reg} = Qd \times t \quad \text{Ecuación 98}$$

Donde:

Vreg: Volumen de regulación.

Qd: Caudal máximo de diseño.

t: Tiempo de espera.

Dimensiones del tanque.

Se asume  $h=3$ .

$$L = 2 \times B \quad \text{Ecuación 99}$$

$$A = L \times B \quad \text{Ecuación 100}$$

$$A = 2 * (B)^2 \quad \text{Ecuación 101}$$

$$V = A \times h \quad \text{Ecuación 102}$$

$$A = \frac{V}{n} \quad \text{Ecuación 103.}$$

Donde:

L: Longitud.

V: Volumen.

B: Ancho.

A: Área.

h: Altura.

$$Vol = Largo \times Ancho \times Alto \quad \text{Ecuación 104}$$

Volumen de tanque:

$$Vt = \theta \times Q \quad \text{Ecuación 105}$$

Donde:

Vt: Volumen del tanque.

$\theta$ : Periodo de retención.

Q: Caudal en ( $m^3/s$ )

### 6.21.2. Simulación hidráulica del MAG

- Una vez obtenido terminado el levantamiento se dejan caer los puntos en civil 3d luego se exportan a EPACAD y EPANET donde se procede la simulación y se hacen las debidas correcciones en la red si hay puntos escondidos o si falta elevaciones de ahí aplicamos el caudal de diseño

revisa que tanto como las presiones y velocidades cumplan de acuerdo a lo establecido en la norma.

### 6.21.3. Simulación de la línea de conducción

- Se generarán tablas de los tramos de tuberías con las siguientes especificaciones; diámetros, velocidades, caudales y en los nodos tablas con cotas, alturas, presiones.
- Se extraerán perfiles de cotas, alturas piezométricas, presiones

### 6.22. Simulación de la red de distribución

Debido al grado de dispersión que presentan las viviendas de la comunidad en estudio se optó por asignar una red del tipo abierta o ramificada la cual se adapta muy bien a la necesidad

- Cálculo de nodos concentrados, se calcula el caudal por longitud con la ecuación 106 siguiente.

$$Qu \frac{Q_{MH}}{L_t} \quad \text{Ecuación 106}$$

Donde:

Qu: Caudal por longitud total.

QDH= Caudal máximo horario.

Lt: Longitud total.

Para el cálculo de caudales en las líneas principales y secundarias se definen mediante la ecuación 107 siguiente.

$$Q_{ul} = Q_u \times L \quad \text{Ecuación 107}$$

Donde :

Q<sub>ul</sub>: caudal en las líneas.

Q<sub>u</sub>: Caudal por longitud total.

L: longitud de las líneas .

- Simulación con CMH Método para el cálculo de la red de distribución se podrá realizar mediante el método los nodos concentrados basado en CMH.

- Plantea que se permitirán velocidades de flujo de 0.60m/s a 5.00m/s, de ser necesario se deben instalar válvulas de limpieza.
- En las zonas rurales se permitirán presiones mínimas de 5 m en el punto de la conexión con el medidor domiciliario y presiones máximas en la línea de conducción de acuerdo a las características del material y al análisis hidráulico a utilizar debidamente justificado. En la red de distribución las presiones máximas serán de 50 m.
- Se solicita que el diámetro mínimo de la tubería de la red de distribución será de 2 pulgadas (50mm) siempre y cuando se demuestre que su capacidad sea satisfactoria para atender la demanda máxima, aceptándose en ramales abiertos en extremos de la red, para servir a pocos usuarios de reducida capacidad económica; y en zonas donde razonablemente no se vaya a producir un aumento de densidad de población, podrá usarse el diámetro mínimo de una pulgada y media 1 ½" (37.5 mm) en longitudes no superiores a los 100.00 m .
- En el diseño de tuberías colocadas en calles de tránsito vehicular se mantendrá una cobertura mínima de 1.20 m, sobre la corona del conducto en toda su longitud, y en calles peatonales esta cobertura mínima será 0.70 m. (pág. 29)
- Simulación con demanda cero
- Criterios para la simulación de la red
- Se generarán tablas de tuberías con diámetros, velocidades, caudales y pérdidas por fricción y en los nodos tablas con cotas, alturas, presiones y demanda base.
- Se extraerán perfiles de cotas, alturas piezométricas, presiones

#### **6.22.1. Simulación de cloro**

Se propone la colocación de un hipo clorador de carga constante en el tanque, el cual estará proporcionando la cantidad necesaria de cloro para la eliminación de bacterias.

Como en el mercado nacional las soluciones de hipoclorito de sodio se venden en presentaciones del 12% de concentración, es necesario calcular el volumen de solución al 12% de concentración para preparar una solución al 3% de concentración que es la que nos permite calcular la dosificación del aparato y se define con la ecuación 106.

$$Ca = \frac{Q \times C}{1000} \quad \text{Ecuación 108}$$

### **Presupuesto**

Se le asignará un valor monetario a la cantidad de obras correspondientes a los planos constructivos tomando como guía el catálogo de etapas y sub etapas de FISE.

## VII. ANÁLISIS Y PRESENTACION DE RESULTADOS

### 7.1. Estudio socioeconómico

El estudio se realizó por medio de la aplicación censo poblacional con metodología FISE, las cuales fueron modificadas de acuerdo a la situación actual de la comunidad. Según los resultados de la encuesta aplicada al 100% de los jefes arrojan los siguientes resultados:

#### 7.1.1. Características demográficas

La siguiente tabla 4 y figura 4 representa las cantidades totales de la población segregadas por sexo. La cantidad de mujeres de la comunidad representa el 52.01% de la población y 766 hombres correspondiente al 47.99%, para un total de 1596 habitantes que serán beneficiados con el proyecto de agua.

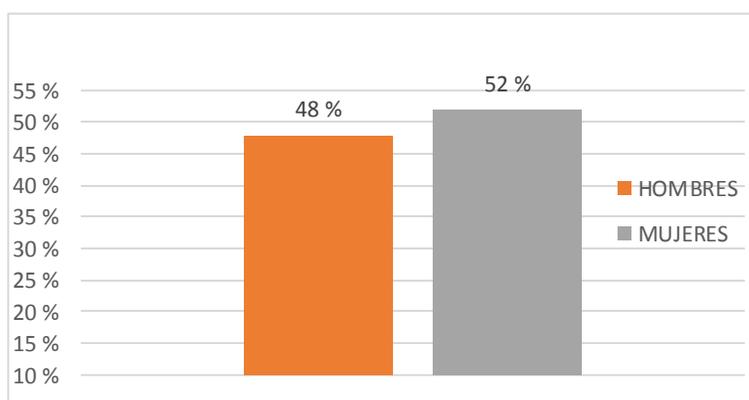
Tabla 6: Porcentaje habitantes según el sexo.

Sexo	Cantidad de habitantes	Porcentaje (%)
Hombres	766	47.99%
Mujeres	830	52.01%
Total:	1596	100%

Fuente: Elaboración propia.

Como se observó en la tabla anterior el rango de sexo predominante en la comunidad son las mujeres con 52.01 %.

Figura 4 : Grafica de porcentaje habitantes según el sexo



Fuente: Elaboración propia.

### 7.1.2. Situación de las viviendas

De acuerdo con los resultados obtenidos de las entrevistas, la comunidad Santa Clara consta de 535 vivienda de las cuales se encuentran habitadas 444 correspondiente al 83% ,91 vivienda están inhabitadas equivale al 17 % y 3 son escuelas públicas con el 0,6%, tal como se muestra la siguiente tabla 5 y figura 5.

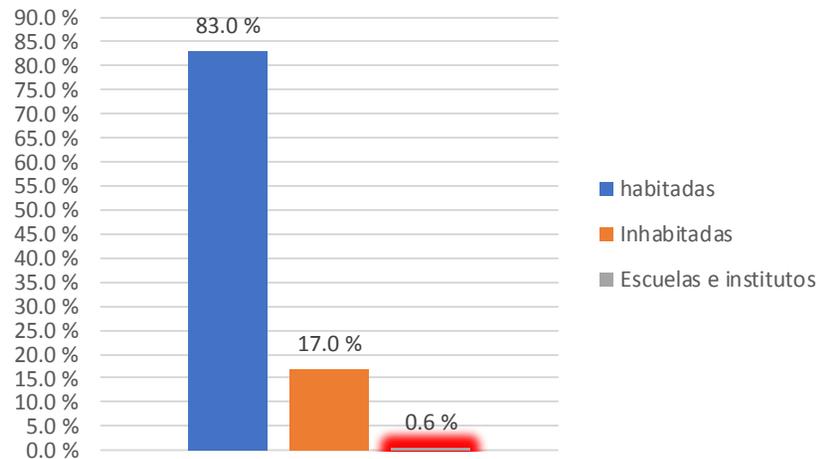
Tabla 7: Situación de la comunidad

COMUNIDAD	Viviendas	Familias	Habitadas	Deshabitadas	Escuelas e institutos
Santa Clara	535	462	444	91	3
Porcentaje	100%	—	83%	17%	0.6%
<b>TOTAL</b>	<b>535</b>	<b>462</b>	<b>444</b>	<b>91</b>	<b>3</b>

Fuente: Elaboración propia.

Como se muestra en la tabla anterior la mayoría de las viviendas están habitadas con el 83 % de ellas

Figura 5: Distribución porcentual de la comunidad



Fuente: Elaboración propia

### 7.1.3. Rango de la población por edades

De acuerdo al censo se registraron variados rangos de edades de (0-5) 123 personas equivalentes al 7.71%, de (6-12) correspondiente a 202 personas, el cual es proporcional al 12.66%, de (13-18). 210 equivalentes a 13.16%, de (19-30) 356 equivalentes a 22.31%, de (31-60) 562 equivalentes a 35.21%, de (61+) 143 equivalentes a 8.96% así completando un total de 1596 personas equivalente al 100%.

La siguiente tabla 6 y figura 6 nos muestra la distribución total de los habitantes de la población, por rango de edades:

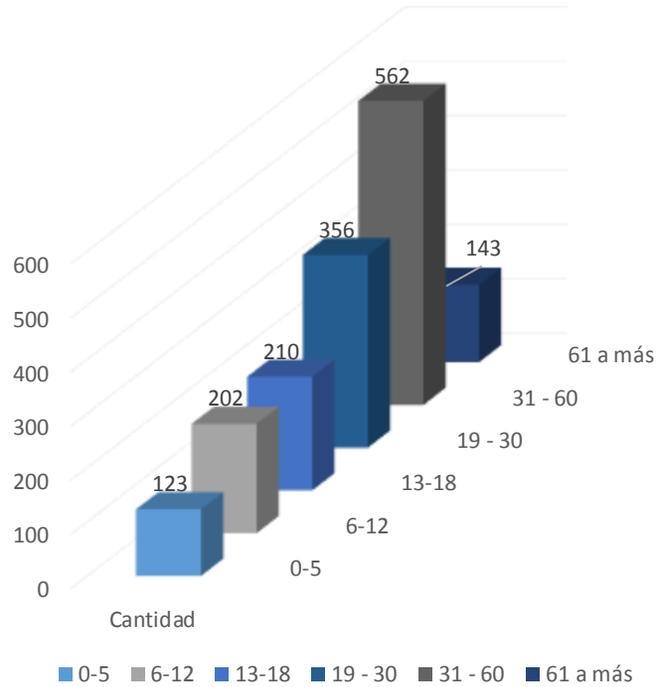
Tabla 8: Rango de edades.

<b>Edades</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
<b>0-5</b>	123	7.71%
<b>6-12</b>	202	12.66%
<b>13-18</b>	210	13.16%
<b>19 – 30</b>	356	22.31%
<b>31 – 60</b>	562	35.21%
<b>61 a más</b>	143	8.96%
<b>Totales</b>	<b>1596</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia.

Como se muestra en la tabla anterior el rango de edades que más predomina es de 31 a 60 años con un 35.21 % siendo estos adultos.

Figura 6: Clasificación de la población por edad de la comunidad Santa Clara.



Fuente: Elaboración propia.

#### 7.1.4. Escolaridad de la población

En la comunidad cuenta con los siguientes rangos de escolaridad: personas iletradas 175 equivalentes al 10.96%, pre escolar 51 equivalente al 3.2%, primaria 698 equivalente al 43.73 %, secundaria 625 equivalente al 39.16 %, estudios técnicos 15 equivalente al 0.94 %, estudios superiores 32 equivalente al 2.01%, esto para un total de 1596 personas equivalente al 100%.

En la tabla 7 y figura 7 a continuación, se muestra detallado lo anteriormente mencionado.

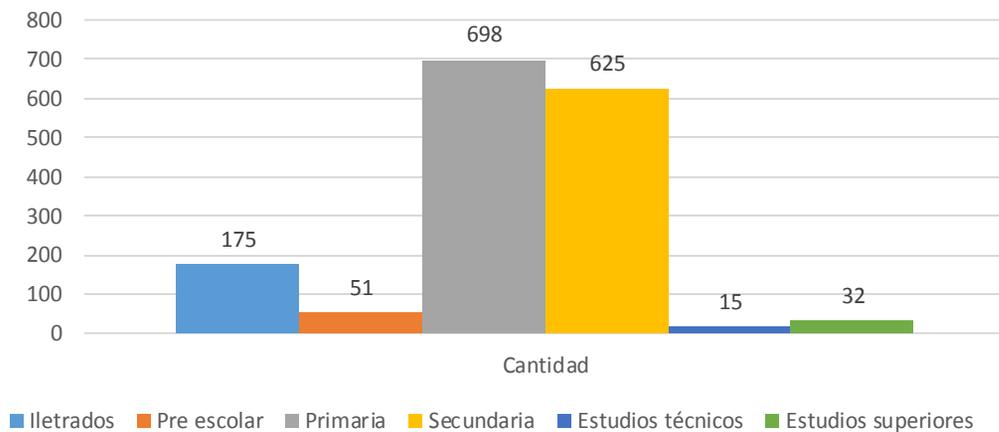
Tabla 9: Resultados de escolaridad por población.

Escolaridad	Cantidad	Porcentaje (%)
<b>Iletrados</b>	175	10.96%
<b>Pre escolar</b>	51	3.20%
<b>Primaria</b>	698	43.73%
<b>Secundaria</b>	625	39.16%
<b>Estudios técnicos</b>	15	0.94%
<b>Estudios superiores</b>	32	2.01%
<b>Total, Población</b>	1596	100.00%

Fuente de elaboración propia.

Como se muestra en la tabla anterior el rango de escolaridad de la población que predomina es el de secundaria con el 43.73 %

Figura 7: Nivel de escolaridad de la población de la comunidad Santa Clara.



Fuente: Elaboración propia.

### 7.1.5. Actividad de los miembros de la familia

En lo que a la ocupación de los miembros respecta, se identifica que el mayor porcentaje corresponde a estudiantes con 30.20% equivalentes a 482 estudiantes, asimismo, 340 amas de casa 21.30%, 329 agricultores, correspondientes al 20.61%, seguido por 163 personas que se dedican a otros oficios como maestro, abogado, enfermera, etc. con un 10.21%, finalmente, 223 personas sin ocupación correspondientes al 13.97%, el cual corresponde a niños y niñas entre el rango de edad de 0-5 años de edad y personas con capacidades diferentes.

En la tabla 8 y figura 8 se muestra detallado lo anteriormente mencionado.

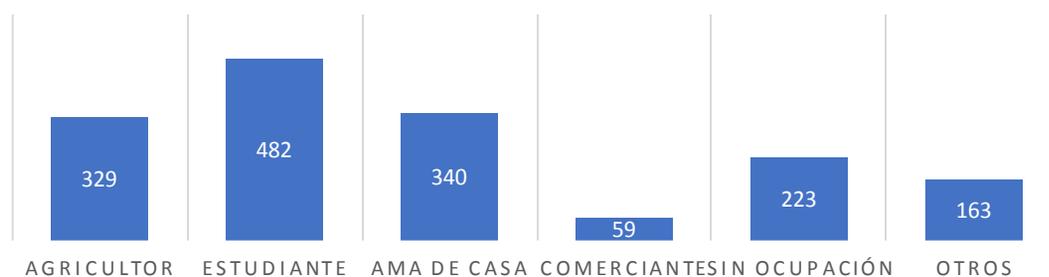
Tabla 10: Actividad de la población de la comunidad Santa Clara

Ocupación	Numero	Porcentaje (%)
Agricultor	329	20.61%
Estudiante	482	30.20%
Ama de casa	340	21.30%
Comerciante	59	3.70%
Sin ocupación	223	13.97%
Otros	163	10.21%
Total	1596	100.00%

Fuente: Elaboración propia.

Como se muestra en la tabla anterior la ocupación que más predomina es el de los estudiantes con el 30.20 %.

Figura 8: Ocupación de los habitantes de Santa Clara



Fuente: Elaboración propia.

### 7.1.6. Tenencia de la vivienda

En cuanto a la tenencia de la vivienda los resultados obtenidos de las encuestas, señalan que 508 viviendas que representa un 94.95% de las familias tienen vivienda propia. Las restantes 27 viviendas correspondientes al 5.05% corresponde a familias que viven en propiedades prestadas y/o alquiladas a otros familiares, como se muestra en la tabla 9 y figura 7 siguiente.

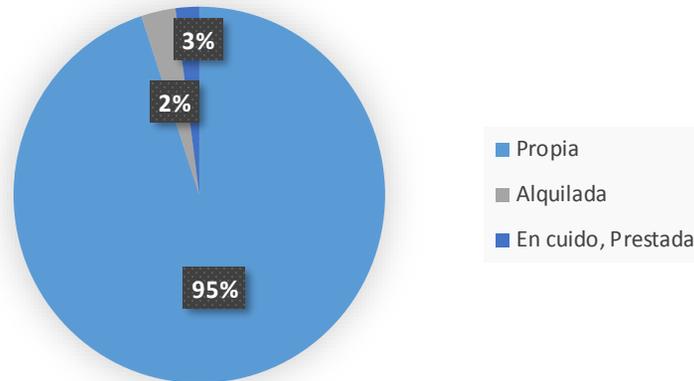
Tabla 11: Tenencia de la vivienda.

Vivienda	Numero	Porcentaje (%)
Propia	508	94.95%
Alquilada	16	2.99%
En cuido, Prestada	11	2.06%
<b>Total</b>	<b>535</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia.

Como se muestra en la tabla anterior la tenencia de las viviendas de la población la que predomina es propia con el 94.95 %.

Figura 9: Tenencia de las viviendas de la comunidad Santa Clara.



Fuente: Elaboración propia.

### 7.1.7. Construcción de las paredes de las viviendas

Los resultados obtenidos de la encuesta tal y como se muestra en la tabla 10 y figura 10, en cuanto a la construcción de las paredes del hogar, predomina el uso de adobe, con un total de 264 casas de habitación equivalentes al mayor porcentaje 49.35%, seguido de bloque presentes en 245 con el 45.79 %, asimismo, material mixto (adobe y bloque) correspondientes a 13 viviendas con un 2.43%, madera y ladrillo equivalentes a 13 viviendas las cuales representan 2.43%.

### 7.1.8. Construcción de las Paredes de las Viviendas

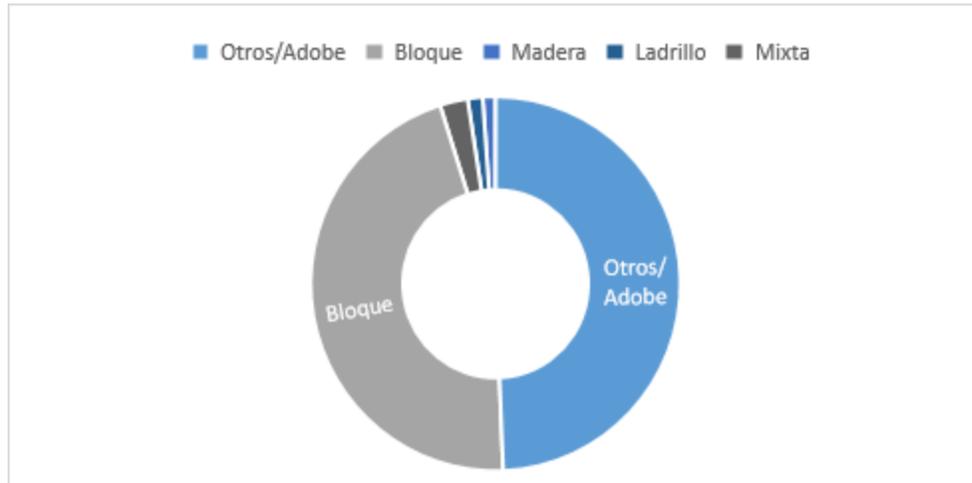
Tabla 12: Materiales con los que están construidas las viviendas.

Paredes	Cantidad	Porcentaje (%)
Otros/Adobe	264	49.35%
Bloque	245	45.79%
Madera	6	1.12%
Ladrillo	7	1.31%
Mixta	13	2.43%
Total	535	100%

Fuente: Elaboración propia.

Como se muestra en la tabla anterior los materiales de construcción de paredes que predominan en la comunidad es de adobe con el 49.35%.

Figura 10: Gráfico de material de paredes en viviendas



Fuente: Elaboración propia.

#### 7.1.9. Construcción de piso de las viviendas

Respecto al piso de la vivienda con mayor porcentaje está el embaldosado 57.76% (309), luego tierra con un 16.82% (90), Cerámica 16.07% (86) y por último el ladrillo con 9.35%, véase en la siguiente tabla 11 y figura 11.

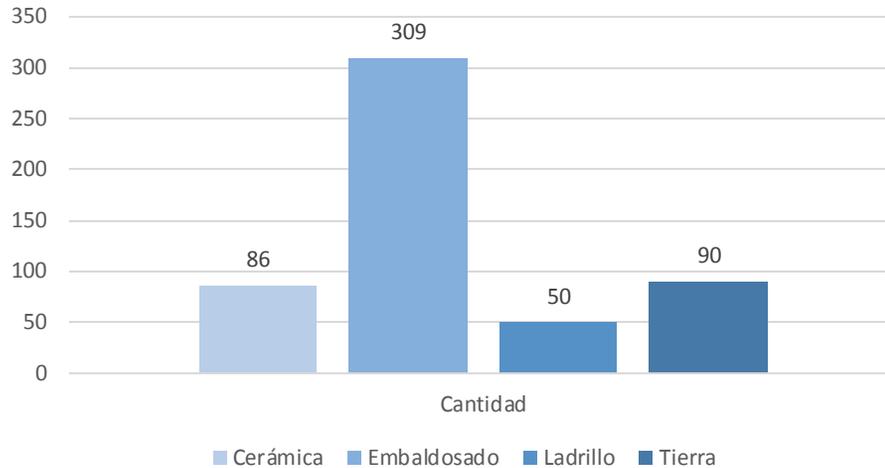
Tabla 13: Composición del piso de las viviendas.

Piso	Cantidad	Porcentaje (%)
<b>Cerámica</b>	86	16.07%
<b>Embaldosado</b>	309	57.76%
<b>Ladrillo</b>	50	9.35%
<b>Tierra</b>	90	16.82%
<b>Total</b>	535	100%

Fuente: Elaboración propia.

Como se muestra en la tabla anterior 309 viviendas presentan un piso de embaldosado equivalente al 57.76 % en la comunidad.

Figura 11: Material de los pisos de las viviendas.



Fuente: Elaboración propia.

## 7.2. Situación económica de las familias

### 7.2.1. Fuentes de ingreso promedio por mes

En la siguiente tabla 12 se muestran los ingresos recibidos mensualmente por las familias son, 399 familias tienen ingresos mayores a C\$ 1,000.00 al mes esto equivale al 89.86%, 30 familias tienen ingresos menores a C\$ 1,000.00 a 600 al mes esta equivale al 6.76 %, 5 familias tienen ingresos menores a C\$ 600 a al mes esta equivale al 1.13 %, 10 familias no tienen ingresos al mes este equivale al 2.25%, a si mismo el pago de energía, como promedio C\$ 145.14. al mes y el pago de agua en las viviendas cuentan con un mínimo de C\$ 30.00 (treinta córdobas netos) al mes, no se tiene registro del porqué pagan esa cantidad.

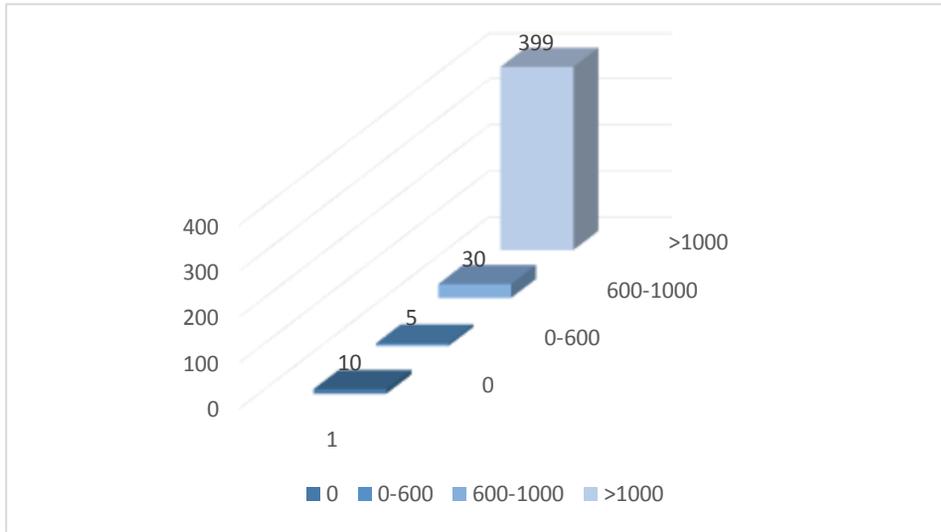
Tabla 14: Ingreso de las familias

Familia	Ingreso	Porcentaje
399	Mayor a 1000	89.86%
30	Menor a 1000	6.76%
5	Menor a 600	1.13%
10	Sin ingreso	2.25%

Fuente: Elaboración propia.

Como se muestra en la tabla anterior el 89.86 % de las familias tienen un ingreso mensual mayor a 1000 córdobas.

Figura 12: Rango de ingresos en la comunidad.



Fuente: Elaboración propia.

### 7.3. Saneamiento e higiene ambiental

#### 7.3.1. Uso y manejo de las letrinas

La letrina es usada por todos los miembros de la comunidad, no obstante, de acuerdo a los resultados de la encuesta, hay familias que expresaron que el mal estado de esta es un riesgo para la familia:

#### 7.3.2. Estado de la letrina

En las 404 viviendas que existen letrinas solo 187 están en buen estado y 217 están en mal estado, según lo que se preguntó corresponde a daño en la plancha, las 131 viviendas que no tienen letrina es porque tienen inodoro o no tienen ninguna opción de saneamiento.

El estado actual de las letrinas se muestra en la tabla 12 y figura 13 siguiente:

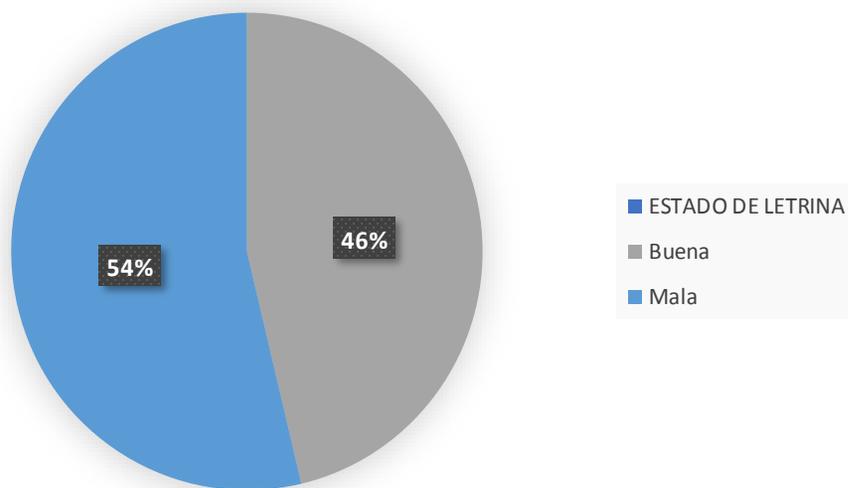
Tabla 15 : Estado de las letrinas.

Comunidad	Viviendas	Letrinas en Buen estado	Letrinas en mal estado	Sin letrinas	
					Inodoros
<b>Santa Clara</b>	535	187	217	60	71
<b>Total</b>	<b>535</b>	<b>187</b>	<b>217</b>	<b>60</b>	71

Fuente: Elaboración propia.

Como se muestra en la tabla y la figura 13 siguiente el estado de letrinas que cuenta la comunidad es en mal estado con 217 que equivale a un 54 %.

Figura 13: Estado de letrinas.



Fuente: Elaboración propia.

### 7.3.3. Manejo de desechos sólidos

Los desechos sólidos, no tienen ningún tratamiento específico, no existe un botadero municipal, los pobladores la eliminan quemándola, enterrándola o acumulan los desechos en los patios de las casas o terrenos baldíos, en la tabla 13 se muestran los siguiente.

Tabla 16: Manejo de desechos de la comunidad.

Opción de saneamiento	Cantidad	Porcentaje
La Botan	146	27.29%
La Botan, La Entierran	13	2.43%
La Botan, La Quemán	32	5.98%
La Botan, La recolecta la Alcaldía	12	2.24%
La Entierran	38	7.10%
La Quemán	248	46.35%
La Quemán, La Entierran	16	2.99%
La recolecta la Alcaldía	15	2.8%
La Quemán, La recolecta la Alcaldía	15	2.8%
Total	535	100%

Fuente: Elaboración propia.

Como se muestra en la tabla anterior el 46.35 % (248 viviendas) optan por quemar los desechos sólidos.

#### **7.4. Abastecimiento de agua**

El sistema actual de agua ya sobrepasa su vida útil, donde este abastece apenas a un 40% que equivale a 214 viviendas y un 60% (321) de la población acarrean el vital líquido del ojo de agua “La Leona” que cruza por los límites de la comunidad. Tal como se muestra la tabla 14 y figura 14 a continuación.

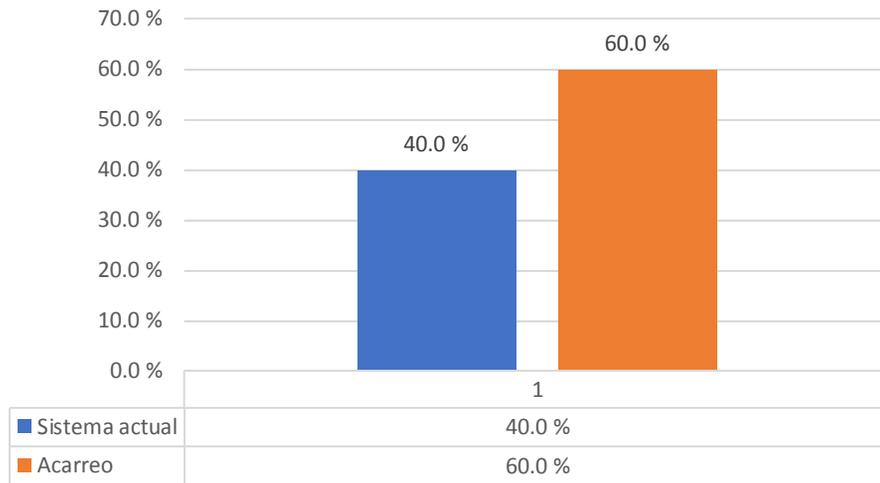
Tabla 17: Sistema de abastecimiento de agua potable

COMUNIDAD	Sistema de abastecimiento		
	Sistema actual	Acarreo	Total
Santa Clara Viviendas	214	321	535
porcentaje %	40,0 %	60,0 %	100,0 %

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la tabla anterior el 60 % de la población acarrear el agua.

Figura 14: Porcentaje por tipo de sistema se abastecimiento de agua potable de la comunidad

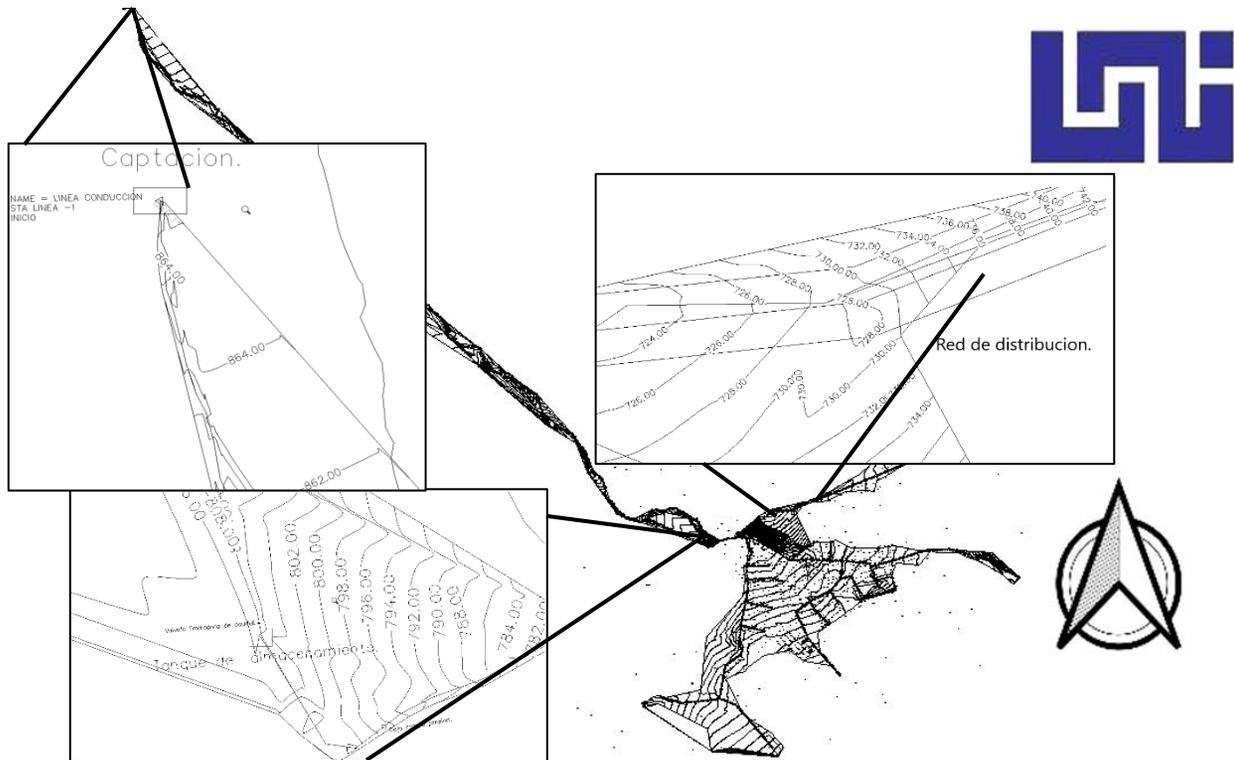


Fuente: Elaboración propia.

### 7.5. Estudio topográfico

La comunidad Santa Clara, presenta un relieve montañoso y fuertemente accidentado, de acuerdo con el levantamiento topográfico realizado las elevaciones topográficas oscilan entre los 722 a 870 msnm Se ha analizado el estudio topográfico para realizar el trazado de la línea de conducción por gravedad y red de distribución, siendo este un terreno con un relieve irregular con la presencia de cimas y columpios con pendiente entre un rango de 10 a 50 %, al igual que es una zona desigual, esto para la selección de los puntos en los que van los diferentes elementos del sistema.

Figura 15: Curvas de nivel del área de estudio.



Fuente: Elaboración propia.

## 7.6. Aforo a la fuente de abastecimiento

### 7.6.1. Aforo

Como se ha mencionado anteriormente en el diseño metodológico, se realizó el aforo con el método Área - velocidad, en época de estiaje (finales del mes de enero).

Ubicados en el punto de la fuente se procedió a medir el caudal, haciendo uso de cinta métrica de 8 metros de longitud, cronometro, flotador, nylon, estacas de madera. Los resultados obtenidos han sido los siguientes:

- **Medición del tiempo que tarda el Flotador (botella) en la longitud de río seleccionada**

Lo primero fue medir los diferentes tiempos en la sección del río obteniendo así un tiempo promedio de 16.672 s a como se muestra en la tabla 15.

Tabla 18: Tiempos obtenidos

N.º veces	tiempo s
tm1	16.36
tm2	16.9
tm3	16.45
tm4	16.74
tm5	16.91
<b>T promedio</b>	<b>16.672</b>

Fuente: Elaboración Propia.

Tiempo promedio: 16.672 s

Distancia: 10.1 m

- **Cálculo de la velocidad**

$$V = \frac{D}{T} \quad \text{Ecuación 105}$$

$$V = \frac{\text{Distancia}}{\text{Tiempo}}$$

$$V = \frac{10.1 \text{ m}}{16.672 \text{ s}} = 0.606 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

### Área en la sección de río

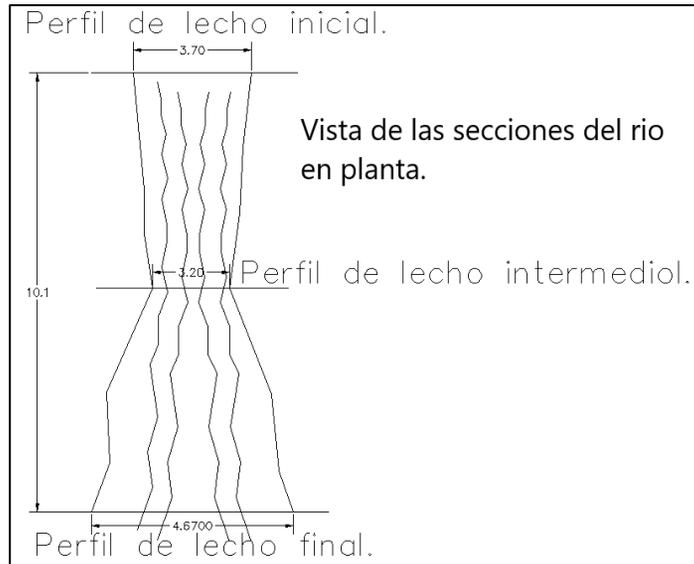
Esta se realizó en tres secciones transversales a lo largo de una distancia de 10.1 m, con un distanciamiento entre secciones de 0.5 m, formando así un área transversal donde se obtuvo un área promedio de  $0.567 \text{ m}^2$ , como se puede apreciar en la siguiente tabla 17 y figura 17.

Tabla 19: Datos de área

Áreas	
Area1	$0.917 \text{ m}^2$
Area2	$0.387 \text{ m}^2$
Area3	$0.396 \text{ m}^2$
Área promedio	$0.567 \text{ m}^2$

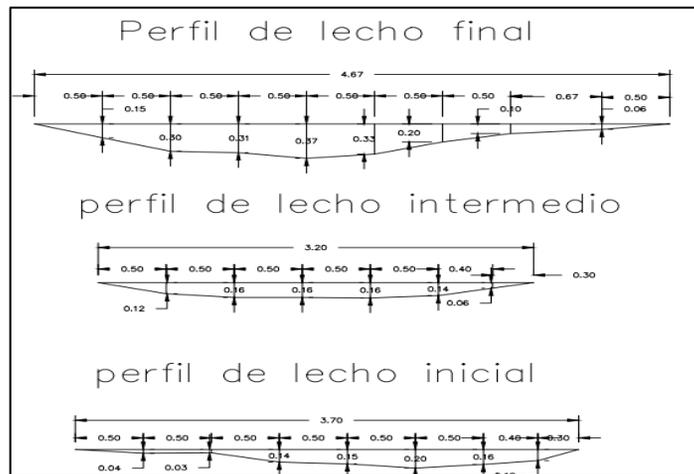
Fuente: Elaboración propia.

Figura 16: Vista en planta río.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 17: Perfiles transversales para la aplicación de aforo mediante método de área.



Fuente: Elaboración propia.

- **Cálculo del caudal**

Con el tiempo promedio y el área promedio calculada se procede a calcular el caudal de la fuente de acuerdo a la ecuación 1.

$$Q = V \times A$$

Donde:

Q: Caudal ( $m^3/s$ )

v: velocidad(m/s)

A: Área ( $m^2$ )

$$Q = 0.606 \frac{m}{s} \times 0.567 m^2 = 0.343 \frac{m^3}{s}$$

### 7.6.2. Resultados de aforo

Los resultados obtenidos en el aforo fueron los siguientes; en un tramo de 10.1m la velocidad obtenida fue de 0.606 m/s, con un caudal de 343.29 lt/s tal como se muestra en la tabla 17.

Tabla 20: Datos del aforo

Distancia	10.10 m
Velocidad	0.606 m/s
Caudal	0.343 $m^3/s$
Caudal total.	343.29 l/s

Fuente: Elaboración propia.

### 7.7. Parámetros de calidad del agua

Una vez realizado el aforo, se prosiguió a la toma de las muestras para su envío al LABORATORIO QUIMICOS, S.A (LAQUISA) tomando en cuenta todas las recomendaciones brindadas para la correcta recepción de las mismas.

Se llevaron a cabo análisis físico-químicos, análisis microbiológicos y análisis de metales pesados, siendo este último para descartar la presencia de arsénico.

### 7.7.1. Análisis de agua

De acuerdo a los análisis de agua realizados por laboratorios (LAQUISA), cumplen los parámetros físico químico y bacteriológico en el rango según norma (CAPRE, 2021), ver anexo apéndice B.

### 7.7.2. Calidad de agua de la fuente

Con los presentes resultados, se puede confirmar que la fuente es apta para la demanda y consumo de la comunidad, siendo todas las variaciones de consumo menores a la capacidad total de la fuente.

## 7.8. Proyección de la población

### 7.8.1. Población

Para la comunidad Se ha utilizado el método de proyección geométrico, tomando un período de diseño de 20 años. Además de la información obtenida en el censo 2021, se ha recopilado información del último censo existentes, el cual fue en el año 2005 con una Población de 1539 habitantes.

Con estos datos, se procedió a calcular la tasa de crecimiento poblacional, con la ecuación 20 establecida en (NTON 09 007 - 19):

Para la tasa entre los años 2005-2021:

$$r = \left[ \frac{pn}{po} \right]^{\frac{1}{n}} - 1$$

Donde:

Pn: Población del año "n"

Po: Población al inicio del período de diseño

r: Tasa de crecimiento en el periodo de diseño expresado en decimales.

n: Número de años que comprende el período de diseño.

$$r = \left[ \frac{1596}{1539} \right]^{\frac{1}{16}} - 1$$

$$r = 0.002275 \times 100$$

$$r = 0.23 \%$$

La norma nacional indica que para proyectos de agua potable se debe tomar una tasa entre 2.5% a 4%, por tanto, la tasa de crecimiento utilizada para la proyección fue de 2.5 % (Comision Nacional de Normalización Técnica y Calidad, Ministerio de Industria y Comercio, 2021, pág. 8) .

La población proyectada para el 2041 será de 2615 habitantes.

$$P_n = (P_o \times 1 + 2.5 \%)^{\frac{1}{n}}$$

Donde

$P_n$ : Población (habitantes) del año "n".

$P_o$ : Población (habitantes) al inicio del período de diseño.

r: Tasa de crecimiento en el periodo de diseño expresado en decimales.

n: Número de años que comprende el período de diseño.

$$P_n = 1596 \times (1 + 2.5\%)^{\frac{1}{20}}$$

$$P_n = 2615 \text{ Hab}$$

### **7.8.2. Dotación y demanda**

Con base a (NTON 09 007 - 19, 2021) se ha asignado un caudal de 130 lppd, por medio de conexiones domiciliarias de patio (pág. 9).

Tabla 21: Dotaciones y demanda

N.º	Año	$Pf=Po(1+r)^n$	Consumo Domiciliar	Consumo Promedio Diario (CPD)		Consumo Máximo Diario (CMD)	Consumo Máximo Hora (CMH)
		Proyección de la población total	$CD= Pn \times$ Dotación (Lps)	20% x CPD Perdidas por fugas (l/s)	CPD (Lps)	Lps	Lps
0	2021	1596	2,40	0,56	2,79	4,74	7,52
1	2022	1636	2,46	0,57	2,86	4,85	7,71
2	2023	1677	2,52	0,59	2,93	4,98	7,90
3	2024	1719	2,59	0,60	3,00	5,10	8,10
4	2025	1762	2,65	0,61	3,07	5,23	8,30
5	2026	1806	2,72	0,63	3,15	5,36	8,51
6	2027	1851	2,78	0,65	3,23	5,49	8,72
7	2028	1897	2,85	0,66	3,31	5,63	8,94
8	2029	1945	2,93	0,68	3,39	5,77	9,16
9	2030	1993	3,00	0,70	3,48	5,91	9,39
10	2031	2043	3,07	0,71	3,57	6,06	9,63
11	2032	2094	3,15	0,73	3,65	6,21	9,87
12	2033	2146	3,23	0,75	3,75	6,37	10,12
13	2034	2200	3,31	0,77	3,84	6,53	10,37
14	2035	2255	3,39	0,79	3,94	6,69	10,63
15	2036	2311	3,48	0,81	4,03	6,86	10,89
16	2037	2369	3,56	0,83	4,14	7,03	11,17
17	2038	2429	3,65	0,85	4,24	7,21	11,44
18	2039	2489	3,75	0,87	4,34	7,39	11,73
19	2040	2551	3,84	0,89	4,45	7,57	12,02
20	2041	2615	3,93	0,91	4,56	7,76	12,32

Fuente: Elaboración propia.

### 7.8.3. Variaciones de consumo

Las variaciones de consumo han sido calculadas con las siguientes ecuaciones; tomando en cuenta el 7% de consumo comercial ecuación 22 ,7% consumo institucional ecuación 23 y 2% de consumo industrial ecuación 24 y tomando en cuenta las pérdidas en el sistema con base (NTON 09 007 - 19) que corresponden al 20% del CPD ya que la comunidad sobre pasa las 500 viviendas (pág. 12) .

A continuación, el consolidado:

$$\text{Consumo doméstico (CD)} = \frac{P \times D}{86400s}$$

Dónde:

CD: Consumo doméstico, l/s

P: Población, hab.

D: Dotación, lppd.

$$CD = \frac{2615 \times 130}{86400}$$

$$CD = 3.93 \text{ l/s}$$

El consumo domestico es de 3.93 l/s.

$$\text{Consumo comercial (CC)} = 7\% * CD$$

$$CC = 7 \% \times 3.93$$

$$CC = 0.2751 \text{ l/s}$$

El consumo comercial es de 0.2751 l/s.

Dónde:

CD: Consumo doméstico.

$$\text{Consumo público (CPI)} = 7\% \times CD$$

$$CPI = 7 \% \times 3.93$$

$$CPI = 0.2751 \text{ l/s}$$

El consumo público institucional es de 0.2751 l/s.

Dónde:

CD: Consumo doméstico.

$$\text{Consumo industrial (Cind)} = 2\% \times CD$$

$$CI = 2 \% 3.93$$

$$CI = 0.786 \text{ l/s}$$

El consumo industrial es de 0.0786 l/s.

Dónde:

CD: Consumo doméstico.

$$\text{Consumo promedio diario}(CPD) = CD + CPI + CC + CI$$

$$CPD = 4.56 \text{ l/s}$$

El consumo promedio diario es de 4.56 l/s.

Dónde:

CD: Consumo doméstico.

CPI: Consumo público o institucional.

CC: Consumo comercial.

CI: Consumo industrial.

#### **7.8.4. Pérdidas**

Se adopta el 20% del CPD ya que la comunidad sobre pasa las 500 viviendas (pág. 12)

$$P = 20\% CPD$$

$$P = 20 \% \times 4.56$$

$$P = 0.912 \text{ l/s}$$

Donde:

P: Pérdidas.

CPD: Consumo promedio diario.

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

$$CMD = 1.5 \times 4.56 + 0.912$$

$$CMD = 7.76 \text{ l/s}$$

El consumo de máximo diario es de 7.76 l/s.

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

$$CMH = 2.5 \times 4.56 + 0.912$$

$$CMH = 12.32 \text{ l/s}$$

El consumo máximo horario es de 12.32 l/s.

Donde:

CPD: Consumo promedio diario.

P: Pérdida.

## 7.9. Captación

### 7.9.1. Diseño dique-toma

Con base a (Cualla, 1995), se aprovechó el 34 % del aforo del río estando este en un rango de 15 al 45 % de lo establecido, donde se muestra en la tabla 20 siguiente.

Tabla 22: Parámetros de diseño para dique - toma.

Periodo de diseño.	20 años.
Población de diseño.	1596 personas.
Caudal de diseño.	7.76 litros/segundos.
Aforo de la fuente.	343.29 litros/segundos.
Caudal máximo de la fuente.	459.62 litros/segundos.
Ancho disponible.	3.2 metros.

Fuente: Elaboración propia

### Lámina de agua sobre el vertedero

La lamina sobre vertedero se calculó mediante el despeje de la ecuación de Francis  $Q = 1.84 \times L \times H^{\frac{3}{2}}$  respaldada por (Cualla, 1995) Obteniendo así la ecuación 2 a continuación, el resultado.

$$H = \left( \frac{(Q)}{1.84 \times L} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$H = \left( \frac{(0.00776)}{1.84 \times 3.2} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Donde:

H: Profundidad de la lámina de agua sobre la presa (m).

Qm: Caudal máximo diario ( $m^3/s$ ).

L: Longitud en (m).

$$H = 0.012 \text{ m} = 1.2 \text{ cm}$$

Correcciones por contracciones Laterales.

Es la sección de una lámina vertiente producida por los lados de la escotadura de un vertedero y se calcula con la ecuación 3 dado por (Cualla, 1995) a continuación.

$$I = L - 0.1 \times n \times H$$

Donde:

I: Velocidad sobre presa.

L: Longitud (m).

n: Numero de contracciones.

H: Profundidad de la lámina de agua sobre la presa (m).

n = 2 Contracciones.

$$I = 3.2 \text{ m} - 0.2 \times 0.012 \text{ m/s}$$

$$I = 3 \text{ m Ancho corregido.}$$

Según (Cualla, 1995) la Velocidad de río sobre la presa debe estar entre el Rango de 0.3 a 3m/s y se calcula con la ecuación 4 continuación.

$$Vr = \frac{Q}{L' \times H}$$

Donde:

vs, velocidad de río expresado en metros

Q: Caudal ( $m^3/s$ ).

L': Longitud (m).

$$Vr = \frac{0.00776 \text{ m}^3/s}{3m \times 0.012m/s}$$

$$Vr = 0.22 \text{ m/s}$$

La velocidad del río sobre la presa es de 0.22 m/s.

Se adoptado de 0.3 metros/segundo cualla pág.

### 7.9.2. Diseño del canal de aducción

Con base a (Cualla, 1995) se diseñó los elementos de captación tal y como el canal de aducción lo cual se calcula con la ecuación 5 siguiente.

Alcance del filo superior.

$$Xs = (0.36 \times Vr)^{\frac{2}{3}} + (0.6 \times H)^{\frac{4}{7}}$$

Donde:

Xs: Alcance filo superior (m).

vr: Velocidad del río (m/s).

H: Profundidad de la lámina de agua sobre la presa (m).

$$Xs = (0.36 \times 0.3 \text{ m/s})^{\frac{2}{3}} + (0.6 \times 0.012 \text{ m})^{\frac{4}{7}}$$

$$Xs = 0.21 \text{ m}$$

Alcance de filo inferior.

$$Xi = (0.18 \times Vr)^{\frac{4}{7}} + (0.74 \times H)^{\frac{3}{4}}$$

Donde:

Xi: = Alcance filo inferior (m).

Vr: velocidad del río (m/s).

H: Profundidad de la lámina de agua sobre la presa (m)

$$X_i = (0.18 \times 0.3 \text{ m/s})^{\frac{4}{7}} + (0.74 \times 0.012 \text{ m})^{\frac{3}{4}}$$

$$X_i = 0.12 \text{ m}$$

### 7.9.3. Ancho del canal de aducción

$$B = X_s + 0.1$$

Donde:

B: Ancho del canal de aducción (m).

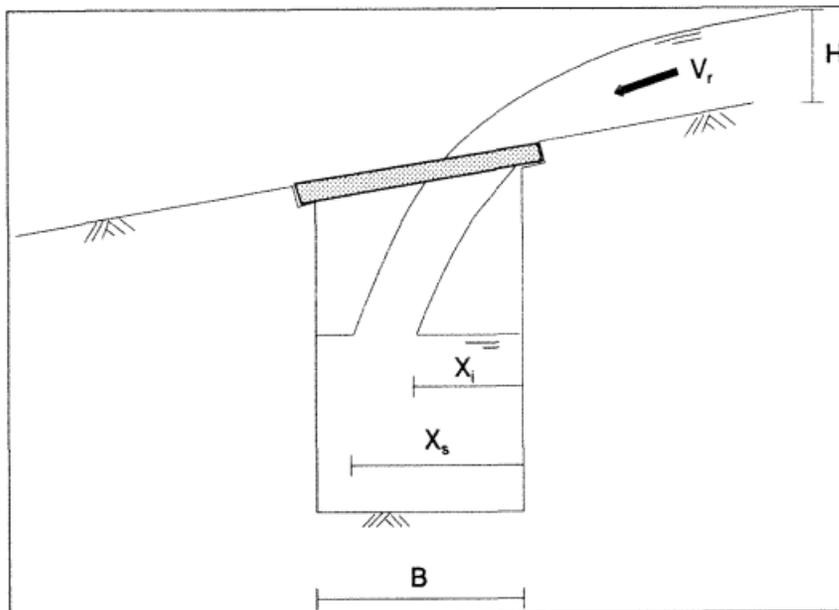
X<sub>s</sub>: Alcance filo superior (m).

$$B = (0.21 \text{ m} + 0.1)$$

$$B = 0.31 \text{ m}$$

El ancho del canal de aducción será de 0.31 m.

Figura 18: Perfil transversal en canal de aducción.



Fuente: (Cualla, 1995, pág. 86)

#### 7.9.4. Niveles en el canal de aducción aguas abajo

Para calcular la profundidad aguas abajo se empleará la siguiente ecuación 9 dada por (Cualla, 1995)

$$He = \sqrt[3]{\frac{(Q)^2}{9 \times (B)^2}}$$

$$He = \sqrt[3]{\frac{(0.00776 \text{ m}^3/\text{s})^2}{(9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}) \times (0.31)^2}}$$

$$He = 0.039 = 0.04 \text{ m}$$

Los niveles en el canal de aducción serán de 0.4m.

#### 7.9.5. Niveles en el canal de aducción aguas arriba

Para calcular la profundidad aguas abajo se empleará la siguiente ecuación 10, 11 y 12 dada por (Cualla, 1995)

$$Ho = (2he)^2 + he - \frac{(iLr)^2}{3})^{\frac{1}{2}} - \frac{2}{3}iLr$$

Donde:

Ho: Profundidad aguas arriba (m).

He: Profundidad aguas abajo (m).

Lr: Longitud del rio (m).

Lc: Longitud critica (m)

BL: 15 cm

$$Ho = (2 \times 0.04 \text{ m})^2 + \frac{0.3 * (2.95)^2}{3})^{\frac{1}{2}} - \frac{2}{3} \times 0.03 \times 2.7$$

$$Ho = 0.09 \text{ m} = 10 \text{ mm}$$

Nota: Por diseño y por mejor trabajabilidad se redondea a 10 mm.

$$Bl = 15 \text{ cm}$$

$$Ho = ho + BL$$

Donde:

Ho: Profundidad aguas arriba (m).

BL: 15 cm

$$Ho = 0.09 \text{ m} + 0.15 \text{ m}$$

$$Ho = 0.159 \text{ m}$$

$$He = he + (ho - he) + iLc + BL$$

Donde:

Ho: Profundidad aguas arriba (m).

He: Profundidad aguas abajo (m).

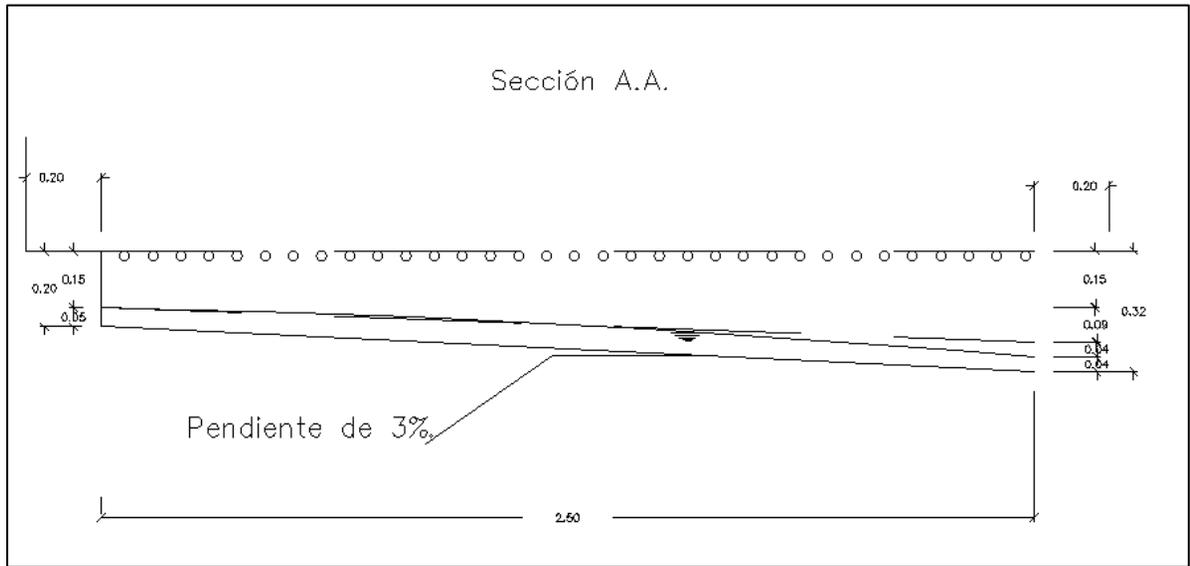
Lr: Longitud del rio (m).

Lc: Longitud critica (m)

$$He = 0.05 + (0.009 - 0.05) + 0.03 \times 2.95 + 0.15$$

$$He = 0.32 \text{ m}$$

Figura 19: Perfil longitudinal de canal de aducción.



Fuente: Elaboración propia lamina 2/10 juego de plano I.

El canal de aducción recibe el agua a través de la rejilla y entrega el agua captada a la cámara de recolección. Tiene una pendiente entre el 1% y el 4% con el fin de dar una velocidad mínima adecuada y que sea segura para realizar las labores de mantenimiento. La sección de este canal puede ser rectangular o semi circular. Aun cuando la sección semicircular es la más eficiente desde el punto de vista del funcionamiento hidráulico, la sección rectangular es más fácil de construir.

### 7.9.6. Diseño de rejilla

Se adoptará una rejilla a utilizarse barrotes con dirección al flujo con diámetros propuestos de ½ pulgadas estos estarán a cada 5 cm.

Numero de espacio de la rejilla

$$n = \frac{\text{Lonjitud de rejilla}}{\text{Espaciamento entre varillas}}$$

Donde:

n: Números de orificios

$$n = \frac{3 \text{ m}}{0.05 \text{ m}}$$

$$n = 60 \text{ Espacios}$$

$$L_t = n \times \text{Diámetro de cada varilla}$$

Donde:

L<sub>t</sub>: Longitud total de las varillas

n: Numero de orificios

$$\text{longitud total de varillas} = 60 \times 0.0127$$

$$\text{longitud total de la varillas} = 0.762$$

$$L \text{ total de rejilla} = 3 - 0.762$$

$$L \text{ total de rejilla} = 2.238 \text{ m}$$

se divide entre 5 cm de espaciamiento dando 45.6 espaciamiento adoptando 50 por trabajabilidad.

Área Total de las varillas

$$A_n = a \times B \times N$$

Donde:

a: Espaciamiento entre varillas.

B: Ancho de la rejilla.

N: Numero de varillas.

A<sub>n</sub>: Área total de las varillas.

$$A_n = 0.05 \times 0.31 \times 40$$

$$A_n = 0.62 \text{ m}^2$$

Velocidad entre las varillas (Cualla, 1995)

$$V_b = \left( \frac{Q}{0.9 \times A_n} \right)$$

Donde:

Vb: Velocidad entre varillas.

Q: Caudal de diseño.

An: Área total de las varillas.

$$Vb = \left( \frac{0.00776 \text{ m}^3/\text{s}}{0.9 \times 0.62 \text{ m}^2} \right)$$

$$Vb = 0.014 \text{ m/s}$$

### 7.9.7. Longitud de la rejilla

$$Lr = \left( \frac{An \times Separacion + Diametro \text{ de Barilla}}{Separacion \times B} \right)$$

Donde

Lr: Longitud de la rejilla (m).

An: Área neta de la rejilla ( $m^2$ )

$$Lr = \left( \frac{0.62 \text{ m}^2 \times (0.05 + 0.0127)}{(0.05 \times 0.31 \text{ m})} \right)$$

$$Lr = 2.5 \text{ m}$$

La rejilla quedara de la siguiente forma.

Longitud = 2.5 metros.

Ancho = 0.31 metros.

Con Barillas de  $\frac{1}{2}$  a cada 5 cm.

$$Lc = Lr + \text{espesor del muro.}$$

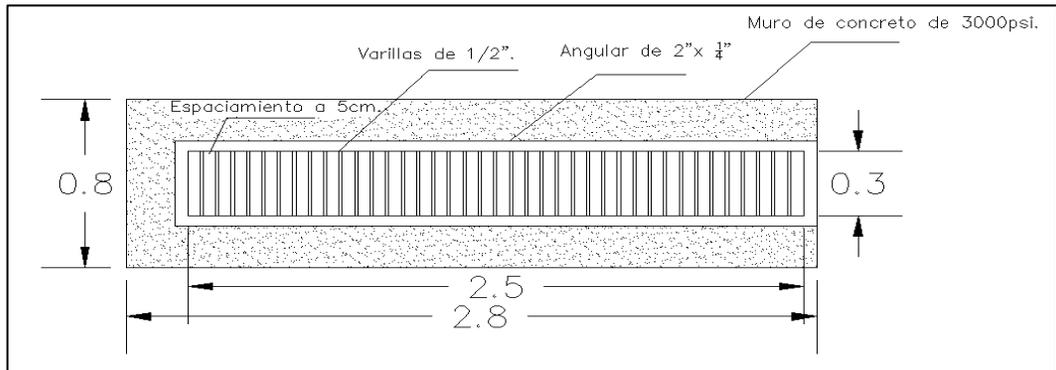
Espesor del muro = 45 cm

I = 3%

$$Lc = 2.5 \text{ m} + 0.45 \text{ m}$$

$$L_c = 2.96 \text{ m}$$

Figura 20: Diseño de rejilla.



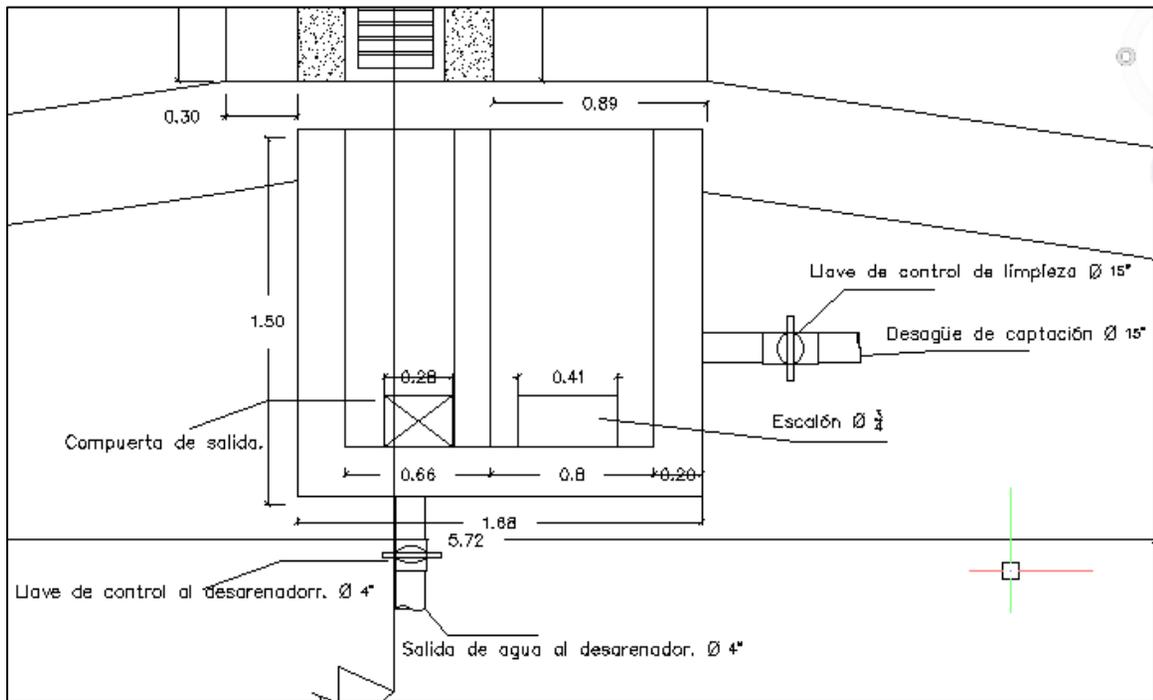
Fuente: Elaboración propia, lamina 2/10 juego de plano I.

La rejilla es colocada sobre el canal de aducción que se encuentra dentro de la presa. La longitud de la rejilla, y por lo tanto la del canal de aducción, puede ser menor que la longitud de la presa o el ancho de la garganta, según las necesidades del caudal que se ha de captar, dados para facilitar la operación de limpieza y mantenimiento. Los barrotes y el marco pueden ser de hierro, con separación entre barrotes de 5 a 10 centímetros diámetro de los barrotes de 1/2", 3/4" o 1 ". (Cualla, 1995, pág. 83)

#### 7.9.8. Diseño de la cámara de recolección

Con base a (Cualla, 1995) la cámara de recolección generalmente es cuadrada o rectangular, con muros en concreto reforzado cuyo espesor puede ser de 30 centímetros y su altura igual a la de los muros laterales. En su interior se encuentra un vertedero de exceso lateral que entrega el agua a una tubería de excesos que regresa el agua a cauce. Se debe dejar una tapa en la placa superior y una escalera para el acceso del personal de mantenimiento; Por facilidad y acceso se adopta una cámara cuadrada de recolección con 1.5 m de lado por 0.66 ancho y 0.8 m en el área de desagüe tal como se muestra en la figura 19 siguiente.

Figura 21: Cámara de recolección



Fuente: Elaboración Propia lamina 1/10 juego I.

Velocidades de las aguas al final del canal.

$$V_e = \frac{Q}{B \times h_v}$$

Q: Caudal de diseño

B: Ancho

h<sub>v</sub>: Profundidad aguas abajo.

$$V_e = \frac{0.00776 \text{ m}^3/\text{s}}{0.31 \times 0.04 \text{ m}}$$

$$V_e = 0.63 \text{ m/s}$$

Las velocidades de las aguas al final del canal 0.63 m/s.

*Cumple la condicion de : 0.3 < 0.63 < 3 m*

$$X_s = 0.36 \times (V_e)^{\frac{2}{3}} + 0.6 \times (h_e)^{\frac{4}{7}}$$

Donde:

$X_s$ : Alcance filo superior (m).

$v_e$ : Velocidad a la entrada.

$h_e$ : Profundidad aguas abajo (m).

$$X_s = 0.36 \times (0.63 \text{ m/s})^{\frac{2}{3}} + 0.6 \times (0.04 \text{ m})^{\frac{4}{7}}$$

$$X_s = 0.36 \text{ m}$$

$$X_i = 0.18 \times (V_e)^{\frac{4}{7}} + 0.74 \times (h_e)^{\frac{3}{4}}$$

Donde:

$v_e$ : Velocidad a la entrada.

$h_e$ : Profundidad aguas abajo (m).

$X_i$ : Alcance filo inferior (m).

$$X_i = 0.18 \times 0.63 \text{ m/s}^{\frac{4}{7}} + 0.74 \times (0.04 \text{ m/s})^{\frac{3}{4}}$$

$$X_i = 0.20 \text{ m}$$

$$B = X_s + 0.3$$

Donde:

$X_s$ : Alcance filo superior (m).

$$B = 0.36 \text{ m} + 0.3$$

$$B = 0.66 \text{ m}$$

### 7.9.9. Cálculo de altura de los muros

Con base a (Cualla, 1995) la altura de los muros se calcula con el despeje de la ecuación 2 de Francis como se muestra a continuación .

A: Con caudales máximos.

$$H = \left( \frac{Q_{max}}{1.84 \times l} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$H = \left( \frac{0.45952 \text{ m}^3/\text{s}}{1.84 \times 3} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$H = 0.2 \text{ m}$$

H = Con caudales de diseños 7.76 l/s.

$$H = 0.012 \text{ m.}$$

H: Con caudal medio diario.

$$H = \left( \frac{0.34329}{1.84 \times 3} \right)^{\frac{2V}{3}}$$

$$H = 0.16 \text{ m}$$

La altura del muro 1.20 m, dejándole el borde libre de 83 cm.

Altura de cotas = 869.11 msnm

$$\text{Diseño} = 869.11 \text{ m} + 0.012 \text{ m}$$

$$\text{Diseño} = 869.122 \text{ m}$$

$$\text{Maximo} = 869.11 \text{ m} + 0.3 \text{ m}$$

$$\text{Maximo} = 869.41 \text{ m}$$

$$\text{Promedio} = 869.11 \text{ m} + 0.25 \text{ m}$$

$$\text{Promedio} = 869.36 \text{ m}$$

La corona de los muros es el punto más alto de una superficie o construcción convexa.

$$Cm = 869.11 \text{ m} + 1.2 \text{ m}$$

$$Cm = 870.31 \text{ m}$$

#### 7.9.10. Canal de aducción

Es la conducción o transporte de agua desde la obra de toma hasta la planta de tratamiento, tanque de regulación, o directamente a la red, ya sea por tubería, canal o túnel.

$$\text{Fondo de agua arriba} = 869.11\text{m} - 0.20 \text{ m}$$

$$\text{Fondo de agua arriba (cota)} = 868.91 \text{ m}$$

$$\text{Fondo de agua abajo} = 869.11 \text{ m} - 0.32 \text{ m}$$

$$\text{Fondo del agua abajo (cota)} = 868.79 \text{ m}$$

$$\text{Lamina de agua arriba} = 868.91 \text{ m} + 0.09 \text{ m}$$

$$\text{Lamina de agua arriba (cota)} = 869 \text{ m}$$

$$\text{Lamina de agua abajo} = 868.79 \text{ m} + 0.04 \text{ m}$$

$$\text{Lamina de agua abajo (Cota)} = 868.83\text{m}$$

La cámara de recolección y cresta de vertedero de exceso, se denomina cresta umbral o coronación a la parte más alta de la pared sobre la que vierte el agua. Paramentos del vertedero son las paredes o taludes que limitan la obra aguas arriba y aguas debajo de ellas.

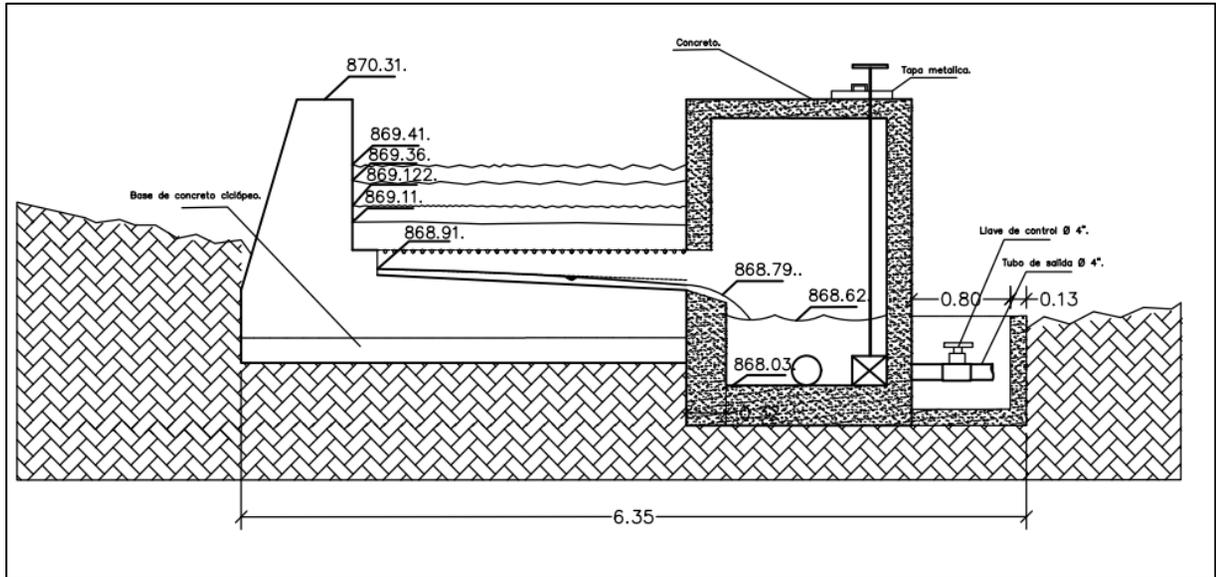
$$C_{ve} = 868.79 \text{ m} - 0.15 \text{ m}$$

$$C_{ve} = 868.62 \text{ m}$$

$$\text{Fondo} = 868.62 \text{ m} - 0.6 \text{ m}$$

$$\text{Fondo} = 868.03 \text{ m}$$

Figura 22: Corte longitudinal de dique toma



Fuente: Elaboración propia, lamina 1/10 juego de plano I.

Los muros encausan el agua hacia la rejilla y protegen los taludes, el ancho de estos muros depende de la estabilidad estructural. Siendo en concreto ciclópeo, el ancho de los muros puede ser de 60 centímetros o menos; esto depende del estudio de estabilidad de los mismos muros.

### 7.9.11. Cálculo de caudales de excesos

$$H = \left( \frac{Q}{1.84 \times L} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Donde:

Q: Caudal

L: Longitud.

$$H = \left( \frac{0.343 \text{ m}^3/\text{s}}{1.84 \times 1.5 \text{ m}} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$H = 0.24 \text{ m}$$

Con base a (Cualla, 1995) el Coeficiente de descarga ( $C_d$ ) = 0.3

$$Q_{cap.} (\text{caudal captado}) = c_d \times \text{area neta} \times \sqrt{2 \times g \times H}$$

$$Cc = 0.3 \times 0.62 \times \sqrt{2 \times 9.81 \text{ m}^3/\text{s}^2 \times 0.24 \text{ m}}$$

$$Cc = 0.403 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Caudal exc} = \text{Caudal lleno} - \text{caudal de diseño}$$

$$\text{Caudal exc} = 0.403 \text{ m}^3/\text{s} - 0.000776 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Caudal exc} = 0.395 \text{ m}^3/\text{s}$$

Este será el caudal a tener en cuenta en el diseño de la estructura de exceso del desarenador.

$$H_{Exce} = \left( \frac{Q_{Exc}}{1.84 \times L} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$H_{exceso} = \left( \frac{0.395 \text{ m}^3/\text{s}}{1.84 \times 1.5} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$H_{exceso} = 0.274 \text{ m}$$

$$V_{exc} = \frac{Q_{exc}}{H_{exc} \times L}$$

$$V_{exceso} = \left( \frac{0.395 \text{ m}^3/\text{s}}{0.274 \text{ m} \times 1.5} \right)$$

$$V_{exceso} = 0.961 \text{ m/s}$$

$$Xs = 0.36 \times (V_{exc})^{\frac{2}{3}} + 0.6 \times (H_{exce})^{\frac{4}{7}}$$

$$Xs = 0.36 \times (0.961 \text{ m/s})^{\frac{2}{3}} + 0.6 \times (0.274 \text{ m/s})^{\frac{4}{7}}$$

$$Xs = 0.64 \text{ m}$$

$$\text{Vertedero de exceso} = 0.64 \text{ m/s} + 0.3$$

$$\text{Vertedero de exceso} = 0.94 \text{ m}$$

### 7.9.12. Cálculo de la tubería de excesos

Toda tubería o canal debe diseñarse para llevar el flujo máximo horario esperado. La tubería del influente debe diseñarse para que se descargue libremente. Cuando se tengan vertederos de excesos a la entrada de la planta se deben hacer estudios de modelación de la calidad del agua.

Con base a (Cualla, 1995) la tubería de exceso se calcula con la ecuación 13 como se aprecia a continuación.

Cota del rio en la entrega 866.67.

Cota de salida 866.97.

$$I = \frac{868.03 - 866.97}{50} \times 100\%$$

$$I = 2.12 \%$$

$$I = 2.12 \text{ cm/m}$$

$$D = \left( \frac{Q}{0.2785 \times C \times J^{0.54}} \right)^{\frac{1}{2.63}}$$

$$D = \left( \frac{0.395 \text{ m}^3/\text{s}}{0.2785 \times 150 \times (0.0212^{0.54})} \right)^{\frac{1}{2.63}}$$

$$D = 0.374 \text{ m}$$

$$D = 14.91 \text{ pulgadas} = 15 \text{ pulgadas}$$

El diámetro teórico es de 14.91 pulgadas por lo tanto adoptamos a un diámetro comercial de 15 pulgadas SDR 26 de PVC.

### 7.10. Diseño de bocatoma cámara de recolección desarenador

Con base a (Cualla, 1995) emplea la ecuación de Manning para el diseño de la boca toma al desarenador se calcula con la siguiente ecuación 14 donde especifica que la longitud de esta es comprendida entre 50 – 300 m ya que el desarenador debe ubicarse lo más cerca posible para evitar una larga conducción que pueda presentar problema como la obstrucción de material sedimentable.

Caudal de diseño =  $0.00776 \text{ m}^3 / \text{s}$

L = 50 m.

$$S = \left( \frac{868.03 - 866.97}{50\text{m}} \right) \times 100\%$$

$$S = 2.12 \%$$

$$D = 1.548 \times \left( \frac{n \times Q}{S^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{3}{8}}$$

Donde:

D: Diámetro.

n: Numero de Manning a tubo lleno (0.009)

S: pendiente de la tubería.

Q: Caudal de diseño ( $\text{m}^3 / \text{s}$ )

$$D = 1.548 \times \left( \frac{0.009 \times 0.00776 \text{ m}^3/\text{s}}{0.0212^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{3}{8}}$$

$$D = 0.091 \text{ m} = 4 \text{ pulgadas}$$

Tomamos diámetros comerciales de 4 pulgadas de diámetros que es igual a 105.5 mm con cedula SDR 26.

### **Ecuación Manning**

$$Q_{\text{lleno}} = 0.312 \times \left[ \frac{(D)^{\frac{8}{3}} \times (S)^{\frac{1}{2}}}{n} \right]$$

Donde:

Q: Caudal ( $\text{m}^3 / \text{s}$ ).

A: Área (m).

R: Radio hidráulico.

S: Pendiente.

$$Q_{lleno} = 0.312 \times \left( \frac{(0.1055 \text{ m})^{\frac{8}{3}} \times (0.0212 \text{ m/s})^{\frac{1}{2}}}{0.009} \right)$$

$$Q_{lleno} = 0.008 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V_{lleno} = \left( \frac{Q_{lleno}}{A_{llena}} \right)$$

$$V_{lleno} = \left( \frac{0.00794 \text{ m}^3/\text{s}}{\frac{3.1416 \times (0.102)^2}{4}} \right)$$

$$V_{lleno} = 1.2 \text{ m/s}$$

El volumen lleno será de 1.2 m/s.

con base a (Cualla, 1995) Cumple con el rango de  $0.6 < 1.2 < 5 \text{ m/s}$

$$Q = \frac{Q_{Diseño}}{Q_{Lleno}}$$

$$Q = \frac{0.00776 \text{ m}^3/\text{s}}{0.00794 \text{ m}}$$

$$Q = 0.977 \text{ m}^3/\text{s}$$

Según la tabla 8.2 del libro de (Cualla, 1995) la relación  $\frac{Q}{Ql}$

$$\frac{Vr}{Vll} = 1.04$$

$$Relacion = 1.04 \times 0.972$$

$$Relacion = 1.01 \text{ m/s}$$

$$\frac{d}{Dr} = 0.884$$

$$Relacion = 0.884 \times 0.102$$

$$Relacion = 0.0912 \text{ m}$$

### 7.10.1. Verificación de la cota a la salida de la bocatoma

Con base a (Cualla, 1995) la cota de salida se calcula con la siguiente ecuación 16.

$$Csali = d + 1.5 \times \frac{V^2}{2 \times g}$$

$$Csali = 0.0912 + 1.5 \times \frac{(1.01)^2}{2 \times 9.81 \text{ m/s}^2}$$

$$Csali = 0.17 \text{ m}$$

### 7.10.2. Caudal de exceso máximo

$$Q_{exceso} = Q_{Lleno} - Q_{Diseño}$$

$$Q_{exceso} = 0.00794 \text{ m}^3/\text{s} - 0.00776 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{exceso} = 0.00018 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{exceso} = 0.18 \text{ l/s}$$

Este será el caudal a tener en cuenta en el diseño en las estructuras de exceso del desarenador.

## 7.11. Desarenador

Son estructuras ubicadas a continuación de la captación de agua y que permite remover partículas como arenas, arcillas, gravas finas y material orgánico de cierto tamaño contenidas en el agua que ingresa de una fuente superficial.

### 7.11.1. Diseño de desarenadores

Para el diseño se tomado en cuenta los siguientes parámetros y resultados obtenidos anterior mente como lo son; caudal de diseño , velocidad y diámetro, a continuación, en la tabla 20 y 21 :

Tabla 23: Datos para diseños de desarenadores.

<b>Caudal de diseño (Q)</b>	<b>7.76 lts/s</b>	<b>0.00776 m3/s</b>
<b>Temperatura del agua</b>	20°C	
<b>Viscosidad cinemática (γ)</b>	0.01007 cm <sup>2</sup> /s	
<b>Diámetro de partícula (d)</b>	2 mm	0.20 cm
<b>Adoptar profundidad</b>	0.35 m	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24: Caudales llenos y volúmenes lleno.

Q	0.00776	Q lleno	0.00794
V	1.01	V lleno	0.972
D	0.01055 = 4 in	D	0.0902

Fuente: Elaboración propia.

Grado n = 1

Relación longitud ancho = 3.1 m

Cota de entrada al desarenador = 866.97 m

### 7.11.2. Velocidad de la sedimentación de las partículas

Con base a (Cualla, 1995) Para el cálculo de la velocidad de sedimentación se usa la ecuación 35.

Diámetro de las partículas = 0.05 mm

Ps = 2.65

P = 1

$$V_s = \frac{g}{18} \times \left( \frac{P_s - P}{\mu} \right) \times d^2$$

Donde:

vs: Velocidad de sedimentación de la partícula (cm/s)

g: Aceleración de la gravedad ( $981 \text{ cm/s}^2$ ).

Ps: Peso específico de la partícula Arenas = 2.65.

P: Peso específico del fluido Agua = 1.00.

$\mu$ : Viscosidad cinemática del fluido ( $\text{cm}^2/\text{s}$ ).

$$V_s = \frac{981 \text{ m/s}^2}{18} \times \left( \frac{2.65 - 1}{0.01007} \right) \times (0.005)^2$$

$$V_s = 0.2232 \text{ cm/s}$$

La velocidad del sedimentador será de 0.2232 cm/s.

Tabla 9.3 del libro de (Cualla, 1995), se obtiene  $n = 1$  y tendrá una remoción del 75 % que equivale que la relación de tiempos es  $\frac{Q}{T} = 3$

Suponiendo la profundidad útil de sedimentación  $H = 1.5 \text{ m}$ , el tiempo que tardara las partículas del diámetro que sea igual a 0.05 mm, lo que tarda sería:

$$t = \frac{H}{V_s}$$

Donde:

H: Altura.

Vs: Velocidad de sedimentación de la partícula ( $\text{cm/s}$ ).

Periodo de retención.

$$t = \frac{150 \text{ cm}}{0.2232 \text{ cm/s}}$$

$$t = 672 \text{ s}$$

$$t = 11 \text{ minutos}$$

El periodo de retención será de.

$$\theta = 3 \times T$$

Donde:

T: Tiempo.

$$\theta = 3 \times 6720 \text{ s}$$

$$\theta = 2016 \text{ s}$$

$$\theta = \frac{2016 \text{ s}}{3600 \text{ s}}$$

$$\theta = 0.56 \text{ horas}$$

Con base a (Cualla, 1995) Cumple con el rango de  $0.5 \text{ horas} \leq \theta \leq 4 \text{ horas}$ .

### 7.11.3. Volumen del tanque del desarenador

Para calcular volumen del tanque se usa la ecuación 38 como se muestra a continuación (Cualla, 1995).

$$Vt = \theta \times Q$$

$$Vt = 2016 \text{ seg} \times 0.00776 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Vt = 15.64 \text{ m}^3/\text{s}$$

### 7.11.4. Área superficial del tanque cámara de sedimentación

Para calcular área superficial del tanque se usa la ecuación 39 como se muestra a continuación (Cualla, 1995).

$$As = \frac{V}{H}$$

Donde:

As: Área superficial

V: Volumen

H: altura

$$As = \frac{15.64 \text{ m}^3/\text{s}}{1.5 \text{ m}}$$

$$A_s = 10.42 \text{ m}^2 \times$$

Dimensiones del tanque 3:1.

$$B = \sqrt{\frac{A_s}{3}}$$

$$B = \sqrt{\frac{10.42 \text{ m}^2}{3}}$$

$$B = 1.87 \text{ m}$$

$$L = 3B$$

$$L = 3 \times 1.87 \text{ m}$$

$$L = 5.6 \text{ m}$$

#### 7.11.5. Carga hidráulica superficial del tanque del desarenador

Para calcular carga hidráulica superficial del tanque se usa la ecuación 41 como se muestra a continuación (Cualla, 1995).

$$q = \frac{Q}{A_s}$$

Q: Caudal.

As: Área superficial.

$$q = \frac{0.00776 \text{ m}^3/\text{s}}{10.42 \text{ m}^2}$$

$$q = 0.0007447 \text{ m/s}$$

$$q = 64.34 \text{ m/dia}$$

$$Vl = q = 0.0007447 \text{ m/s}$$

$$Vl = 0.07447 \text{ cm/s}$$

$$do = \sqrt{\frac{Vl \times 18 \times \mu}{g \times (Ps - p)}}$$

$$do = \sqrt{\frac{\frac{0.07447 \text{ cm}}{\text{s}} \times 18 \times 0.01007 \text{ cm}^5 / \text{s}}{981 \times 1.65}}$$

$$do = 0.02888 \text{ cm}$$

$$do = 0.03 \text{ mm}$$

También se demostró anteriormente que la relación de tiempos es igual a la relación de velocidades, es decir:

$$\frac{Q}{T} = \frac{Vs}{Vl}$$

$$\frac{Vs}{Vl} \times \frac{0.2232}{0.07447}$$

$$\frac{Vs}{Vl} = 2.99 = 3 \text{ Cumple.}$$

En resumen, bajo las condiciones teóricas, se removerían partículas hasta de un diámetro igual a 0.03 mm, pero al tener en consideración las condiciones reales (flujo no uniforme, corrientes de densidad, cortos circuitos, zonas muertas, velocidad horizontal variable), el diámetro máximo posible de ser removido se aumenta a 0.05 mm.

Velocidad horizontal será:

$$Vh = \frac{Q}{W} = \frac{V \times L}{H}$$

$$Vh = \frac{0.07447 \text{ cm/s} \times 5.6 \text{ m}}{1.5}$$

$$Vn = 0.278 \text{ cm/s}$$

$$Vh = \frac{0.00776 \text{ m}^3/\text{s}}{1.5 \text{ m} \times 1.87} \times 100$$

$$V_h = 0.277 \text{ cm/s}$$

### 7.11.6. Velocidad horizontal máxima

$$V_{\text{maximo}} = 20 \times V_s$$

$$V_{\text{maximo}} = 20 \times 0.2232 \text{ cm/s}$$

$$V_{\text{maximo}} = 4.464 \text{ cm/s}$$

Velocidad de Re suspensión máximas son:

$$K = 0.04$$

$$F = 0.03$$

$$V_r = \sqrt{\frac{8 \times K}{0.03} \times g \times (P_s - P) \times -d}$$

$$V_r = \sqrt{\frac{8 \times 0.04}{0.03} \times 981 \times (1.65) \times 0.005}$$

$$V_r = 9.297 \text{ cm/s} = 9.3 \text{ cm/s}$$

### 7.11.7. Cálculo de los elementos de desarenador vertedero de salida

$$H_v = \left[ \frac{Q}{1.84 \times B} \right]^{\frac{2}{3}}$$

Donde:

Hv: Altura de vertedero.

Q: Caudal ( $m^3/s$ ).

B: Ancho de vertedero.

$$H_v = \left[ \frac{0.00776 \text{ m}^3/\text{s}}{1.84 \times 1.87 \text{ m}} \right]^{\frac{2}{3}}$$

$$H_v = 0.0172 \text{ m}$$

$$Vn = \frac{Q}{B \times Hv}$$

Donde:

Hv: Altura de vertedero.

Q: Caudal (m<sup>3</sup>/s).

B: Ancho de vertedero.

vn: Velocidad sobre vertedero.

$$Vn = \frac{0.00776 \text{ m}^3/\text{s}}{1.87 \text{ m} \times 0.0172 \text{ m}}$$

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

La velocidad sobre la cresta del vertedero debe ser en teoría mayor de 0.3 m/s para poder aplicar en rigor la ecuación del alcance horizontal de la vena vertiente. El valor de 0.25 m/s puede ser aproximado a 0.3 m/s, con lo cual se obtiene:

$$Xs = 0.36 \times (Vv)^{\frac{2}{3}} + 0.6 \times (Hv)^{\frac{4}{7}}$$

Donde:

Xs: Alcance de filo superior.

vv: Velocidad en vertedero.

Hv: Altura de vertedero.

$$Xs = 0.36 \times (0.25 \text{ m/s})^{\frac{2}{3}} + 0.6 \times (0.0172 \text{ m})^{\frac{4}{7}}$$

$$Xs = 0.201 \text{ m} \quad L = 0.35$$

Nota: La pantalla de salida y profundidad:  $\frac{H}{2} = 0.75 \text{ m}$

Distancia al vertedero de salida  $1.5 Hv = 0.026 \text{ m}$

Distancia a la cámara de aquietamiento  $\frac{L}{4} = 1.4 \text{ m}$

Almacenamiento de lodos profundidad 0.4

Distancia al punto de salida a la cámara de quietamiento  $\frac{L}{3} = 1.86 \text{ m}$

Distancia del punto de salida al verte al vertedero de salida  $\frac{2L}{3} = 3.74 \text{ m}$

$$Pendiente transversal = \frac{0.4}{B}$$

$$Pendiente transversal = \frac{0.4}{1.87 \text{ m}}$$

$$Pendiente transversal = 21.4 \%$$

$$Pendiente longitudinal = \frac{0.4}{\left(\frac{L}{3}\right)}$$

$$Pendiente longitudinal = \frac{0.4}{\left(\frac{5.6}{3}\right)}$$

$$Pendiente longitudinal = 21.5 \%$$

$$Pendiente longitudinal en = \frac{2l}{3}$$

$$Pendiente longitudinal en = \frac{2 \times l}{3}$$

$$Pendiente longitudinal en = 10.7 \%$$

#### 7.11.8. Cámaras de quietamiento profundidades

Con base a (Cualla, 1995) la cámara de quietamiento se dimensiona con la ecuación 45 a continuación.

$$\frac{H}{3} = 0.5 \text{ m}$$

$$Ancho = \frac{B}{3}$$

$$\text{Ancho} = \frac{1.87 \text{ m}}{3}$$

$$\text{Ancho} = 0.62 \text{ m} \quad \text{Largo adecuado } 1 \text{ m}$$

### 7.11.9. Rebose de la cámara de quietamiento

Con base a (Cualla, 1995) el rebose de la cámara de quietamiento se calcula con la ecuación 50,51 y 52 a continuación

$$Q_{\text{exceso}} = Q_{\text{lleno}} - Q$$

$$Q_{\text{exceso}} = 0.00794 - 0.00776$$

$$Q_{\text{exceso}} = 0.00018 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$He = \frac{Q_{\text{exe}}}{1.84 \times L}$$

$$He = \left( \frac{0.00018 \text{ m}^3/\text{s}}{1.84 \times 1 \text{ m}} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$He = 0.002 \text{ m}$$

$$Vc = \frac{Q_{\text{exe}}}{Hv \times Lc}$$

$$Vc = \frac{0.00018 \text{ m}^3/\text{s}}{0.002 \text{ m} \times 1 \text{ m}}$$

$$Vc = 0.1 \text{ m/s}$$

$$Xs = 0.36 \times (0.1 \text{ m/s})^{\frac{2}{3}} + 0.6 \times (0.002)^{\frac{4}{7}}$$

$$Xs = 0.095 \text{ m} = 10 \text{ cm}$$

$$\frac{B - \text{ancho}}{2}$$

$$\frac{1.87 - 0.62}{2} = 0.625$$

Cumple con lo establecido según Cualla.

#### 7.11.10. Perfil hidráulico

Se debe tener en consideración las pérdidas por ampliación de secciones y por el paso por debajo de las pantallas. Las pérdidas a la entrada de la cámara de aquietamiento: Tomando  $k = 0.1$  debido a la disminución de velocidad.

Con base a (Cualla, 1995) se calculan la velocidad donde como resultado  $0.025$  m/s, con la ecuación siguiente.

$$V1 = 1.01 \text{ m/s}$$

$$V2 = \frac{0.00776 \text{ m}^3/\text{s}}{0.6 \text{ m} \times 0.5}$$

$$V2 = 0.025 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

#### 7.11.11. Pérdidas en la entrada de la zona de sedimentador

Con base a (Cualla, 1995) al hacer el cálculo de perdidas da como resultado un valor despreciable lo cual es nulo, con la ecuación 46 siguiente.

$$V1 = 0.025$$

$$V2 = Vb = 0.00277$$

$$hm = 0.1 * \left( \frac{(0.025 - 0.00277)^2}{2 \times 9.81} \right)$$

$$hm = 0.00000 \text{ m}$$

#### 7.11.12. Cálculo de diámetro de las tuberías de excesos y largo

Con base a (Cualla, 1995) el diámetro mínimo para tubería de exceso no debe ser menor a 6 pulgadas por ende se escoge el mínimo tal como se muestra a continuación.

*Diametro de la tuberia de exceso = 6 pulgadas propuesto.*

Niveles de lavado.

$$Cota \text{ de entrada del lavado} = 866.97 - 0.0172$$

*Cota de entrada de lavado = 866.953 propuesto*

*Cota de lamina de agua sobre la tuberia = 866.97 – 0.0172*

*Cota de lamina de agua sobre la tuberia = 866.953*

Suponiendo un diámetro interno de entrada mínima de 6 pulgadas siendo 0.152 m SDR 26.

Longitud de la condición será igual a 50 m.

*Altura disponible = 866.953 – 864.97*

*Altura disponible = 1.983 m*

$$J = \frac{H}{L}$$

$$J = \frac{1.98}{50 \text{ m}}$$

$$J = 0.396 \text{ m/m}$$

$$J = 3.96 \%$$

### **7.11.13. Pérdida en la conducción de longitud equivalente**

Para el cálculo la pérdida en la conducción en longitud equivalente se tomó en cuenta las perdidas por accesorio como; válvula, codo radio corto, Tee y entrada normal con la siguiente ecuación 13 siguiente Hazen Williams (Cualla, 1995).

Entrada normal = 1.87

Válvula = 1.1 m

Codo radio corto = 4.9 m

Te = 10 m

Tubería = 50 m

LE total = 67.87

$$J = \frac{H}{L}$$

$$J = \frac{1.98}{67.87}$$

$$J = 0.0291 = 2.91\%$$

$$Q_{inicial} = 0.2785 \times C \times (D)^{2.62} \times (J)^{0.54}$$

$$Q_{inicial} = 0.2785 \times 150 \times (152)^{2.63} \times (0.0291)^{0.54}$$

$$Q_{inicial} = 0.386 \text{ m}^3/\text{s}$$

El caudal inicial será de 0.386 ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$$V = \frac{0.0378 \text{ m}^3/\text{s}}{3.1416 \times (0.152)^2}$$

$$V = 2.127 \text{ m/s}$$

$$hf = \frac{(2.1)^2}{2 \times 9.81 \text{ m/s}^2}$$

$$hf = 0.231 \text{ m}$$

#### 7.11.14. Tiempo de vaciado

Con base a (Cualla, 1995) se calculó el tiempo de vaciado con la ecuación 47 y 49 como se muestra a continuación.

Ecuación: Torricelli.

$$Q = cd \times A * \sqrt{2 \times g \times H}$$

Despejamos:

$$cd = \frac{Q}{A \times \sqrt{2 \times g \times H}}$$

$$cd = \frac{0.0378 \text{ m}^3/\text{s} \times 4}{3.1416 \times (0.152)^2 \times \sqrt{2 \times 9.81 \text{ m/s}^2 \times 1.98 \text{ m}}}$$

$$cd = 0.34$$

$$t = \frac{2 \times As}{CD \times A \times \sqrt{2 \times g}} \times (H)^{\frac{1}{2}}$$

$$t = \frac{2 * 10.42}{0.33 * \frac{3.1416 \times (0.152)^2}{4} \times \sqrt{2 \times 9.81 \text{ m/s}^2}} \times (1.98\text{m})^{\frac{1}{2}}$$

$$t = 1071.16 \text{ seg}$$

$$t = 18 \text{ minutos}$$

Donde:

Q: Caudal ( $m^3/s$ ).

Cd: Coeficiente de descarga.

g: Gravedad. ( $9.81 \text{ m/s}^2$ )

H: Altura

As: Área superficial.

D: Diámetro.

A: Área.

## 7.12. Cálculo hidráulico de la línea de conducción

Según la ecuación 28 se calculó el diámetro teórico obteniendo como resultado 91.89mm lo cual se escogió un diámetro comercial PVC SDR 26 más aproximado de 105.5 mm equivalente a 4 pulgadas. Véase a continuación.

### 7.12.1. Diámetro

$$D = \left[ 10.679 \times \frac{L \times Q^{1.85}}{H \times C^{1.85}} \right]^{1/4.87}$$

Donde:

Q: Caudal en metros cúbicos por segundo

D: Diámetro en metros

L: Longitud en metros

H: Energía, m

C: Coeficiente de rugosidad

$$D = (10.679 \times \frac{4391.25 \text{ m} \times 0.00776 \text{ m}^3/\text{s}^{1.85}}{64.33 \text{ m} \times 150^{1.85}})^{\frac{1}{4.87}}$$

$$D = 91.11 \text{ mm}$$

### 7.12.2. Velocidades

CMD= 7.76 l/s

$$V = \left( \frac{\frac{CMD}{1000}}{3.1416 \times \frac{D^2}{4}} \right)$$

$$V = \frac{\frac{7.76 \frac{l}{s}}{1000}}{3.1416 \times \frac{(0.1055)^2}{4}}$$

$$V = 0.89 \text{ m/s}$$

Como se muestra anteriormente las velocidades están en 0.89 m/s.

### 7.12.3. Pérdidas

$$Hf = 10.549 \times \left( \frac{\left( \frac{CMD}{1000} \right)^{1.85}}{C^{1.85} \times \left( \frac{105.55}{1000} \right)^{4.87}} \right) \times L$$

Tramo 1

L: 93.59 m

$$Hf = 10.549 \times \left( \frac{\left( \frac{7.76 \frac{l}{s}}{1000} \right)^{1.85}}{150^{1.85} \times \left( \frac{105.55}{1000} \right)^{4.57}} \right) \times 93.59m$$

Hf = 0.337 m

Tramo 2

L: 760 m

$$Hf = 10.549 \times \left( \frac{\left( \frac{7.76 \frac{l}{s}}{1000} \right)^{1.85}}{150^{1.85} \times \left( \frac{105.55}{1000} \right)^{4.57}} \right) \times 770.86m$$

Hf = 2.78 m

Tramo 3

L: 2205.325 m

$$Hf = 10.549 \times \left( \frac{\left( \frac{7.76 \frac{l}{s}}{1000} \right)^{1.85}}{150^{1.85} \times \left( \frac{105.55}{1000} \right)^{4.57}} \right) \times 2205.325m$$

Hf = 7.94 m

Tramo 4

L = 1321.475 m

$$H_f = 10.549 \times \left( \frac{\left( \frac{7.76 \frac{l}{s}}{1000} \right)^{1.85}}{150^{1.85} \times \left( \frac{105.55}{1000} \right)^{4.57}} \right) \times 2205.325 m$$

$$H_f = 4.75 \text{ m}$$

Pedida total.

$$H_f = 10.549 \times \left( \frac{\left( \frac{7.76 \frac{l}{s}}{1000} \right)^{1.85}}{150^{1.85} \times \left( \frac{105.55}{1000} \right)^{4.57}} \right) \times 4391.25$$

$$H_f = 15.8 \text{ m}$$

Las pérdidas obtenidas en el cálculo son de 15.8 m.

#### 7.12.4. Cota dinámica total

Altura piezométrica y presión de llegada al tanque

Altura piezométrica = Cota de la fuente – pérdidas.

$$A_p = 869.11 \text{ m} - 15.8 \text{ m} = 853.31 \text{ msnm}$$

$$P = 853.31 \text{ m} - 806.5 = 46.81 \text{ m}$$

Presión = Altura piezométrica - cota del tanque + Altura del tubo de descarga

$$P = 853.31 - 806.5 + 2.5$$

$$P = 49.31 \text{ m}$$

#### 7.12.5. Valor de la celeridad o golpe de ariete

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + k \times \frac{D}{E}}}$$

Donde:

D: Diámetro

e: constante

K: Constante

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + 33.3 \times \frac{114.3}{4.4}}}$$

$$a = 327.58 \text{ m/s}$$

Basado en la tabla 3.3 de la velocidad de onda en función de SDR, (AMANCO) la celeridad cumple con cedula 26, quedando aproximado a 330 m/s.

Tiempo de cierre.

Calculo ( $t = 2L/a$ ) del ciclo de la onda de presión.

$$\frac{2L}{a} = \frac{2 \times 4391.25 \text{ m}}{\frac{327.58 \text{ m}}{\text{s}}} = 26.81 \text{ s}$$

El tiempo obtenido es de 26.81 s como tiempo de cierre, debido a que es un cierre manual lento se adopta 60 s como máximo para reducir sobrepresión.

Ecuación de Michaud – sobre presión.

$$\Delta H = \frac{2 \times L \times V}{g \times T_m}$$

Donde:

$\Delta H$ : Sobrepresión debida al golpe de ariete (mca)

L: Longitud de la tubería (m).

v: Velocidad de régimen de agua (m/s).

T: Tiempo de parada o de cierre, según el caso (s).

g: 9.81 m/s (págs. 190-199)

$$\Delta H = \frac{2 \times 4391.25 \text{ m} \times 0.9 \text{ m/s}}{9.81 \text{ m/s}^2 \times 60 \text{ s}}$$

$$\Delta H = 13.24 \text{ m}$$

### 7.12.6. Presión total del sistema

La presión total del sistema es la sumatoria de la carga estática más sobrepresión debida al golpe de ariete ( $\Delta H$ ) como se muestra a continuación.

Presión estática ( $H_{Estatica}$ )=Cota de la fuente -cota del tanque.

$$H_{Estatica}=869.11-806.5=62.61 \text{ m}$$

$$H_t = H_{Estatica} + \Delta H$$

Donde:

$\Delta H$ : Sobrepresión debida al golpe de ariete (mca)

$$H_t = 62.61 \text{ m} + 13.24 \text{ m}$$

$$H_t = 75.85 \text{ m}$$

$$H_t = 75.85 \times 1.42$$

$$H_t = 107.707 \text{ psi}$$

La presión total admisible del sistema cumple donde la cedula de SDR26 es 160 y está en el rango.

Figura 23: Accesorios de la línea de conducción.

LINEA DE CONDUCCION		
Accesorio	Estacion	Punto
Codo 45 de 4"	1+706.5	215
	1+933.22	228
	2+412.5	252
	2+450.79	254
	2+619.96	262
	2+675.15	264
	3+520.2	302
	3+905.9	319
	3+986.46	322
	4+099.35	327
	4+228.41	333
Codo 90° de 4"	2+429	253
	2+721.56	267
	3+148.9	287
	4+048.73	325
Válvula Limitadora Ø 4"	4+315.06	337
	2+175.28	243
	1+196.42	184
Valvula de limpieza 4"	1+732.82	217
	2+780.65	270
	3+618.48	306

Fuente: Elaboración propia.

### 7.13. Tratamiento

#### 7.13.1. Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP)

Con los resultados obtenidos de las pruebas de calidad de agua, y las revisiones consumo humano siempre y cuando se le realicen los debidos procesos de tratamiento, por lo que se procedió a realizar el diseño. Según (Rojas, 1999), en su libro (Potabilización del agua), capítulo 1, las características que presenta la fuente indican que se cataloga como Fuente Buena, la cual solo necesita un

tratamiento usual tal como filtración y desinfección, por lo que se utilizó el siguiente esquema para el diseño:

### 7.13.2. Diseño de sedimentador

Nota: El periodo de diseño, teniendo en cuenta los criterios de diseños económicos y técnicos es de 8 – 20 años, así también el número de unidades pueden ser en paralelo o simple .

Para el cálculo del sedimentador se toman en cuenta el caudal de diseño (CMD) y velocidad de sedimentación según (Cualla, 1995).

Caudal de diseño.

$$Q= 0.00776 \text{ m}^3 /s.$$

Velocidad de sedimentación.

$$Vs= 0.002232 \text{ m/s}.$$

### 7.13.3. Se determina el área superficial de la unidad (As)

Con base a (Guía para el Diseño de Desarenadores y Sedimentadores, 2005) el área superficial se calcula ecuación 53 como se muestra a continuación.

$$As = \frac{Q}{Vs}$$

Donde:

As: área superficial.

Q: Caudal ( $m^3 /s$ ).

Vs: Velocidad de sedimentación.

$$As = \frac{0.00776 \text{ m}^3 /s}{0.002232 \text{ m/s}}$$

$$As = 3.48 \text{ m}^2$$

Asumimos un ancho de sedimentador.

B= 1.1 m.

**7.13.4. Se determina la longitud en la zona sedimentador**

Con base a (Guía para el Diseño de Desarenadores y Sedimentadores, 2005) el área superficial se calcula ecuación 54 como se muestra a continuación.

$$L = \frac{As}{B}$$

Donde:

L: Longitud de sedimentador.

As: Área de sedimentador.

B: Ancho de sedimentador.

Se tendrá como longitud total.

$$L = \frac{3.48 \text{ m}^2}{1.1 \text{ m}}$$

$$L = 3.16 \text{ m}$$

Nota: Se asume la distancia de separación entre la entrada y la pantalla difusora.

L1= 0.5 m

**7.13.5. Se tendrá como longitud total**

Con base a (Guía para el Diseño de Desarenadores y Sedimentadores, 2005) el área superficial se calcula ecuación 55 donde es la sumatoria de la longitud de la pantalla difusora y la longitud del sedimentador como se muestra a continuación.

$$Lt = L1 + L2$$

$$L1 = 0.5 \text{ m} + 3.16 \text{ m}$$

$$L1 = 3.66 \text{ m}$$

Con base a (Guía para el Diseño de Desarenadores y Sedimentadores, 2005)

Se verifica si cumple con la relación de (L/B) del criterio de diseño los que están en un rango de (3 – 6 m).

$$Relacion = \frac{L}{B}$$

Donde:

L: Longitud.

B: Ancho.

$$Relacion = \frac{3.66 \text{ m}}{1.1 \text{ m}}$$

*Relacion = 3.33 m cumple con el rango establecido.*

Nota: Asumimos la profundidad de 0.70 m

Se verifica si cumple con la relación (L/H), establecida en los criterios de diseños en el rango de (5 – 20 m).

$$Relacion = \frac{L}{H}$$

Donde:

L: Longitud.

H: Altura

$$Relacion = \frac{3.66 \text{ m}}{0.70 \text{ m}}$$

*Relacion = 5.22 m cumple con el rango establecido.*

#### **7.13.6. Se determinará la velocidad horizontal, (VH)**

Con base a (Guía para el Diseño de Desarenadores y Sedimentadores, 2005) la velocidad horizontal se calcula ecuación 58 como se muestra a continuación.

$$VH = \left( \frac{Q}{B \times A} \right) \times 100$$

Donde:

Vh: Velocidad horizontal

B: Ancho.

A: Área.

$$VH = \left( \frac{0.00776 \text{ m}^3/\text{s}}{1.1 \text{ m} \times 0.70} \right)$$

$$VH = 1 \text{ cm/s}$$

### 7.13.7. Se determina el periodo de retención

Con base a (Guía para el Diseño de Desarenadores y Sedimentadores, 2005) el periodo de retención se calcula con la ecuación 59, como se muestra a continuación.

$$T_o = \frac{\text{Volumen}}{Q}$$

Donde:

Q: Caudal (m<sup>3</sup>/s).

$$T_o = \frac{1.1 \text{ m} \times 3.16 \text{ m} \times 0.70 \text{ m}}{0.00776 \text{ m}^3/\text{s}}$$

$$T_o = 0.0871 \text{ horas} = 5.23 \text{ minutos.}$$

Con base a (Guía para el Diseño de Desarenadores y Sedimentadores, 2005) En el fondo de la unida debe tener una pendiente de 5 - 10% en el fondo de la unida para facilitar el deslizamiento del sedimento, se tiene con altura máxima.

$$HT = H + 0.1 \times H$$

$$HT = 0.7 \text{ m} + 10 \% \times 0.7 \text{ m}$$

$$HT = 77 \text{ cm} = 0.77 \text{ m}$$

Nota: Con un vertedero de salida de longitud de cresta igual al ancho de la unidad se tiene como altura de agua sobre el vertedero.

$$H2 = \left( \frac{Q}{1.84 \times B} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Donde:

Q: Caudal ( $m^3/s$ ).

B: Ancho.

$$H2 = \left( \frac{0.00776 \text{ m}^3/s}{1.84 \times 1.1 \text{ m}} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$H2 = 0.0245 \text{ m} = 2.45 \text{ cm}$$

### 7.13.8. Diseño de la pantalla difusora

Con base a (Guía para el Diseño de Desarenadores y Sedimentadores, 2005) la pantalla difusora se calcula con las ecuaciones 62 ,63 ,64,65 y 66 , expone los parámetros siguientes : Se debe aboquillar los orificios en un Angulo de 15 grados en el sentido del flujo, se adopta un diámetro de orificios de  $D_o = 0.075 \text{ m}$ .

Nota: Se asume la velocidad entre orificios la velocidad de los orificios no debe ser mayor al  $0.15 \text{ m/s}$  para no crear perturbaciones dentro de la zona de sedimentación.

$V_o = 0.075 \text{ m/s}$ .

Área total de los orificios.

$$A_o = \frac{Q_{\text{Diseño}}}{V_o}$$

$$A_o = \left( \frac{0.00776 \text{ m}^3/s}{0.075 \text{ m/s}} \right)$$

$$A_o = 0.103 \text{ m}^2$$

Se determina el área de cada orificio.

Con base a (Guía para el Diseño de Desarenadores y Sedimentadores, 2005) el área de cada orificio se calcula con la ecuación que se muestra a continuación.

$$a_o = \frac{\pi \times (D_o)^2}{4}$$

$$a_o = \left( \frac{3.1416 \times (0.075)^2}{4} \right)$$

$$a_o = 0.0044 \text{ m}^2$$

#### **7.13.9. Se determina el número de orificios**

Con base a (Guía para el Diseño de Desarenadores y Sedimentadores, 2005) se determina el número orificio con la ecuación 63 siguiente.

$$n = \left( \frac{A_o}{a_o} \right)$$

Donde:

A<sub>o</sub>: Área total de cada orificio.

a<sub>o</sub>: Área de cada orificio.

$$n = \frac{0.103 \text{ m}^2}{0.0044 \text{ m}^2}$$

$$n = 24 \text{ orificios.}$$

#### **7.13.10. Se determina la porción de altura de la pantalla difusora con orificios**

Con base a (Guía para el Diseño de Desarenadores y Sedimentadores, 2005) la altura de la pantalla difusora se calcula con la ecuación 64 siguiente.

$$h = H - \left( \frac{2}{5} \right) \times H$$

$$h = 0.70 - \left( \frac{2}{5} \right) \times 0.70$$

$$h = 0.42 \text{ m}$$

Asumimos el número de filas de los orificios.

$$N_f = 6$$

Entonces se tiene el número de columnas.

$$N_c = \frac{h}{n_f}$$

$$N_c = \frac{24}{6}$$

$N_c = 4$  numero de las columnas.

#### **7.13.11. Se determina el espaciamiento entre las filas**

Con base a (Guía para el Diseño de Desarenadores y Sedimentadores, 2005) el espaciamiento entre filas se determina con la ecuación 65 siguiente.

$$a_l = \frac{h}{n_f}$$

$$a_l = \frac{0.42 \text{ m}}{6}$$

$$a_l = 0.07 \text{ m} = 7 \text{ cm}$$

#### **7.13.12. Se determina el espaciamiento entre columnas.**

Con base a (Guía para el Diseño de Desarenadores y Sedimentadores, 2005) el espaciamiento entre columnas se determina con la ecuación 66 siguiente.

$$a_2 = \frac{B}{N_c}$$

$$a_2 = \frac{1.1 \text{ m}}{5}$$

$$a_2 = 0.22 \text{ m de eje a eje}$$

La sección de la compuerta de la evacuación de los lodos (A2), debe de mantener la relación donde (T) es tiempo de vaciado. (valle, 2005)

### 7.14. Diseños de filtros

Las filtraciones de múltiples etapas (FiME) trata de una combinación de pretratamiento con filtraciones en grava (FGDi) y unidad de filtración lenta en arena (FLA) con la finalidad de obtener un afluente de calidad sin necesidad de reactivos químicos durante el proceso (COSUDE, 2005)

#### 7.14.1. Flujograma de la planta de tratamiento



Los espesores de la primera capa de grava serán de 0.5 cm, la segunda capa de grava será de 0.10 cm y las tercera y última capa será de 10 cm.

Estimación del caudal de diseño del modelo de escala.

Números de módulos: 2

Velocidad de filtración, (cálida buena):  $V_f = 3 \text{ m/h}$

Caudal para toda la planta:

Caudal de diseño de planta:  $Q_{\text{diseño}} = 7.76 \text{ l/s} = 27.94 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Área del filtro:

$$A = \frac{Q_d}{2 V_f}$$

Donde:

$Q_d$ : Caudal de diseño.

$V_f$ : Velocidad de filtración.

$$A = \frac{27.94 \text{ m}^3/\text{s}}{2 \cdot 3 \text{ m/h}}$$

$$A = 4.66 \text{ m}^2$$

#### 7.14.2. Diseño de un filtro grueso dinámico, (FGDi)

Con base a (COSUDE, 2005) el diseño del FGDi cuenta con los parámetros siguiente ,la velocidad de filtración adoptada debe estar en un rango de 2-3 m/h ,el área del filtro no debe ser mayor de 10 m<sup>2</sup> y tomando en cuenta el caudal de diseño para el cálculo del mismo con la ecuación 69 como se muestra a continuación.

Caudal de diseño para toda planta.

$$Q_{diseño} = 7.76 \text{ l/s} = 27.94 \text{ m}^3/\text{s}$$

Número de unidades.

$$N = 2$$

Velocidades de filtración.

$$V_f = 2 - 3 \text{ m/h}$$

Asumimos 3 m/h

Caudal por cada módulo.

$$Q_{diseño/2} = \frac{27.94 \text{ m}^3/\text{s}}{2}$$

$$Q_{diseño} = 13.97 \text{ m}^3/\text{h}$$

Área del filtro.

$$A_s = \frac{13.97 \text{ m}^3/\text{h}}{3}$$

$$A_s = 4.66 \text{ m}^2 < 10 \text{ m}^2 \text{ cumple.}$$

Asumimos B = 1.5 m

$$L = \frac{A_s}{B}$$

$$L = \frac{4.66 \text{ m}^2}{1.5 \text{ m}}$$

$$L = 3.1 \text{ m}$$

### 7.14.3. Altura del filtro

Con base a (COSUDE, 2005) la altura del filtro se calcula con la ecuación 71 que es la sumatoria de la altura del lecho de soporte ,altura del lecho filtrante y altura de borde libre ,como se muestra a continuación .

Hf: Altura del filtro.

Hls: Altura del lecho de soporte (0.30).

Alf: Altura del lecho filtrante (0.70).

Hlb: Altura del borde libre (0.20).

$$Hf = Hls + Hlf + Hlb$$

$$Hf = 0.30 + 0.70 + 0.20$$

$$Hf = 1.2 \text{ m}$$

### 7.14.4. Dimensionamiento del filtro grueso dinámico (FGDi)

Con base a (COSUDE, 2005) el dimensionamiento se calcula con las ecuaciones 72,73,74 y 75 siguientes.

Relación de filtro 3:1 m

Ancho = 1.5 m

Altura = 1.20 m

Diseño del caudal de entrada.

$$Qd = 27.94 \text{ m}^3/h = 0.00776 \text{ m}^3/s$$

S = 1%

N = 0.0013 (Hormigón)

## Ecuación de Manning

$$Q = \frac{A}{n} \times (R)^{\frac{2}{3}} \times (S)^{\frac{1}{2}}$$

$$R = \frac{Y}{2}$$

$$A = 2YY$$

Método mediante sol ver.

$$0.00776 = \frac{2Y^2}{0.0013} \times \left(\frac{Y}{2}\right)^{\frac{2}{3}} \times (0.001)^{\frac{1}{2}}$$

$$Y = 0.138$$

$$B = 2Y = 0.276 \text{ m}$$

Nota: Como las dimensiones del canal son muy pequeñas, asumiremos otras mayores con motivo de aumentar su funcionalidad.

$$Y = 0.3 \text{ m}$$

$$B = 0.6 \text{ m}$$

### 7.14.5. Diseño de vertedero triangular

Con base a (COSUDE, 2005) para el diseño del vertedero se utilizó las ecuaciones 76,77,78 y 79 siguientes.

H: Carga.

P: Pared.

B: Base.

Θ: Contracciones.

$$Q = (1.386) \times (h)^{\frac{5}{2}}$$

$$h = \sqrt[5]{\left(\frac{0.00776 \text{ m}^3/\text{s}}{1.386}\right)^2}$$

$$h = 0.13 \text{ m} = 13 \text{ cm}$$

$$P = 3 \times h$$

$$P = 3 \times 0.13 \text{ m}$$

$$P = 0.39 \text{ m}$$

$$B = 8 \times h$$

$$B = 8 \times 0.13 \text{ m}$$

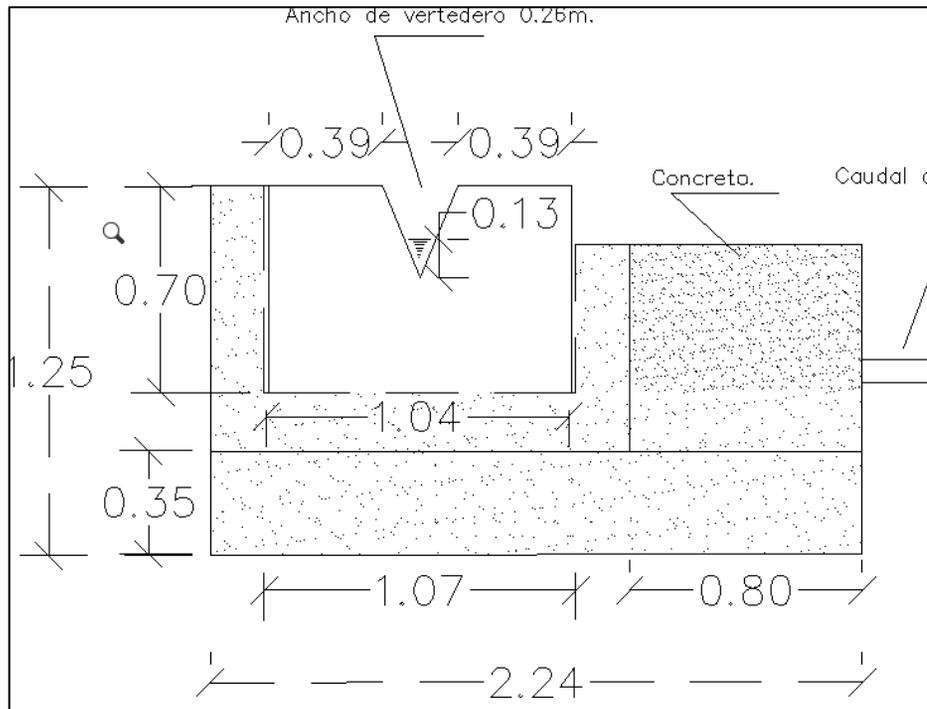
$$B = 1.04 \text{ m}$$

$$\theta = 3 \times h$$

$$\theta = 3 \times 0.13 \text{ m}$$

$$\theta = 0.39 \text{ m}$$

Figura 24: Vertedero



Fuente: Elaboración propia lamina 5/10 juego de plano I.

#### 7.14.6. Diseño de filtro lento de arena (FLA)

Con base a (COSUDE, 2005) el diseño del FLA cuenta con los parámetros siguiente ,la velocidad de filtración adoptada debe estar en un rango de 0.1-0.3 m/h ,el área del filtro no debe ser mayor de 100 m<sup>2</sup> y tomando en cuenta el caudal de diseño para el cálculo del mismo con la ecuación 80 como se muestra a continuación.

Caudal de diseño para un módulo.

$$Q_{diseño} = 13.97 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Velocidad de filtración: 0.1-0.3 m/h

Área del filtro < 100 m<sup>2</sup>

$$A_f = \frac{Q_{diseño}}{V_f}$$

Donde:

Qd: Caudal de diseño.

Vf: Velocidad de filtración.

$$Af = \frac{13.97 \text{ m}^3 / \text{h}}{0.30 \text{ m/h}}$$

$$Af = 46.6 \text{ m}^2 \text{ "Cumple"} < 100 \text{ m}^2$$

Nota: Asumimos B = 4m

$$L = \frac{46.6 \text{ m}^2}{4}$$

$$L = 11.65 \text{ m}$$

#### **7.14.7. Altura de filtro**

Con base a (COSUDE, 2005) la altura del filtro se calcula con la ecuación 81 que es la sumatoria de la altura del lecho de soporte, altura de la pared de la caja, altura del lecho filtrante, altura de agua sobre nadante y altura de borde libre, como se muestra a continuación.

$$H_f = H + H_{ls} + H_{lf} + H_{as} + H_{bl}$$

H: Altura de la pared de la caja 0.20 m.

H<sub>ls</sub>: Altura del lecho de soporte 0.25 m.

H<sub>lf</sub>: Altura de lecho filtrante 0.80 m.

H<sub>as</sub>: Altura de agua sobrenadantes 0.75 m.

H<sub>bl</sub>: Altura de borde libre 0.10m.

$$H_f = 0.20 + 0.25 + 0.80 + 0.75 + 0.10 \geq 1.50 \text{ m}$$

$$H_f = 2.10 \text{ m}$$

Las medidas obtenidas del filtro lento de arena (FLA) son:

Altura del filtro 2.10 m.

Ancho 4 m.

Longitud 11.5 m.

#### **7.14.8. Cálculo de diseño de la tubería múltiple en el filtro grueso dinámico (FGDi)**

Según (COSUDE, 2005) para el cálculo de las tuberías se utilizarán las ecuaciones 82,83,84,85,86,87 y 88 como se muestra a continuación.

Datos:

Velocidades del lavado  $V_l = 20 \text{ m/h}$

$B = 1.5 \text{ m}$

$L = 3.1 \text{ m}$

#### **7.14.9. Cálculo de caudal de lavado**

$$Q_{lavado} = V_{lavado} \times B \times L$$

$$Q_{lavado} = 20 \times 1.5 \text{ m} \times 3.1 \text{ m}$$

$$Q_{lavado} = 93.12 \text{ m}^3/\text{s} = 25.87 \text{ l/s}$$

Determinaremos el número de orificios, se tomarán en cuenta las siguientes especificaciones.

Longitud de tubería principal  $L = 3.1 \text{ m}$

Número de fuerzas laterales  $N = 4$

$R_u = 0.0015$  (valle, 2005)

$D_o = 0.75$  Tabla del anexo 5

$$S = \frac{d}{N}$$

Donde:

S: Porcentaje

dL: -0.4

N: longitud

$$S = \frac{3.1 - 0.4}{3.1 m}$$

$$S = 87$$

#### 7.14.10. Caudal de lavado en las fuerzas laterales

Según (COSUDE, 2005) para el cálculo del caudal de lavado se divide entre las fuerzas laterales seguido se calcula los números de orificios con la ecuaciones 84,85 y 86 siguiente .

$$q_{lavado} = \frac{25.83 l/s}{4}$$

$$q_{lavado} = 6.47 l/s$$

Formula a emplear:

$$Ro = \frac{n \times A}{Al}$$

$$n = \frac{Ro \times Al}{Ao}$$

Donde:

Ro: Constante 0.0015

n: Numero de orificio

Al: Área del filtro

Ao: Área total de cada orificio.

Nota: Se escoge un diámetro para los orificios de  $\frac{3}{4}$  de pulgada.

$$do = 19.048 \times 10^{-3} m$$

$$A_o = 0.785 \times (d_o)^2$$

$$A_o = 0.785 \times (19.048 \times 10)^{-3}$$

$$A_o = 0.000285 \text{ m}^2$$

$$n = \frac{R_o \times A_l}{A_o}$$

Donde:

A: Área.

A<sub>l</sub>: Área del filtro

A<sub>o</sub>: Área total de cada orificio.

R<sub>o</sub>: Constante 0.0015

$$n = \frac{0.00015 \times (1.5 \text{ m}) \times (3.1 \text{ m})}{0.000285 \text{ m}^2}$$

$$n = 24.47$$

$$n = \frac{24.47}{4}$$

$$n = 6.1 = 6 \text{ orificios para tubos laterales.}$$

#### **7.14.11. Separación de orificios para tubos laterales**

Para el cálculo de la separación de orificios en tubos laterales se divide la distancia entre el número de tubos como se aprecia a continuación.

$$Sep = \frac{0.775}{4}$$

$$Sep = 0.194 \text{ m}$$

#### **7.14.12. Espaciamiento entre orificios**

Verificación.

$$Esp = \frac{0.75}{0.194}$$

$$Esp = 3.87$$

*Esp = 4 orificios a lo largo del tubo.*

$$N_{filas} = \frac{7}{4}$$

$$N_{filas} = 1.75 = 2 \text{ Filas en el tubo}$$

#### **7.14.13. Determinación del diámetro de la tubería lateral**

Con base (COSUDE, 2005) para el caculo de tubería lateral se utiliza la ecuación 87 siguiente.

$$\theta l = \theta_{orificios} \times \sqrt{2 \times n}$$

Donde:

$\Theta$ : diámetro de orificio

n: número de tubos

$$\theta l = 0.075 \times \sqrt{2 \times 4}$$

$$\theta l = 2.12 \text{ Pulgada}$$

$$\theta l = 2.5 \text{ pulgadas diametro comercial.}$$

#### **7.14.14. Calculo en el diámetro de la tubería principal**

Con base (COSUDE, 2005) para el caculo de tubería principal se utiliza la ecuación 88 siguiente.

$$\theta p = \theta l \times \sqrt{2 \times Nr}$$

Donde:

Nr: Numero de ramales principales

Ø: Diámetros de orificios

$$\theta p = 2.5 \times \sqrt{2 \times 4}$$

$$\theta p = 7.2 = 8 \text{ Diametro comercial.}$$

#### 7.14.15. Diseño del sistema de drenaje del filtro lento de arena (FLA)

Con base (COSUDE, 2005) para el caculo del sistema de drenaje del FLA se utiliza la ecuación 89 se expone los parámetros siguientes; Para el cálculo de orificios se adopta una pérdida de carga máxima en los orificios de 0.05 m, que corresponde a orificios de 1/8 in.

La capa de los espesores de arena será de 0.20 cm.

$$H_f = 0.05 \text{ m}$$

$$N = \frac{Q}{C \times a \times \sqrt{2 \times g \times H_f}}$$

Donde:

N: Numero de orificios totales

Q: Caudal ( $m^3/s$ )

a: Área de sección del orificio

g: Gravedad

H<sub>f</sub>: Perdida de descarga en los orificios.

C: Coeficiente de descarga de los orificios

$$N = \frac{0.00388}{0.61 \times 0.000008 \times \sqrt{2 \times 9.81 \text{ cm/s}^2 \times 0.05}}$$

$$N = 802.7 = 803$$

$$N_{rama\ principal} = \frac{11.65}{0.775}$$

$$N_{rama\ principal} = 8.73$$

$$n = \frac{N_{ramales\ totales}}{N_{ramales\ principales}}$$

$$n = \frac{802.7}{8.73}$$

$n = 93$  orificios por ramales.

$$n\ por\ rama\ lateral = \frac{93}{2}$$

$n\ por\ rama\ lateral = 47$  orificios.

#### **7.14.16. Separación de orificios de tubería lateral**

Para el cálculo de la separación de orificios en tubos laterales se divide la distancia entre el número de orificio como se aprecia a continuación.

$$Sep = \frac{400\ cm}{47}$$

$$Sep = 9\ cm$$

#### **7.14.17. Determinación de diámetros de las tuberías laterales**

Con base (COSUDE, 2005) para el cálculo de tubería lateral se utiliza la ecuación 87 siguiente.

$$\theta l = \theta_{orificios} \times \sqrt{2 \times n}$$

Donde:

$\theta$ : Diámetro de los orificios

n: Numero de orificios

$$\theta l = 0.125 \times \sqrt{2 \times 8.73}$$

$$\theta l = 0.52\ pulgadas$$

$$\theta l = \frac{3}{4} \text{pulgadas diametro comercial.}$$

#### 7.14.18. Determinación del diámetro de la tubería principal

Con base (COSUDE, 2005) para el caculo de tubería principal se utiliza la ecuación 88 siguiente.

$$\theta f = \theta l \times \sqrt{2 \times Nr}$$

Donde:

$\Theta$ : Diámetro de los orificios

Nr: Numero de los ramales

$$\theta f = 0.75 \times \sqrt{2 \times 7.5}$$

$$\theta f = 3 \text{ pulgadas.}$$

#### 7.14.19. Pérdidas de cargas

Según (COSUDE, 2005) las Perdidas de cargas en lechos filtrante no estratificados de la fórmula de Fair y Hatch se calcula con la ecuación 92 siguiente.

$$H_{filtrro\ intermedio} = F \times \frac{L \times Y}{g} \times V \times \frac{(1 - Po)^2}{Po^3} \times \left(\frac{6}{Le \times Dc}\right)^2$$

Donde:

F: Coeficiente de koseny = 5

L: Altura del lecho 200

Y: Viscosidad cinemática  $1 \times 10^{-2} \text{ cm}^2 / \text{s}$

g: Gravedad.

V: 0.3 m/h

Po: 0.4

Le: Coeficiente de esfericidad 0.82

Dc: Diámetro del medio filtrante 0.6

$$H_{filtrro\ intermedio} = 5 \times \frac{200 \times 1.00E^{-2}}{9.81 \text{ cm/s}^2} \times 0.083 \times \frac{(1 - 0.4)^2}{(0.4)^3} \times \left(\frac{6}{0.82 \times 1.8}\right)^2$$

$$H_{filtro\ intermedio} = 0.70\ cm$$

#### 7.14.20. Medio filtro intermedio

Según (COSUDE, 2005) las Perdidas de cargas en lechos filtrante intermedio de la fórmula de Fair y Hatch se calcula con la ecuación 92 siguiente.

Nota se cambia el Dc = 1.3 m.

$$H_{filtro\ intermedio} = F \times \frac{L \times Y}{g} \times V \times \frac{(1 - P_o)^2}{P_o^3} \times \left(\frac{6}{Le \times Dc}\right)^2$$

Donde:

Solamente cambia Dc.

$$H_{filtro\ intermedio} = 5 \times \frac{200 \times 1.00E^{-2}}{9.81\ cm/s^2} \times 0.083 \times \frac{(1 - 0.4)^2}{(0.4)^3} \times \left(\frac{6}{0.82 \times 1.3}\right)^2$$

$$H_{filtro\ intermedio} = 0.15\ cm$$

#### 7.14.21. Medio filtro inferior.

Según (COSUDE, 2005) las Perdidas de cargas en lechos filtrante inferior de la fórmula de Fair y Hatch se calcula con la ecuación 93,94, siguiente.

Nota: se cambia el Dc = 1.9 m.

$$H_{filtro\ inferior} = F \times \frac{L \times Y}{g} \times V \times \frac{(1 - P_o)^2}{P_o^3} \times \left(\frac{6}{Le \times Dc}\right)^2$$

Donde:

Solo sustituimos valores del Dc.

$$H_{filtro\ inferior} = 5 \times \frac{200 \times 1.00E^{-2}}{9.81\ cm/s^2} \times 0.083 \times \frac{(1 - 0.4)^2}{(0.4)^3} \times \left(\frac{6}{0.82 \times 0.6}\right)^2$$

$$H_{filtro\ inferior} = 0.071\ cm$$

$$HF_{total} = Hf1 + Hf2 + Hf3$$

$$HF_{total} = 0.7 + 0.15 + 0.071$$

$$HF_{total} = 0.921\ cm\ 0.921\ cm$$

#### 7.14.22. Filtro lento de arena (FLA)

Según (COSUDE, 2005) las Perdidas de cargas en lechos filtrante no estratificado de la fórmula de Fair y Hatch se calcula con la ecuación 92 siguiente.

$$T = 5$$

$$L = 800 \text{ cm}$$

$$G = 9.81 \text{ cm/s}^2$$

$$Y = 1.00E^{-2} \text{ cm}^2/\text{s}$$

$$P_o = 0.4$$

$$C_e = 0.82$$

$$D_c = 0.03$$

$$V = 0.3 \text{ m/h} = 0.00833 \text{ cm/s.}$$

#### 7.14.23. Medio filtrante inferior

Según (COSUDE, 2005) las Perdidas de cargas en lechos filtrante intermedio de la fórmula de Fair y Hatch se calcula con la ecuación 92 siguiente.

$$H_{filtrato superior} = F \times \frac{L \times Y}{g} \times V \times \frac{(1 - P_o)^2}{P_o^3} \times \left(\frac{6}{L_e \times D_c}\right)^2$$

$$H_{filtrato superior} = 5 \times \frac{200 \times 1.00E^{-2}}{9.81 \text{ cm/s}^2} \times 0.083 \times \frac{(1 - 0.4)^2}{(0.4)^3} \times \left(\frac{6}{0.82 \times 1.3}\right)^2$$

$$H_{filtrato superior} = 113.65 \text{ cm}$$

#### 7.14.24. Medio filtrante inferior

Según (COSUDE, 2005) las Perdidas de cargas en lechos filtrante intermedio de la fórmula de Fair y Hatch se calcula con la ecuación 94 y 95 siguiente.

$$L = 250$$

$$D_c = 1.9$$

$$H_{filtrato inferior} = F \times \frac{L * Y}{g} \times V \times \frac{(1 - P_o)^2}{P_o^3} \times \left(\frac{6}{L_e \times D_c}\right)^2$$

$$H_{filtrato inferior} = 5 \times \frac{200 \times 1.00E^{-2}}{9.81 \frac{\text{cm}}{\text{s}^2}} \times 0.083 \times \frac{(1 - 0.4)^2}{(0.4)^3} \times \left(\frac{6}{0.82 \times 1.3}\right)^2$$

$$H_{f\text{oltro inferior}} = 0.0089 \text{ cm}$$

$$H_{total} = H_{sup} + H_{infer}$$

$$H_{total} = 113.65 \text{ cm} + 0.0089 \text{ cm}$$

$$H_{total} = 113.68 \text{ cm} = 1.11368 \text{ m}$$

$$Ca = 0.94 \text{ kg / dia}$$

Nota:

**Filtro Grueso Dinámico:** Control del caudal afluente al filtro, ajustar la válvula de acuerdo al caudal requerido en las otras unidades. En caso de turbiedades mayores a los niveles esperados, debe realizarse el mantenimiento cerrando la válvula de salida y realizando la limpieza o lavado del material grueso.

**Filtro Lento de Arena:** El retiro del material sobrenadante se realiza con el dispositivo denominado cuello de ganso. Si el agua alcanza el nivel de rebose, por efecto del aumento de la pérdida de carga, se suspende la entrada de agua cruda al módulo cerrando la válvula de control, para luego proceder con las tareas de limpieza del filtro. Evacuar la capa sobrenadante de agua hasta unos 20 cm por debajo del lecho filtrante, se retiran 1 o 2 cm de arena mediante la técnica del raspado, nivelando posteriormente toda la superficie del lecho. Este ejercicio se repite cada vez que sea necesario limpiar el filtro, hasta llegar a un espesor mínimo de arena de 50 cm (considerando que el lecho filtrante de arena tiene un espesor total de 80 cm). Una vez que se alcanza el espesor mínimo de arena, se procede con el proceso de rearenamiento que consiste en la colocación de arena nueva hasta alcanzar un espesor 80 cm. (valle, 2005)

### 7.15. Desinfección

Para que el agua sea apta para consumo humano, se ha propuesto la colocación de un hipoclorador de carga constante en el tanque, el cual estará proporcionando la cantidad necesaria de cloro para la eliminación de bacterias. Para realizar su dosificación se utilizó la siguiente fórmula:

### 7.15.1. Hipoclorito

En general se recomienda un hipo cloración para capacidades menores de 1 kg. Cloro/día y caudales de 130 gpm como máximo (8.2 l/s)

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

Donde:

Ca: Capacidad de diseño de la estación de cloración kg. Cloro/día.

Q: Caudal de diseño  $m^3 / día$ .

C: Dosis de cloro para aplicar en se adopta 2.1 mg/l.

$$Ca = \frac{\left(0.00776m^3/s \times \frac{3600s}{1 hr} \times 16hrs\right) \times 2.1mg/l}{1000}$$

$$Ca = 0.94 \text{ kg. cloro/día}$$

Una vez obtenida la capacidad de cloro de 0.94 kg. Cloro/día se procede a calcular el volumen requerido de cloro comercial con concentración del 12 %.

$$Ca = 0.94 \text{ kg.} \frac{\text{cloro}}{\text{día}} \times \frac{1000g}{1 \text{ kg}} \times \frac{1 \text{ l}}{120 \text{ gr}}$$

$$Ca = 7.833 \text{ l} \frac{\text{cloro}}{\text{día}}$$

La cantidad de cloro para almacenar por día son 7.833 L. cloro/día lo cual se aplicará día a día, donde el inventario mínimo de cloro en la estación debe ser suficiente para suplir la demanda de 15 días. (NTON 09 007 - 19)

Aplicación:

Hipoclorito se aplicará previamente la solución concentrada con agua limpia a una concentración del 1 % al 3 %. (NTON 09 007 - 19)

Se adoptó la concentración del 3 % debido a que la norma recomienda diluir el cloro en agua limpia en un rango de 1.5 a 3%, por tanto con el cloro comercial que

presenta una concentración del 12% se utilizó para hacer los cálculos que se presentan a continuación (NTON 09 007 - 19).

Donde:

Va: Volumen de agua limpia.

$$Va = \frac{7.833 \text{ kg.l.} \frac{\text{cloro}}{\text{día}} \times 12 \%}{3 \%}$$

$$Va = 31.332 \text{ litros de agua}$$

Para cada 7.833 kg. cloro/día se mezclará en 31.33 litros de agua limpia, se recomienda que el tiempo de contacto y cloro sea de 30 minutos antes de que llegue al primer consumidor, y la concentración de cloro residual que debe de permanecer en los puntos más alejados de la red de distribución, deberá ser de 0.2 a 0.5 mg/l después del periodo de contacto señalado. (NTON 09 007 - 19, pág. 99)

De acuerdo a (Organización Panamericana de la Salud & COSUDE, 2005) para un caudal de 7.76 l/s se aplicará una dosis de 21 gotas/s como se observa en la tabla 23.

Tabla 25: Dosificaciones de cloro.

Caudal.	Dosificación.	Cloro residual en el tanque de almacenamiento.
6l/s	18 gotas/s	0.8 mg/l
7l/s	21 gotas/s	0.8 mg/l
8l/s	24 gotas/s	0.8 mg/l
180 l/min	27ml/min	0.8mg/l
10600l/hr	1620ml/hr	0.8mg/l
259200l/día	38880ml/día	0.8mg/l

Fuente: OPS.

Al ser el caudal de entrada equivalente al CMD (7.76 l/s), la dosificación del hipo clorador será igual a 23 gotas/s, con una cantidad de hipoclorito de sodio de 1.5 kg por día, lo cual garantizará un cloro residual de 0.8 mg/L en el tanque de almacenamiento y hasta un mínimo de 0.5 mg/L en la red de distribución, cumpliendo con lo establecido en la normativa

### 7.16. Diseños de las dimensiones del tanque de almacenamiento

Tiempo = 1 día.

C= 0.15 – 0.3 m/h.

Como no se cuenta con datos estadísticos de variaciones de consumo de agua. Según la N.B. 689 Pag. 46, Art. 10.2.1 En el caso de un sistema de abastecimiento por gravedad, que se dice; “En todo caso como volumen de regulación se debe considerar entre el 15 y 30 % del consumo máximo diario”.

$$V_{reg} = C \times Q_{max.d} \times t$$

Donde:

C: Concentración de la disolución

Q: Caudal máximo diario

T: Tiempo

$$V_{reg} = 0.15 \times 0.00776 \text{ m}^3/\text{s} \times 1 \text{ dia} \times \left(\frac{86400 \text{ s}}{1 \text{ dia}}\right)$$

$$V_{reg} = 100.56 \text{ m}^3$$

#### 7.16.1. Volumen de la reserva

$$V_{reser} = 0.000776 \text{ m}^3/\text{s} \times 2 \text{ hr} \times \frac{36000 \text{ s}}{1 \text{ dia}}$$

$$V_{reser} = 55.87 \text{ m}^3$$

Nota: Por lo tanto, el volumen del tanque será  $101 \text{ m}^3$ .

#### 7.16.2. Dimensiones del tanque

Se asume  $n = 3$ .

L= 2B

A= LxB

$$A = 2 \times B^2$$

$$V = A \times h$$

$$A = \frac{V}{h}$$

Donde:

V: Volumen

h: Altura del tanque se asume  $h = 3\text{ m}$

$$A = \frac{101}{3}$$

$$A = 33.67 \text{ m}^2$$

$$B = \sqrt{\frac{A}{2}}$$

Donde:

A: Área

$$B = \sqrt{\frac{33.67}{2}}$$

$$B = 4.1 \text{ m}$$

$$L = 2 \times B$$

$$L = 2 \times 4.1$$

$$L = 8.2 \text{ m}$$

### 7.17. Cálculo hidráulico de la línea de distribución

Debido a la topografía del terreno y a la distribución de las viviendas, la red es considerada abierta, esta va disminuyendo de diámetro a medida que avanza y está dividida en 3 tramos o ramales la principal que parte desde el tanque de almacenamiento, se calculó un diámetro nominal y suidamente se analizó en Epanet, es importante mencionar que cumpliendo con los diámetros mínimos estipulados en la normativa (1 ½"), debido a la ley de continuidad se tiene un área de sección transversal mayor, la cual aumenta el caudal y reduce la velocidad. Por lo cual, se han propuesto válvulas de limpieza para eliminar los sedimentos acumulados en la red, proceso el cual debe realizarse una vez al mes. La longitud

total es de 6302.86 mts y se han propuesto 4 diámetros diferentes: 1 ½”, 2”, 3” y 4” en tuberías PVC SDR 26.

### 7.17.1. Demandas nodales

Las demandas nodales se han determinado en dependencia de la cantidad de viviendas y nodos concentrados en cada tramo. Por lo tanto, el caudal total es igual al consumo máximo horario calculado.

### 7.17.2. Cálculo de caudales por longitud

En la tabla 25 siguiente se observa las longitudes de las 3 líneas principales que la sumatorias de todas dan la longitud total de la red, para luego calcular el caudal que le corresponde a ambas y se calcula con la ecuación 106 y 107 como se muestra a continuación.

Tabla 26: Longitudes de líneas principales.

Longitudes de las líneas principales .	
L1P.	2212,21 m
L2P.	2910,26 m
L3P.	1180,39 m
L. total.	6302,86 m

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de caudal.

$$Qu = \frac{QMH}{Lt}$$

Donde:

CMH: 12.32 m<sup>3</sup>/s

Lt: longitud total.

$$Qu = \frac{12.32l/s}{6302.86 m} = 0.001955 \frac{l}{s \times m}$$

Cálculo de caudales en cada línea principal

Línea principal L1P, Cristo Rey.

$$Q_{ul1} = Q_u \times L1P$$

Donde:

Qu: Caudal total de la red en base a la longitud.

Qul1:Caudal de la línea principal 1.

L1p:Longitud de la línea principal 1

$$Q_{ul1} = 0.001955 \frac{lt}{s \times m} \times 2212.21 m$$

$$Q_{ul1} = 4.325 l/$$

Línea L2P, Santa clara centro.

$$Q_{ul2} = Q_u \times L1P$$

Donde:

Qu: Caudal total de la red en base a la longitud.

Qul1:Caudal de la línea principal 2.

L1p:Longitud de la línea principal 2.

$$Q_{ul2} = 0.001955 \frac{l}{s \times m} \times 2910.26 m$$

$$Q_{ul1} = 5.689 l/s$$

Línea L3P, El empalme.

$$Q_{ul3} = Q_u \times L1P$$

Donde:

Qu: Caudal total de la red en base a la longitud.

Qul1:Caudal de la línea principal 3.

L1p:Longitud de la línea principal 3.

$$Q_{ul3} = 0.001955 \frac{lt}{s \times m} \times 1180.39 m$$

$$Q_{ul3} = 2.308 l/s$$

Cálculo de caudales en líneas secundarias

Línea L1P, Cristo Rey.

Distribución de caudal en la línea principal 1(L1p),este se calcula con la ecuación 106 como se muestra a continuación .

$$Q_u = \frac{Q_{ul1}}{L_t}$$

$$Q_u = \frac{4.324 lt/s}{6868.33 m} = 0.000630 \frac{l}{s} \times m$$

Con base al caudal total calculado de 0.000630 l/sxm se efectúa la ecuación 107 sún las longitudes que nos muestra la tabla 26 siguiente, donde se encuentra los resultados de los caudales obtenidos.

Una vez calculado los caudales de cada línea secundaria la sumatoria de estas tienen que ser igual al caudal total de la línea principal 1.

Tabla 27: Longitud de líneas secundarias y caudales.

<b>L1p Cristo Rey</b>			
Longitud de líneas secundaria.		Caudales de las líneas secundaria.	
L1S	267,49 m	QUL1s	0,168 Lps
L2S	384,72 m	QUL2s	0,242 Lps
L3S	308,02 m	QuL3s	0,194 Lps
L4S	570,38 m	QuL4s	0,359 Lps
L5S	514,02 m	QuL5s	0,324 Lps
L6S	717,32 m	QuL6s	0,452 Lps
L7S	746,17 m	QuL7s	0,470 Lps
L8S	1053,97 m	QuL8s	0,664 Lps

L9S	999,17 m	QuL9s	0,629 Lps
L10S	1307,57 m	QuL10s	0,823 Lps
Long. Total	6868,83 m	Total de caudal	4,324 Lps

Fuente: Elaboración propia

Línea L2P Santa Clara centro.

Distribución de caudal en la línea principal 2 (L2p), este se calcula con la ecuación 106 como se muestra a continuación .

$$Qu = \frac{QuL2}{L}$$

$$Qu = \frac{5.689 \text{ l/s}}{12983.13 \text{ m}} = 0.000438 \frac{\text{l}}{\text{s}} \times \text{m}$$

Con base al caudal total calculado de 0.000438 l/sxm se efectúa la ecuación 107 sún las longitudes que nos muestra la tabla 27 siguiente, donde se encuentra los resultados de los caudales obtenidos.

Una vez calculado los caudales de cada línea secundaria la sumatoria de estas tienes que ser igual al caudal total de la línea principal 2.

Tabla 28: Longitud de líneas secundarias y caudales.

<b>L2P Santa Clara centro</b>
-------------------------------

Longitudes de las líneas secundarias		Caudales de las líneas secundaria.	
L1S	567,57 m	QUL1s	0,2486 Lps
L2S	660,03 m	QUL2s	0,2891 Lps
L3S	762,49 m	QuL3s	0,3340 Lps
L4S	793,44 m	QuL4s	0,3476 Lps
L5S	988,75 m	QuL5s	0,4331 Lps
L6S	988,43 m	QuL6s	0,4330 Lps
L7S	1051,48 m	QuL7s	0,4606 Lps
L8S	1107,09 m	QuL8s	0,4850 Lps
L9S	1221,00 m	QuL9s	0,5349 Lps
L10S	1410,38 m	QuL10s	0,6178 Lps
L11S	879,25 m	QuL11s	0,3852 Lps
L12S	1148,56 m	QuL12s	0,5031 Lps
L13S	1407,66 m	QuL13s	0,6166 Lps
Long. Total.	12986,13 m	Total, de caudal	5,6886 Lps

Fuente: Elaboración propia.

Línea L3P, El empalme.

Distribución de caudal en la línea principal 3 (L3p),este se calcula con la ecuación 106 como se muestra a continuación .

$$Qu = \frac{Qul2}{Lt}$$

$$Qu = \frac{2.307 \text{ l/s}}{2445.76 \text{ m}} = 0.000943 \frac{\text{l}}{\text{s}} \times \text{m}$$

Con base al caudal total calculado de 0.000943 l/s×m se efectúa la ecuación 107 sún las longitudes que nos muestra la tabla 28 siguiente, donde se encuentra los resultados de los caudales obtenidos.

Una vez calculado los caudales de cada línea secundaria la sumatoria de estas tienen que ser igual al caudal total de la línea principal 3.

Tabla 29: Longitud de líneas secundarias y caudales.

L3P El empalme			
Longitudes de las líneas secundarias		Caudales de las líneas secundaria.	
L1s	267,99 m	QuL1s	0,253 Lps
L2s	465,49 m	QuL2s	0,439 Lps
L3s	733,29 m	QuL3s	0,692 Lps
L4s	978,99 m	QuL4s	0,924 Lps
Long. Total	2445,76 m	Total, de caudal	2,307 Lps

Fuente: Elaboración propia

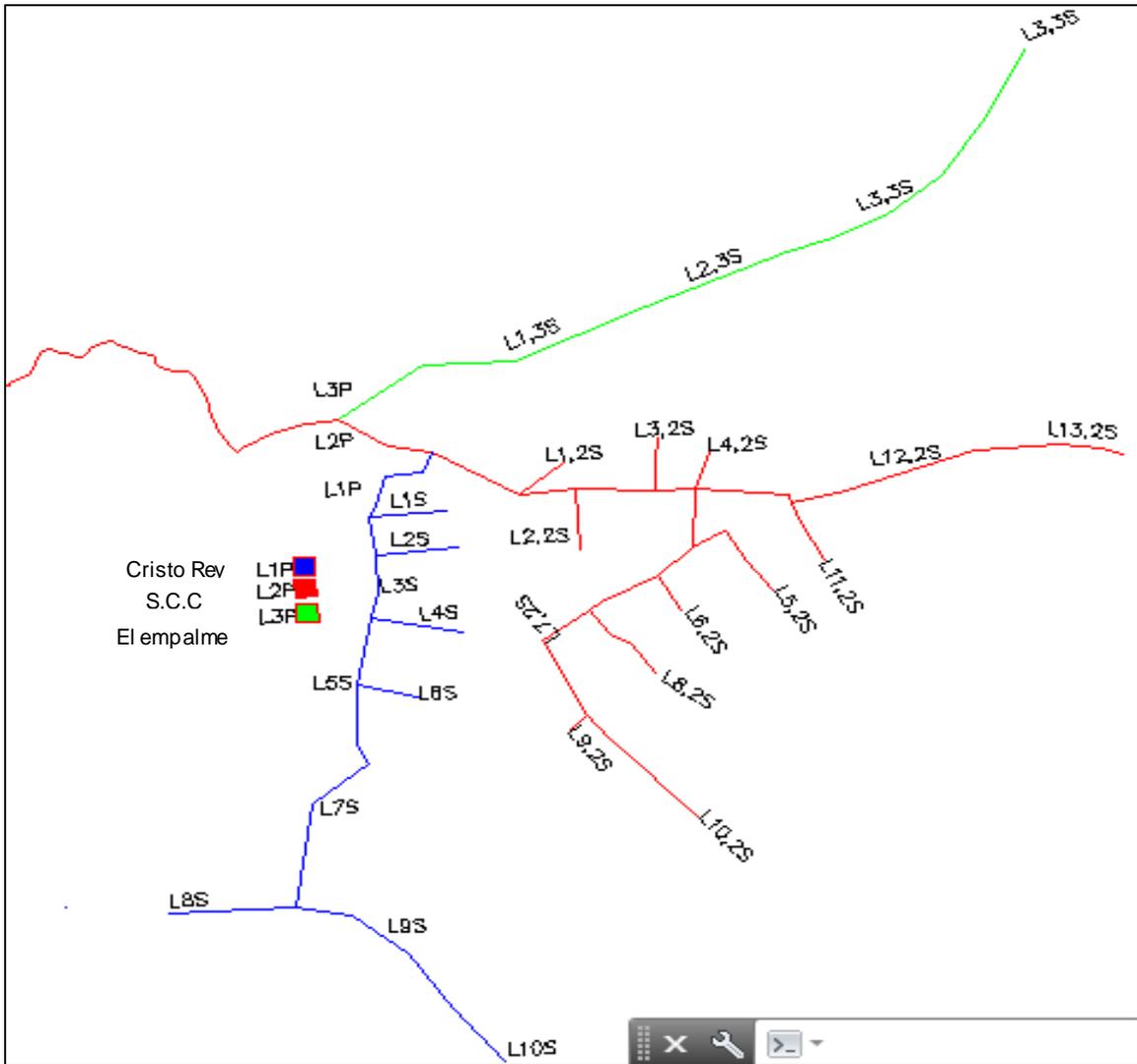
La red Distribución cuenta con 27 nodos concentrados donde se distribuyó el caudal máximo horario (CMH) en base a su longitud, los caudales de cada línea secundaria tienen que sumar el caudal total de cada línea principal y la sumatoria de las tres líneas principales tienen que sumar el CMH.

Sumatoria de caudales principales = L1P+L2P+L3P=CMH

CMH=4,324 Lps + 5,689 Lps+ 2,307 Lps = 12.32 lt/s

La figura 22 Siguiendo nos muestra la distribución de las líneas principales y secundarias de toda la red de distribución.

Figura 25:: Red de distribución



Fuente: Elaboración propia.

Con respecto a la simulación de toda la red se extirparon Tablas de tubería con: longitudes, diámetros, rugosidad, velocidades y perdida de carga m/Km, ver **anexo apéndice M**. Tablas de los nodos con: Cotas, alturas piezométricas, demanda base, presiones **ver anexo apéndice L** e ilustraciones que representan: Perfil de cotas, Perfil de altura piezométrica, presiones, las cuales se pueden apreciar en los **ver Anexos apéndice J y K**

### 7.17.3. Conexiones domiciliare

Se han propuesto 536 tomas domiciliare de patio con su sistema respectivo de micro medición, los cuales abastecerán el 100% de la población de la comunidad.

### 7.17.4. Accesorios en red de distribución

Los accesorios de red de distribución se muestran en la siguiente tabla.

Figura 26:: Accesorios red de distribución.

Accesorio	Estacion	Punto	Tramo
Yee de 4" a 2"	0+205.78	349	Red.P y P3
Yee de 4" a 3"	0+226.45	1	Red.P Y P2
Tee de 2" a 1 1/2"	0+741.84	77	Red.P1
	0+630.84	74	Red.P1
	0+450.37	63	Red.P1
	0+387.14	62	Red.P1
Tee de 2" x 2" x 1 1/2"	1+103.99	97	Red.P1
Codo 45 de 2"	0+872.09	81	Red.P1
	0+319.09	65	Red.P1
Valvula de limpieza 1 1/2"	0+495.34	61	Red.P1
	0+612.538	33	Red.P1
	0+945.14	48	Red.P1
	1+281.79	98	Red.P1
Reductor 4" a 2"	0+263.1	67	Red.P1
Accesorio	Estacion	Punto	tramo
Yee de 3" a 1 1/2"	0+486.2	4	Red. P2
Valvula de limpieza 1 1/2"	0+660.1	40	Red. P2
	0+796.51	16	Red. P2
	0+982.45	19	Red. P2
	0+991.5	25	Red. P2
	1+408.73	363	Red. P2
	1+110.16	29	Red. P2
	0+992.72	27	Red. P2
	0+762.56	69	Red. P2
	1+224.07	49	Red. P2
	0+567.64	101	Red. P2
Abrazadera de 3" a 1 1/2"	0+562.84	72	Red. P2
	0+667.14	71	Red. P2
Tee doble reducida 3" a 2"	0+734.1	5	Red. P2
Reductores de 2" a 1 1/2"	0+734.1	5	Red. P2
Reductores de 3" a 2"	0+734.1	5	Red. P2
Abrazadera de 2" a 1 1/2"	0+912.7	24	Red. P2
	0+999.59	32	Red. P2
Tee de 1 1/2" x 1 1/2" x 2"	0+879.32	7	Red. P2
Tee de 1 1/2"	1+190.25	37	Red. P2
Tee de 2" a 1 1/2"	0+824	23	Red. P2
Codo 90 de 1 1/2"	0+879.79	21	Red. P2
Codo 90 de 2" a 1 1/2"	1+054.55	47	Red. P2
Codo 90 de 2"	0+863.3	6	Red. P2
Accesorio	Estacion	Punto	Tramo
Codo 45 2"	0+365.45	353	Red. P3
	0+828.15	356	Red. P3

Fuente: Elaboración propia.

#### **7.17.5. Presupuesto Final del proyecto**

El costo aproximado para la ejecución del proyecto “DISEÑO DE UN MINI ACUEDUCTO POR GRAVEDAD PARA LA COMUNIDAD SANTA CLARA, MUNICIPIO DE SAN FERNANDO, DEPARTAMENTO DE NUEVA SOVIA” asciende a un monto en moneda nacional de **C\$ 10,259,238.07 (diez millones, doscientos cincuenta y nueve mil doscientos treinta y ocho con ceo siete centavos)**, y su equivalente en dólar americano al cambio oficial es **\$ 284,978.84 (Doscientos ochenta y cuatro mil, novecientos setenta y ocho con ochenta y cinco centavos)** Los costos se han calculado tomando en cuenta la cotización de materiales, transporte y mano de obra en la ciudad de Ocotlán. Ver memoria de cálculo en sección anexos.

## VIII. Conclusiones

1. Por medio del diagnóstico socioeconómico realizado en la comunidad, se contempla que el servicio es deficiente ,el 40% de las viviendas se abastecen una hora diario del sistema actual y el 60% de la viviendas acarrear el líquido de una fuente cercana, El 100% de la comunidad tienen establecido una cuota mínima de C\$ 30 córdobas donde no todos en su totalidad cancelan lo establecido por lo antes mencionado, la fuente económica de la comunidad está de la siguiente manera ; 399 familias cuentan con ingresos mayores a 1000 córdobas equivalente a un 89.86% de la población ,30 familias ingreso menores a 1000 córdobas equivalente a 6.76%, 5 familia menores a 600 córdobas equivalente a 1.13%y 10 familia no cuentan con ingresos equivalente al 2.25% donde estas mismas cultivan su propio alimento.
2. Sún el levantamiento topográfico que se realizó en la zona este cuenta con un relieve montañoso con elevaciones máximas de 869.105 msnm desde el punto captación y una mínima al tanque de almacenamiento de 806.5 msnm así también en la línea de distribución con elevaciones que oscilan entre 722 a 806 msnm por lo tanto la línea de conducción tiene una diferencia de altura de 62.61 m contando así con una buena carga hidrostática para realizar un mini acueducto ala largo de 4.3913 km.
3. El caudal que aporta la fuente seleccionada es de 343.29 lts/s en época de estiaje, ya que el caudal de diseño es de 7.76 l/s, lo que indica que es suficiente para abastecer a la población de la comunidad, durante la vida útil del proyecto.
4. La calidad de la fuente cumple con la norma CAPRE cuyo parámetro físico químico y biológico se encuentra en el rango establecido por la misma.
5. En el diseño del MAG cuenta con una carga hidrostática desde la captación al tanque de 62.61 m donde la presiones no sobrepasan los establecido en la norma dejando siempre por mantenimiento 5 válvulas de limpiezas a lo largo de la conducción sin embargo en la línea de distribución cuenta con 2 pilas rompe presión en sus dos ramales más críticos ,también debido a

las características de la comunidad se optó por el diseño de una red abierta con 3 ramales principales, se conectaron 535 viviendas mediante acometidas domiciliarias.

6. De acuerdo con los análisis obtenidos, se optó para el tratamiento del agua proponiendo una planta de tratamiento tipo FIME (Filtraciones en Múltiples Etapas) anexándole a este su debida cloración mediante un hipo clorador.
7. El presupuesto ha sido realizado en base al catálogo de etapas y subetapas FISE del, cuya inversión total del proyecto es de C\$ 8,853,617.53. (ocho millones, ochocientos cincuenta y tres mil, seiscientos diecisiete con 53/100).

## **IX. Recomendaciones**

- ✓ Ejecutar el MAG a la mayor brevedad posible, debido a la ineficiencia de agua potable que afecta a 1596 personas.
  
- ✓ Promover la reforestación en la zona de afloramiento de la fuente, con el propósito de prevenir erosiones o deslizamientos, y de tal forma conservar la permanencia del vital líquido.
  
- ✓ Monitorear el caudal de fuente cada 6 meses para verificar si el caudal se mantiene y así mismo mantener el cuidado de la misma.
  
- ✓ Mantener limpia el alrededor de la cerca perimetral para así evitar contaminación en la fuente para así se impida la llegada de animales que provoquen algún daño.
  
- ✓ Se recomienda contratar un fontanero permanente, capacitarlo continuamente, de este modo podrá realizar mantenimiento adecuado al sistema.
  
- ✓ En el mantenimiento de planta de tratamiento se recomienda que el fontanero realice la limpieza con la mayor higiene posible y así mismo estar pendiente por cualquier obstrucción del sistema.
  
- ✓ Mantener un respaldo de vicios ocultos por cualquier falla del sistema en un cierto periodo y así darle su mantenimiento requerido.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Instituto Nicaraguense de Turismo. (2016). Naturaleza de San Fernando. *Mapa Nacional de turismo*.
- Amanco. (16 de 08 de 2010).
- AMANCO. (s.f.). *Manual tecnico de tubo sistemas*. Mexico.
- Ambiente, P. d. (1997). Manejo Ambiental y desarrollo sostenible. Whashintong.
- Área Metropolitana del Valle de Aburrá. (2019). *Manual Para la Realización de Aforos de Caudal en Fuentes de Aguas Superficiales*. Medellín.
- CAPRE. (1993). *Norma de calidad del agua para el consumo humano*. Republica Dominicana.
- CAPRE. (2021). *Normas De Calidad Del Agua Para El Consumo Humano*. Managua.
- Clara, M. S. (22 de Julio de 2021). Cantidad de Estudiantes en la comunidad. (S. L. Rios, Entrevistador)
- Comision Nacional de Normalización Técnica y Calidad, Ministerio de Industria y Comercio. (2021). *NTON 09 007 - 19*. Managua: MIFIC.
- CONAGUA. (2015). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Estudios Técnicos para Proyectos de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento: Topografía y Mecánica de Suelos*. Coyocán: INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA.

- COSUDE. (2005). *Guía para diseño de sistemas de tratamiento de filtración en múltiples etapas*. Lima.
- Cualla, R. L. (1995). *Elementos De Diseño Para Acueductos Y Alcantarillado sanitario*. Colombia.
- Cuandovisitar.es. (2022).
- Escuela Colombiana de Ingeniería. (1995). *Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Fachelli López Pedro - Roldán Sandra. (2016). *Metodología de la investigación social cuantitativa*. Barcelona.
- Fondo de Inversión Social de Emergencia. (23 de 03 de 2021). CENSO POBLACIONAL Y ENCUESTA SOCIOECONÓMICA Y DE HIGIENE A NIVEL COMUNITARIO. Managua.
- Gobierno Regional Autónomo de Atlántico Norte y Sur. (2012). *Menú de opciones tecnológicas para el abastecimiento de agua potable en la Costa Caribe*.
- Instituto Nicaraguense de Acueductos y Alcantarillados. (1990). *Norma Técnica para el Diseño de Abastecimiento y Potabilización de Agua*. Managua.
- maestrias, P. c. (2008). CAPITULO No.3-Criterio de diseño para redes de agua potable empleado tubería PVC,Duralon,productos Nacobre. En M. d. Construcción, *CAPITULO No.3-Criterio de diseño para redes de agua potable empleado tubería PVC,Duralon,productos Nacobre* (pág. 18).
- MARENA. (2015). *Tercera comunicación Nacional de cambio climático Nicaragua*. Managua.
- MIFC. (2021). *Diseño de sistemas de abastecimiento agua potable NTON 09 007 - 19*. Managua: MIFC.
- Ministerio de Hacienda y Crédito. (2016). *Guía para la elaboración de términos de referencia para estudios de preinversión de proyectos de abastecimiento*

*de agua potable, incorporando reducción de riesgo a desastres y adaptación al cambio climático.* Managua.

Ministerio de Hacienda y Crédito Público, Dirección General de Inversiones Públicas. (2012). *Metodología de Preinversión para Proyectos de Agua y Saneamiento.* Managua.

Ministerio de Hacienda y Crédito Público, Dirección General de Inversiones Públicas. (2012). *Metodología de Preinversión para Proyectos de Agua y Saneamiento.* Managua.

Ministerio de Transporte e Infraestructura. (s.f.). *MTI.* Obtenido de MTI: <https://www.mti.gob.ni/wp-content/uploads/mapas/DEPARTAMENTO%20DE%20NUEVA%20SOVIA.pdf>

Ministerio de Transporte e Infraestructura. (s.f.). *MTI.* Obtenido de MTI: <https://www.mti.gob.ni/wp-content/uploads/mapas/NS-SAN%20FERNANDO-MUNICIPAL.pdf>

Naciones Unidas. (2002). *Manual de revisión de datos de los censos de población y vivienda.* Nueva York.

Naciones Unidas. (2019). *Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible.* Lois Jensen.

NTON. (09 003 11).

ontheworldmap.com. (15 de marzo de 2013). *Nicaragua mapas.*

OPS. (2004). *Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de filtración rápida. Manual II: Diseño de plantas.* Lima.

Organización Panamericana de la Salud & COSUDE. (2005). *Guía para el Diseño de Desarenadores y Sedimentadores.* Lima.

Reynaldo, T. H. (2010). *Ética.* Tegucigalpa, M.DC Honduras.

SIASAR. (2021). *Acceso a Agua y Saneamiento Republic of Nicaragua.*

valle, U. d. (2005). *Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores.*



## **ANEXO**

### **Apéndice A: Estructura de encuesta aplicada**

#### **Formato de encuesta tipo FISE**

Esta encuesta está siendo realizada con el fin de conocer y analizar la población que habita la comunidad Santa Clara, municipio de San Fernando, departamento de Nueva Sovia, como parte del trabajo monográfico: "DISEÑO DE UN MINI ACUEDUCTO POR GRAVEDAD PARA LA COMUNIDAD SANTA CLARA, MUNICIPIO DE SAN FERNANDO, DEPARTAMENTO DE NUEVA SOVIA".

#### **I. DATOS GENERALES**

Departamento: \_\_\_\_\_ Municipio: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Comunidad: \_\_\_\_\_ Sector: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Coordenadas UTM (WGS84): X: \_\_\_\_\_ Y: \_\_\_\_\_ Z: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

#### **II. DATOS DE COMPOSICIÓN DE LA FAMILIA**

Nombres, Apellidos jefe/a de familia:  
\_\_\_\_\_

Cédula del jefe/a de familia:  
\_\_\_\_\_

Miembros de la Familia (iniciar con responsable o jefe/a del hogar). Número de Teléfono: \_\_\_\_\_



Número de familias que viven en la vivienda:		Número de integrantes de la familia:	
Número de hombres:		Número de mujeres:	
Número de niños y niñas de 0 a 18 años:			

1. ¿Existen en el hogar personas con capacidades diferentes? Sí \_\_\_ No \_\_\_

Hombres: \_\_\_\_\_ Edad: \_\_\_\_\_ Niños: \_\_\_\_\_ Edad \_\_\_\_\_

Mujeres: \_\_\_\_\_ Edad: \_\_\_\_\_ Niñas: \_\_\_\_\_ Edad \_\_\_\_\_

Tipo:

\_\_\_\_\_

### III. SITUACIÓN ECONÓMICA DE LA FAMILIA

2. ¿Cuántos de los miembros de la familia realizan trabajo remunerado?  
H\_\_M\_\_

3. ¿Cuál es el ingreso económico total de todos los miembros de la familia que trabajan y aportan a los gastos del hogar al mes? C\$

\_\_\_\_\_

4. ¿Cuánto es el gasto promedio mensual en pago por energía eléctrica del hogar? C\$ \_\_\_\_\_

5. ¿Cuánto es el gasto promedio mensual en pago por telefonía celular del hogar? C\$ \_\_\_\_\_

6. ¿Cuánto es el gasto mensual estimado al mes en el hogar? C\$

\_\_\_\_\_

#### IV. CONDICIONES DE LA VIVIENDA

¿Qué material de construcción predomina en la vivienda?

7. Paredes: a) Bloque \_\_\_\_\_ b) Ladrillo \_\_\_\_\_ c) Madera \_\_\_\_\_ d)

Otros \_\_\_\_\_

8. El piso: a) Madera \_\_\_\_\_ b) Tierra \_\_\_\_\_ c) Ladrillo \_\_\_\_\_ d)

Otros \_\_\_\_\_

9. El techo: a) Zinc \_\_\_\_\_ b) Teja \_\_\_\_\_ c) Palma \_\_\_\_\_ d)

Otros \_\_\_\_\_

10. ¿La vivienda cuenta con servicio de energía eléctrica? Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

11. ¿La vivienda cuenta con servicio de agua potable? Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

12. Tenencia de la vivienda:

a) Propia \_\_\_\_\_ b) Alquilada \_\_\_\_\_ c) Prestada/En cuidado \_\_\_\_\_

**V. ABASTECIMIENTO DE AGUA DE CONSUMO**

13. ¿Cómo se abastece de agua para consumo del hogar?

- a) Red pública dentro de la vivienda \_\_\_\_\_
- b) Red pública fuera de la vivienda, pero dentro de propiedad \_\_\_\_\_
- c) Pozo público \_\_\_\_\_
- d) Pozo privado \_\_\_\_\_
- e) Fuente natural \_\_\_\_\_
- f) Cosecha de agua \_\_\_\_\_
- g) Otro ¿Cuál?:  
\_\_\_\_\_

14. Quien acarrea el agua

- a) Niños/as \_\_\_\_\_ b) Mujeres \_\_\_\_\_ c) Hombres \_\_\_\_\_ d) Todos \_\_\_\_\_

15. Tiempo a la fuente de agua (ida y vuelta): \_\_\_\_\_ minutos

16. ¿Dispone de suficiente agua para atender las necesidades del hogar? Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

17. ¿Tiene menos disponibilidad de agua en el verano? Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

18. ¿Cuánto es el gasto estimado mensual en pago por el agua que recibe del hogar? C\$ \_\_\_\_\_

19. ¿Qué condiciones tiene el agua que consumen (¿se puede marcar varias situaciones?)

- a) Tiene mal sabor \_\_\_\_\_ b) Tiene mal olor \_\_\_\_\_ c) Tiene mal color \_\_\_\_\_

**VI. SANEAMIENTO E HIGIENE AMBIENTAL DE LA VIVIENDA (Observar, verificar)**

20. ¿Cuál es la opción de saneamiento que posee en su vivienda?

a) Letrina \_\_\_\_\_ b) Inodoro \_\_\_\_\_ c) Ninguna \_\_\_\_\_ d) Otros  
(mencionar)\_\_\_\_\_

21. ¿Usa la letrina? a) Si \_\_\_\_\_ b) NO \_\_\_\_\_

22. ¿En qué estado se encuentra su opción de saneamiento?

a) Buena \_\_\_\_\_ b) Mala \_\_\_\_\_

23. ¿Dónde está instalada su opción de saneamiento?

a) Dentro de la vivienda \_\_\_\_\_ b) Fuera de la vivienda? \_\_\_\_\_

24. ¿Su opción de saneamiento es de uso exclusivo del hogar?

a) Si, exclusivo \_\_\_\_\_ b) No, compartido con otras familias \_\_\_\_\_

25. ¿Cuántas familias comparten la opción de saneamiento?

\_\_\_\_\_

26. ¿Están satisfechos con la opción de saneamiento que utilizan actualmente?

a) Si \_\_\_ b) No \_\_\_ Por qué? \_\_\_\_\_

27. De no tener opción de saneamiento, ¿Estaría dispuesto/a apoyar la construcción de estas? a) Si \_\_\_ b) No \_\_\_\_\_

28. ¿Estaría dispuesto(a) pagar para mejorar su opción de saneamiento?

Sí \_\_\_ No \_\_\_

29. ¿Tiene instalación de Higiene? Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

¿Qué Tipo? \_\_\_\_\_

30. ¿Qué hacen con las aguas de la cocina y/o el lavadero de la casa?

a) La riegan \_\_\_\_\_ b) La dejan correr \_\_\_\_\_ c) La infiltran \_\_\_\_\_

31. ¿Qué hacen con desecho solidos (basura del hogar)?

- a) La queman \_\_\_\_\_ b) La botan \_\_\_\_\_ c) Recolección domiciliar \_\_\_\_\_  
d) La entierran\_\_

Nombre y Apellido del Encuestado

\_\_\_\_\_ (Parentesco)\_\_\_\_\_

Nombre y Apellido del encuestador

\_\_\_\_\_ (institución)\_\_\_\_\_

## Apéndice B: Pruebas de calidad de agua



# LABORATORIOS QUÍMICOS, S.A LAQUISA

LAQUISA-RT-FM-068-E

### INFORME DE ANÁLISIS

**Cliente:** Elena Cantarero  
**Dirección:** Condega, frente a km 182  
**Nombre de muestra:** Santa Clara, Coordenadas X: 577090.0117, Y: 1518032.9901  
**Descripción muestra:** Agua  
**Fecha ingreso:** 2022/11/12  
**Ref. laboratorio:** AG-0132-22  
**Número de muestreo:** Ag-019-22

**Lugar de muestreo:** Comunidad: Santa Clara - Fuente  
**Municipio/Depto.:** San Fernando/Nueva Segovia  
**Fecha muestreo:** 2022/11/11  
**Fecha de realización de ensayo:** 2022/11/13-2022/11/20  
**Fecha de emisión:** 2022/11/20  
**Muestreado por:** LAQUISA  
**Procedimiento de muestreo:** LAQUISA-PT-08

Análisis	Método	Unidad	Resultado
Sodio	SMEWW 3111 B	mg/l	13.20
Potasio	SMEWW 3111 B	mg/l	2.40
Calcio	SMEWW 3111 B	mg/l	12.00
Magnesio	SMEWW 3111 B	mg/l	1.70
Sólidos tot. dis.	SMEWW 2540 C	mg/l	74.60
Aluminio	SMEWW 3500 Al A	mg/l	0
Sulfatos	SMEWW 4500 SO4 E	mg/l	1.80
Cloruros	SMEWW 4500 Cl B	mg/l	7.10
pH de Laboratorio	SMEWW 4500 H B	-	6.90
pH de Campo	SMEWW 4500 H B	-	7.00
Conductividad Eléctrica del Laboratorio	SMEWW 2510 B	µS/cm	110
Conductividad Eléctrica de Campo	SMEWW 2510 B	µS/cm	95.30

LAQUISA, es responsable de la exactitud de los resultados de la muestra recolectada y el cliente de la información proporcionada. Para la reproducción de este informe deberá haber un escrito autorizado por LAQUISA.

ND: No Detectado.

Lic. Indiana Lucia Acosta López  
Vice-Directora Ejecutiva

Lic. Joel Antonio González Salmerón  
Resp. de Agua

Página 2 de 2

Este informe electrónico es emitido al cliente con carácter informativo, el informe oficial es impreso en hoja de papel tamaño carta, membreado, sellado y con firma manuscrita. El cliente es responsable de garantizar la no alteración del mismo.

Km 83 Carretera Managua-León

repcionlaquisa@gmail.com / resultadoslaquisa@gmail.com

2310 - 2583 / 8854 - 2550



# LABORATORIOS QUÍMICOS, S.A

## LAQUISA

LAQUISA-RT-FM-068-E

### INFORME DE ANÁLISIS

**Cliente:** Elena Cantarero  
**Dirección:** Condega, frente a km 182  
**Nombre de muestra:** Santa Clara, Coordenadas X: 577090.0117, Y: 1518032.9901  
**Descripción muestra:** Agua  
**Fecha ingreso:** 2022/11/12  
**Ref. laboratorio:** AG-0132-22  
**Número de muestreo:** Ag-019-22

**Lugar de muestreo:** Comunidad: Santa Clara - Fuente  
**Municipio/Depto.:** San Fernando/Nueva Segovia  
**Fecha muestreo:** 2022/11/11  
**Fecha de realización de ensayo:** 2022/11/13-2022/11/20  
**Fecha de emisión:** 2022/11/20  
**Muestreado por:** LAQUISA  
**Procedimiento de muestreo:** LAQUISA-PT-08

Análisis	Método	Unidad	Resultado
Cloro residual	SMEWW 4500 Cl G	mg/l	0.80
Temperatura	SMWEE 2550 B	°C	19.80
Dureza Como Carbonato de Calcio	SMEWW 2340 C	mg/l	30.80
Cobre	SMEWW 3111 B	mg/l	2.60
Zinc	SMEWW 3111 B	mg/l	2.40
Arsénico	SMEWW 3114 B	mg/l	ND (<0.001)
Coliformes fecales	SMEWW 9221 E	NMP/100mL	5.4X10 <sup>4</sup>
Color verdadero	SMEWW 2120-B	mg/l (Pt-Co)	14.60
Turbidez	SMEWW 2130-B	UNT	7.10

LAQUISA, es responsable de la exactitud de los resultados de la muestra recolectada y el cliente de la información proporcionada. Para la reproducción de este informe deberá haber un escrito autorizado por LAQUISA.

ND: No Detectado.

Lic. Indiana Lucia Acosta López  
Vice-Directora Ejecutiva

Lic. Joel Antonio González Salmerón  
Resp. de Agua

Página 2 de 2

Este informe electrónico es emitido al cliente con carácter informativo, el informe oficial es impreso en hoja de papel tamaño carta, membretado, sellado y con firma manuscrita. El cliente es responsable de garantizar la no alteración del mismo.

Km 83 Carretera Managua-León

[recepcionlaquisa@gmail.com](mailto:recepcionlaquisa@gmail.com) / [resultadoslaquisa@gmail.com](mailto:resultadoslaquisa@gmail.com)

2310 - 2583 / 8854 - 2550



# LABORATORIOS QUÍMICOS, S.A

## LAQUISA

LAQUISA-RT-FM-068-E

### INFORME DE ANÁLISIS

**Cliente:** Elena Cantarero  
**Dirección:** Condega, frente a km 182  
**Nombre de muestra:** Santa Clara, Coordenadas X: 579958.9081, Y: 1515561.3518  
**Descripción muestra:** Agua  
**Fecha ingreso:** 2022/11/12  
**Ref. laboratorio:** AG-0132-22  
**Número de muestreo:** Ag-019-22

**Lugar de muestreo:** Comunidad: Santa Clara – Acomet.  
**Municipio/Depto.:** San Fernando/Nueva Segovia  
**Fecha muestreo:** 2022/11/11  
**Fecha de realización de ensayo:** 2022/11/13-2022/11/20  
**Fecha de emisión:** 2022/05/22  
**Muestreado por:** LAQUISA  
**Procedimiento de muestreo:** LAQUISA-PT-08

Análisis	Método	Unidad	Resultado
Coliformes fecales	SMEWW 9221 E	NMP/100mL	1.2X10 <sup>4</sup>

Análisis	Método	Unidad	Resultado
Coliformes totales	SMEWW 9221 E	NMP/100mL	2.2X10 <sup>4</sup>

LAQUISA, es responsable de la exactitud de los resultados de la muestra recolectada y el cliente de la información proporcionada.  
Para la reproducción de este informe deberá haber un escrito autorizado por LAQUISA.

ND: No Detectado.

 Lic. Indiana Lucia Acosta López Vice-Directora Ejecutiva	 Lic. Joel Antonio González Salmerón Resp. de Agua
--	--

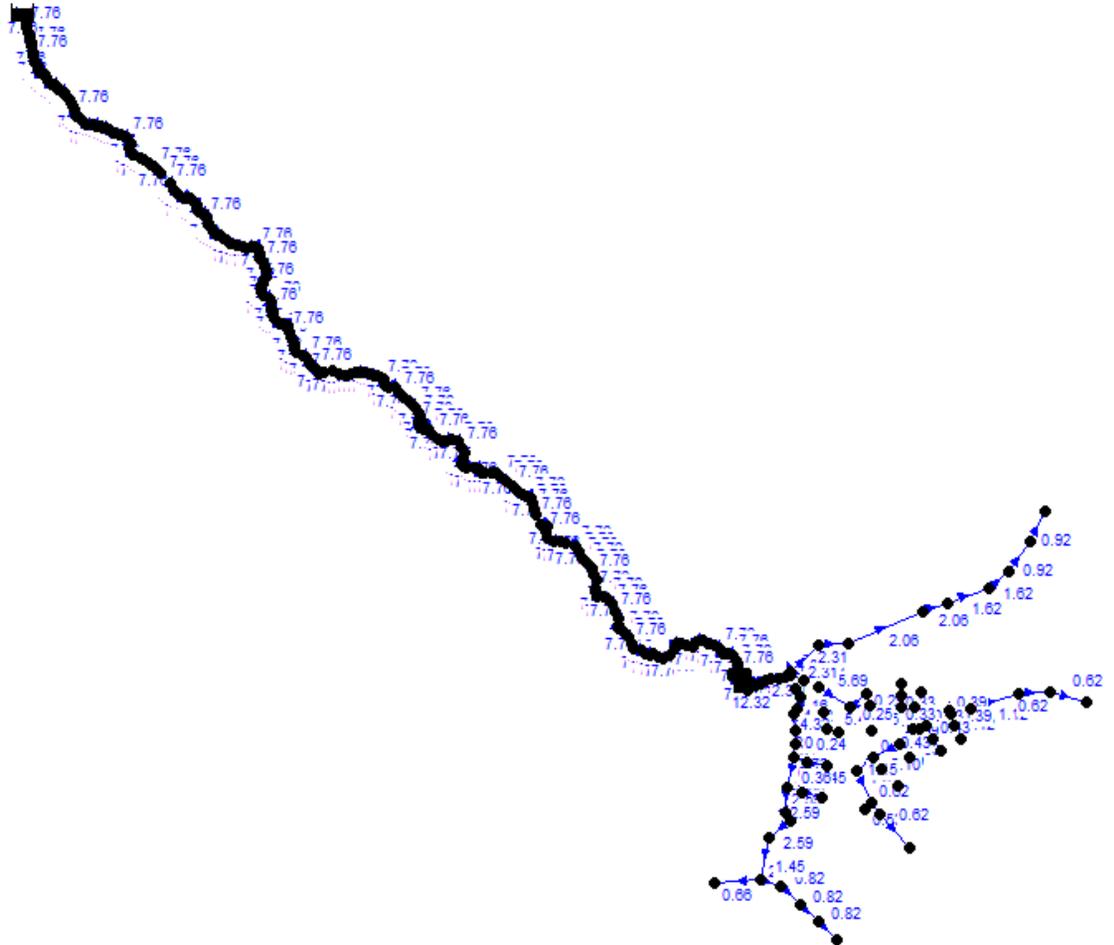
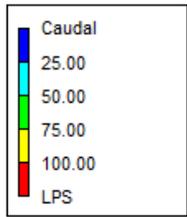
Página 2 de 2

Este informe electrónico es emitido al cliente con carácter informativo, el informe oficial es impreso en hoja de papel tamaño carta, membretado, sellado y con firma manuscrita. El cliente es responsable de garantizar la no alteración del mismo.

 Km 83 Carretera Managua-León  [recepcionlaquisa@gmail.com](mailto:recepcionlaquisa@gmail.com) / [resultadoslaquisa@gmail.com](mailto:resultadoslaquisa@gmail.com)  2310 - 2583 / 8854 - 2550

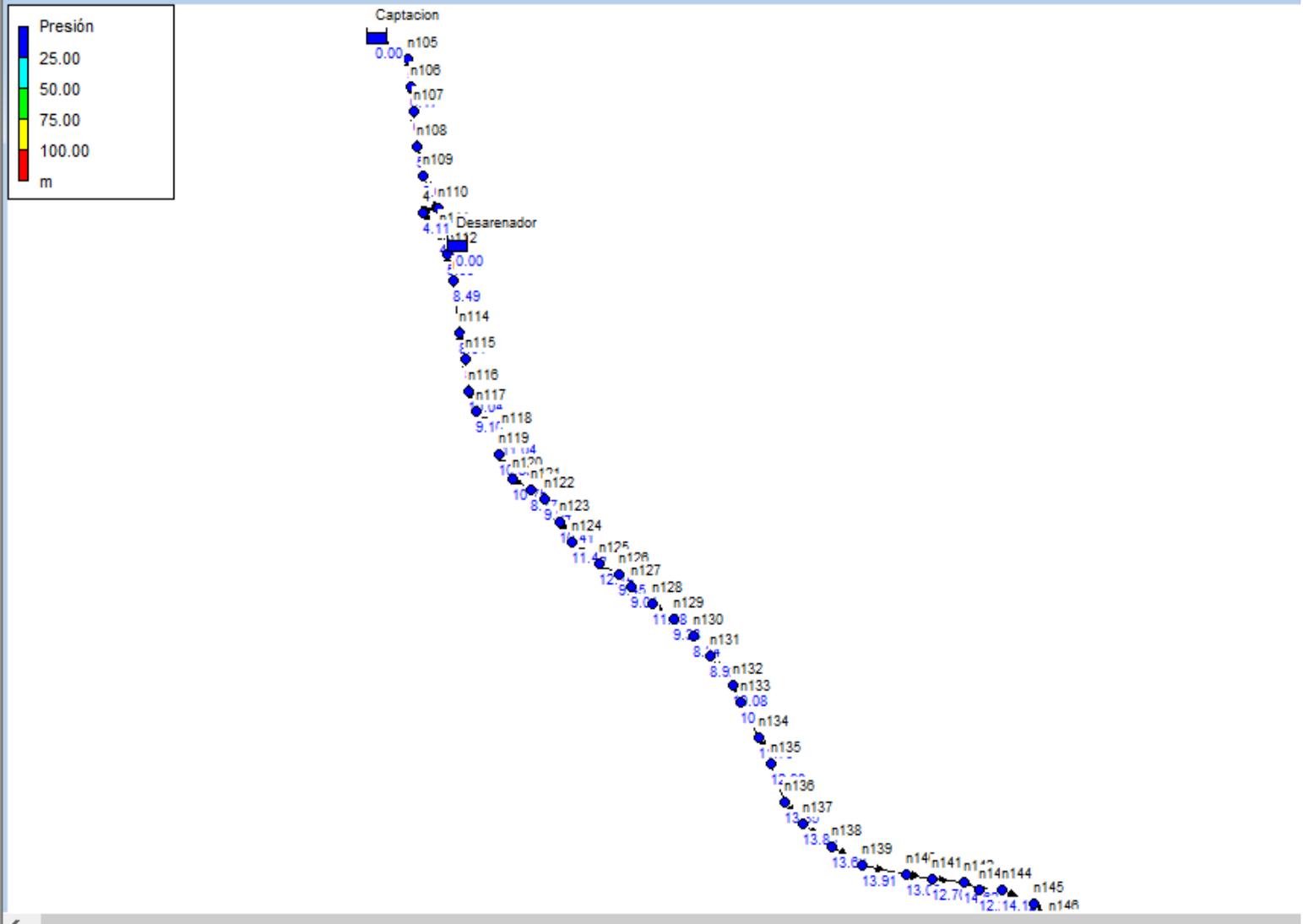
# Apéndice C: Línea de conducción y Red de distribución en EPANET

## Red completa

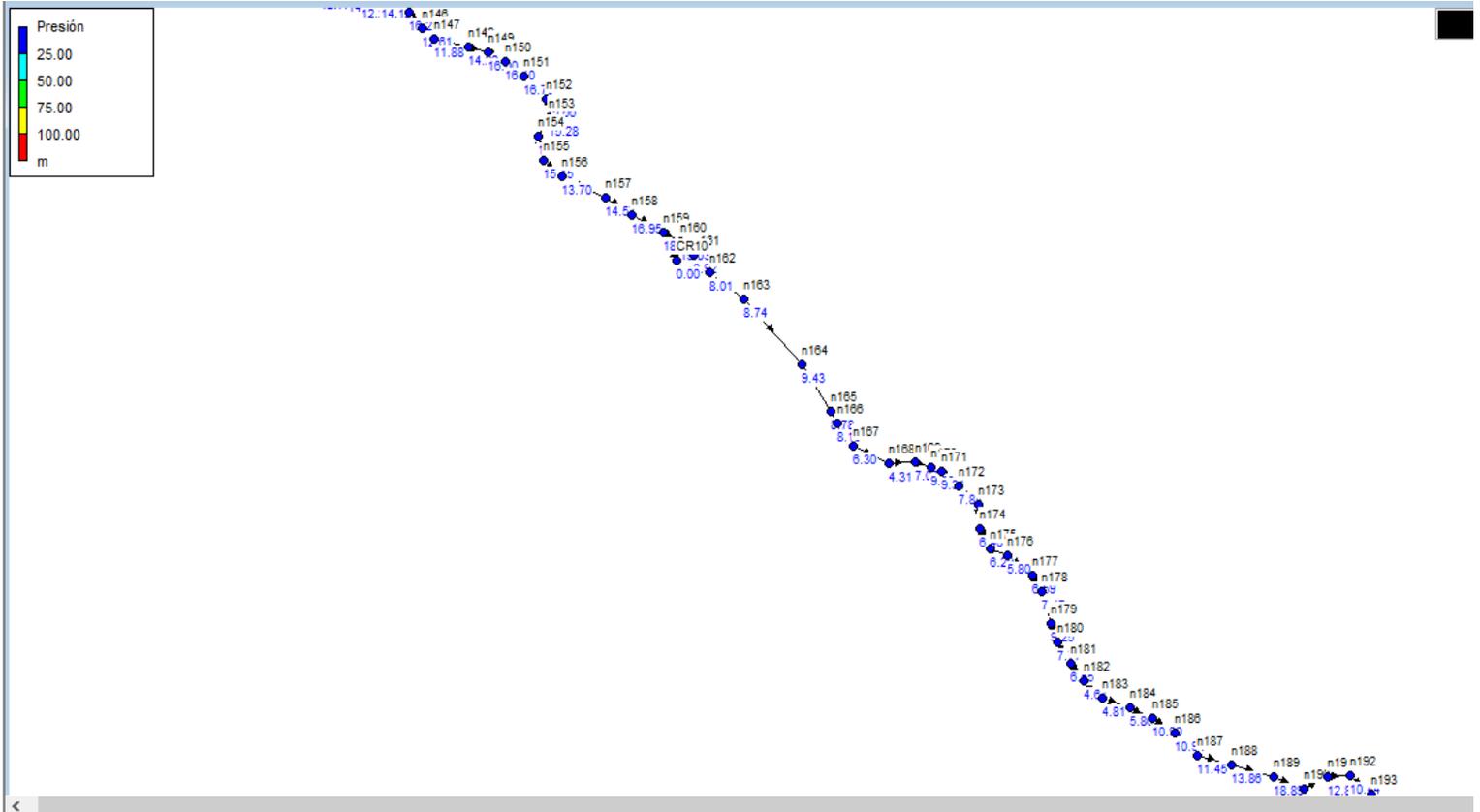


# Apéndice: Línea de conducción en EPANET

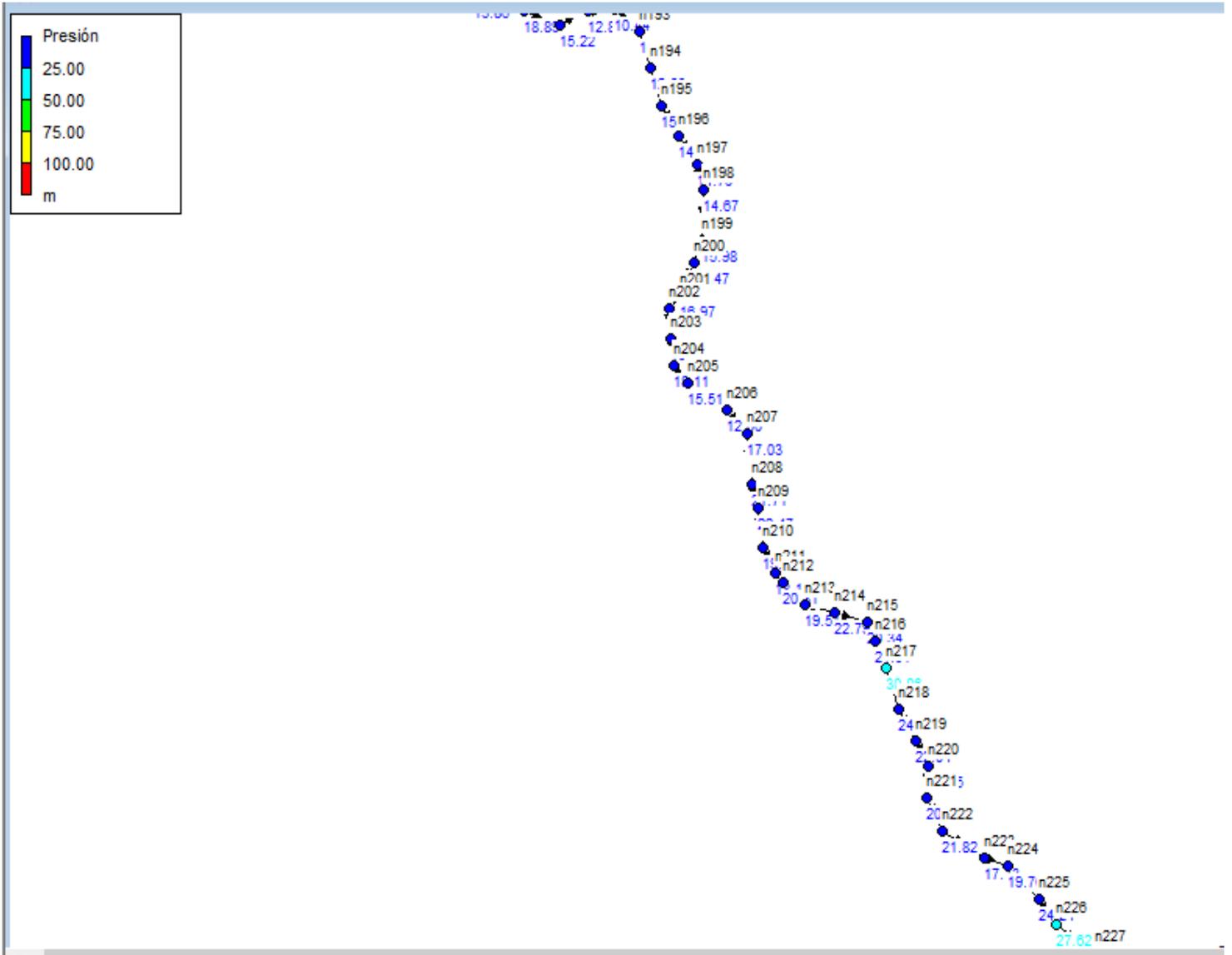
## Tramo: 1 (Presiones)



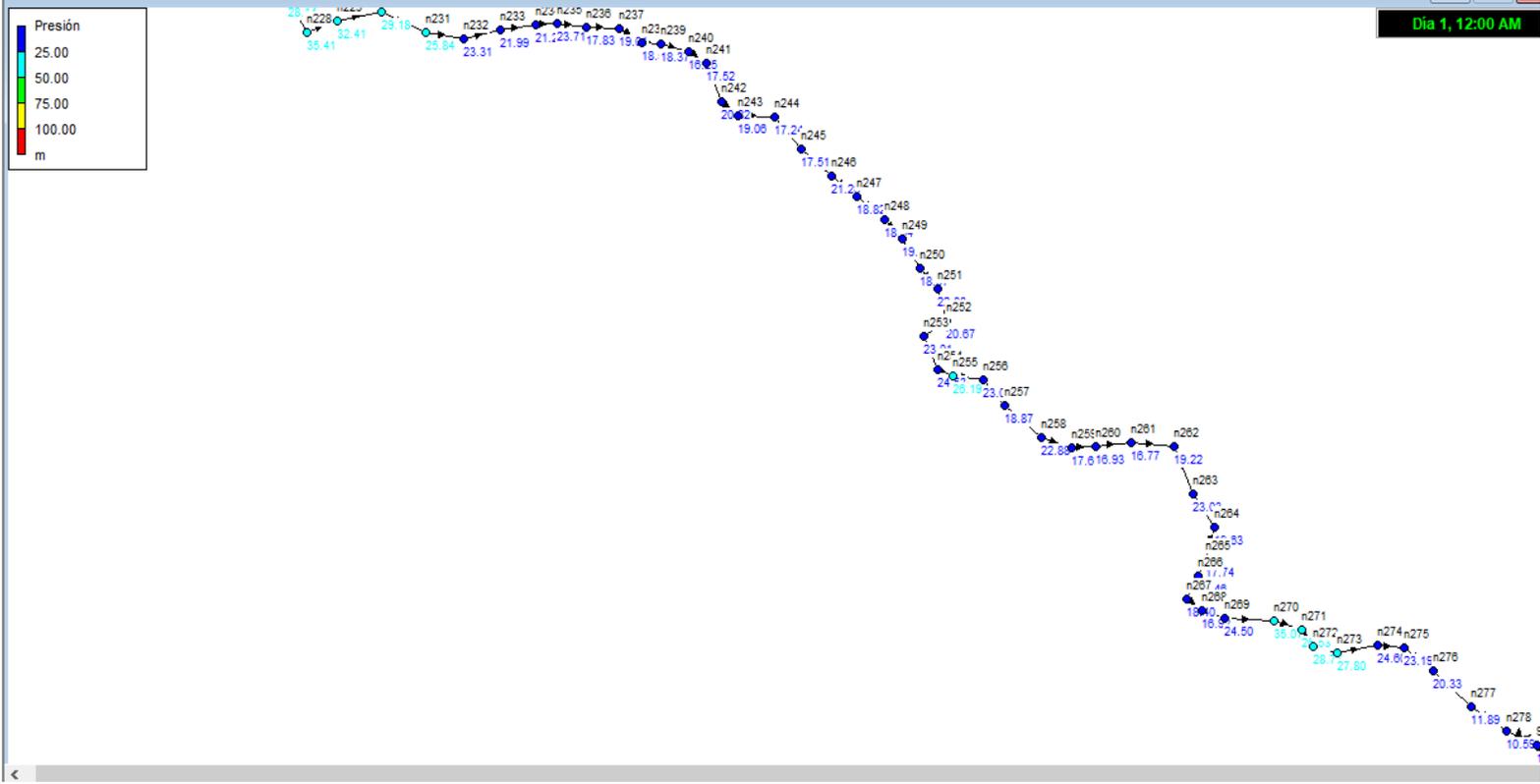
## Tramo: 2 (Presiones)



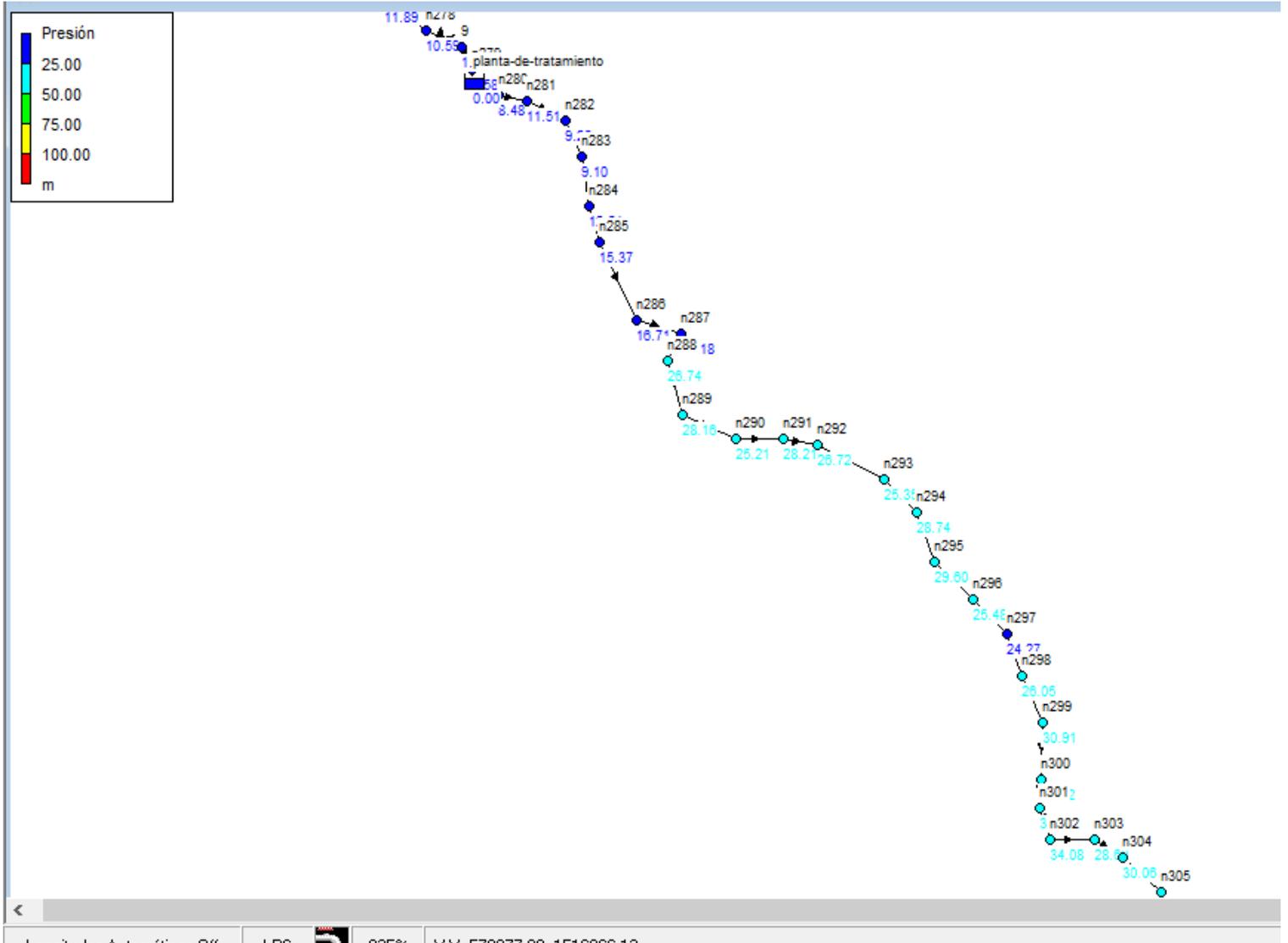
### Tramo: 3 (Presiones)



# Tramo: 4 (Presiones)

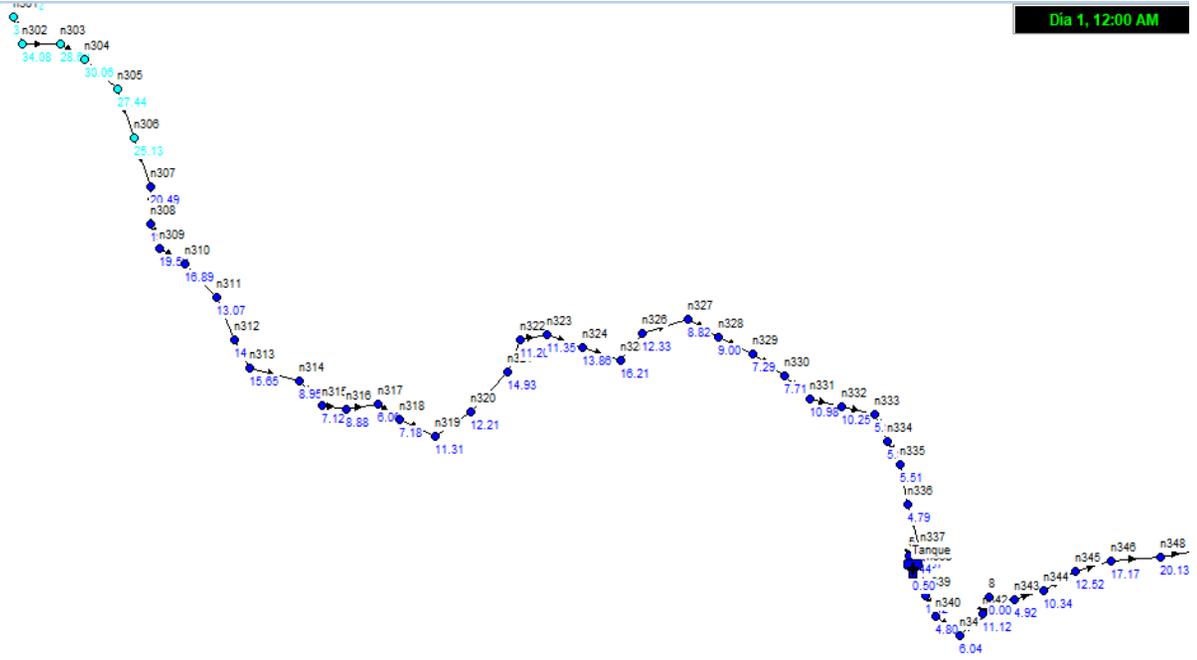
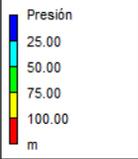


# Tramo: 5 (Presiones)



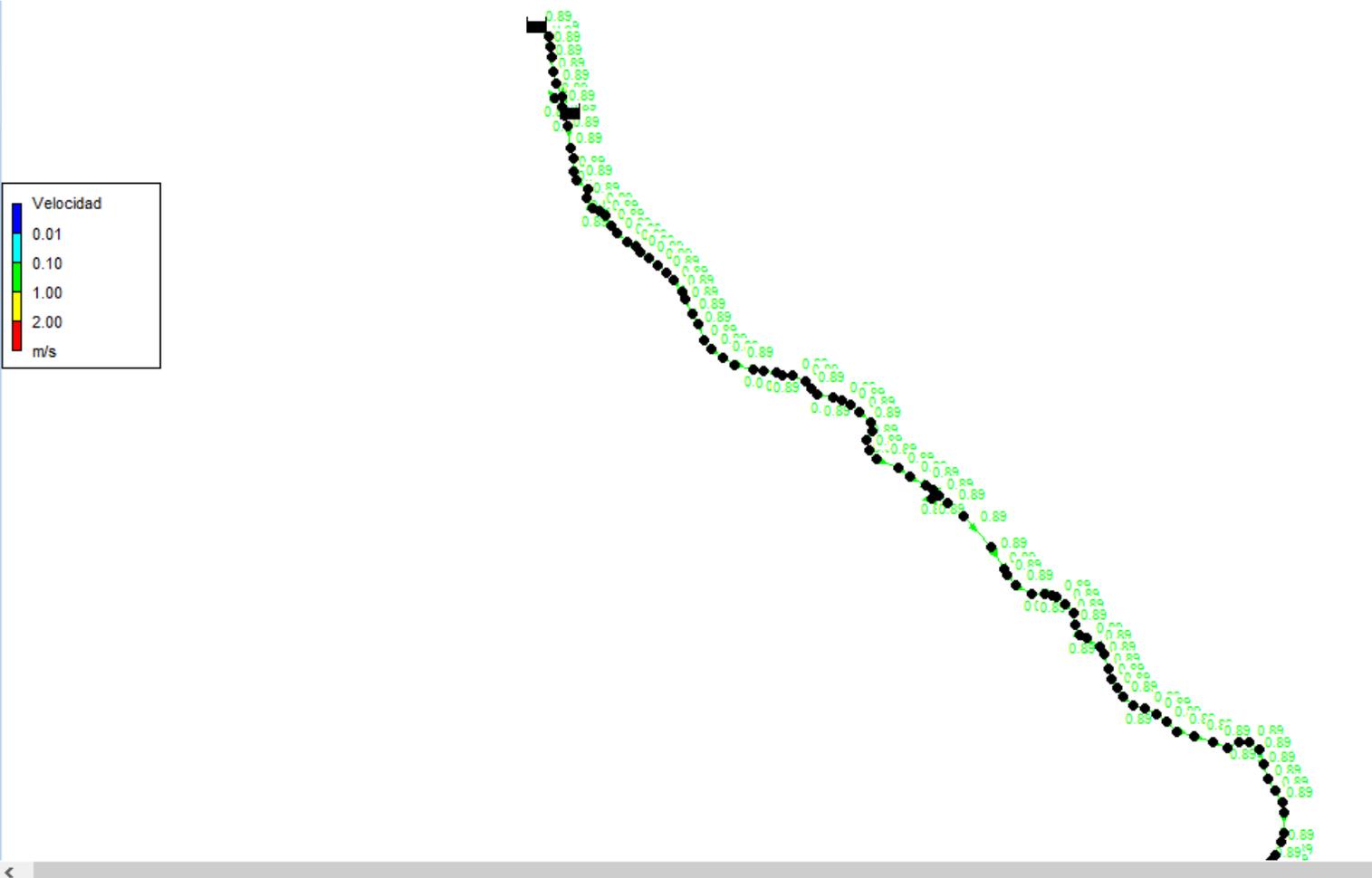
# Tramo: 6 (Presiones)

Día 1, 12:00 AM



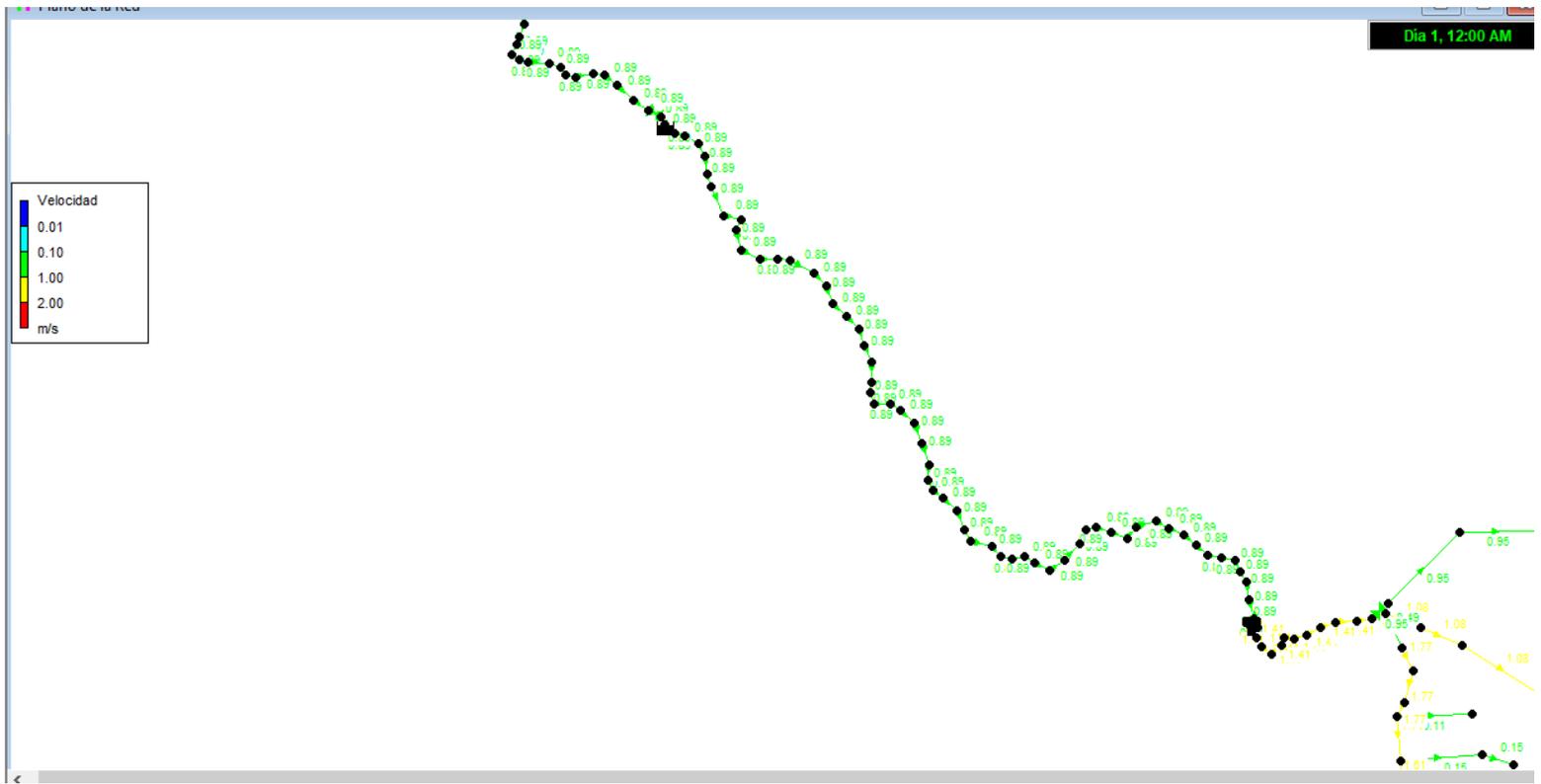
# Apéndice D: Línea de conducción en EPANET

## Tramo: 1 (Velocidades)



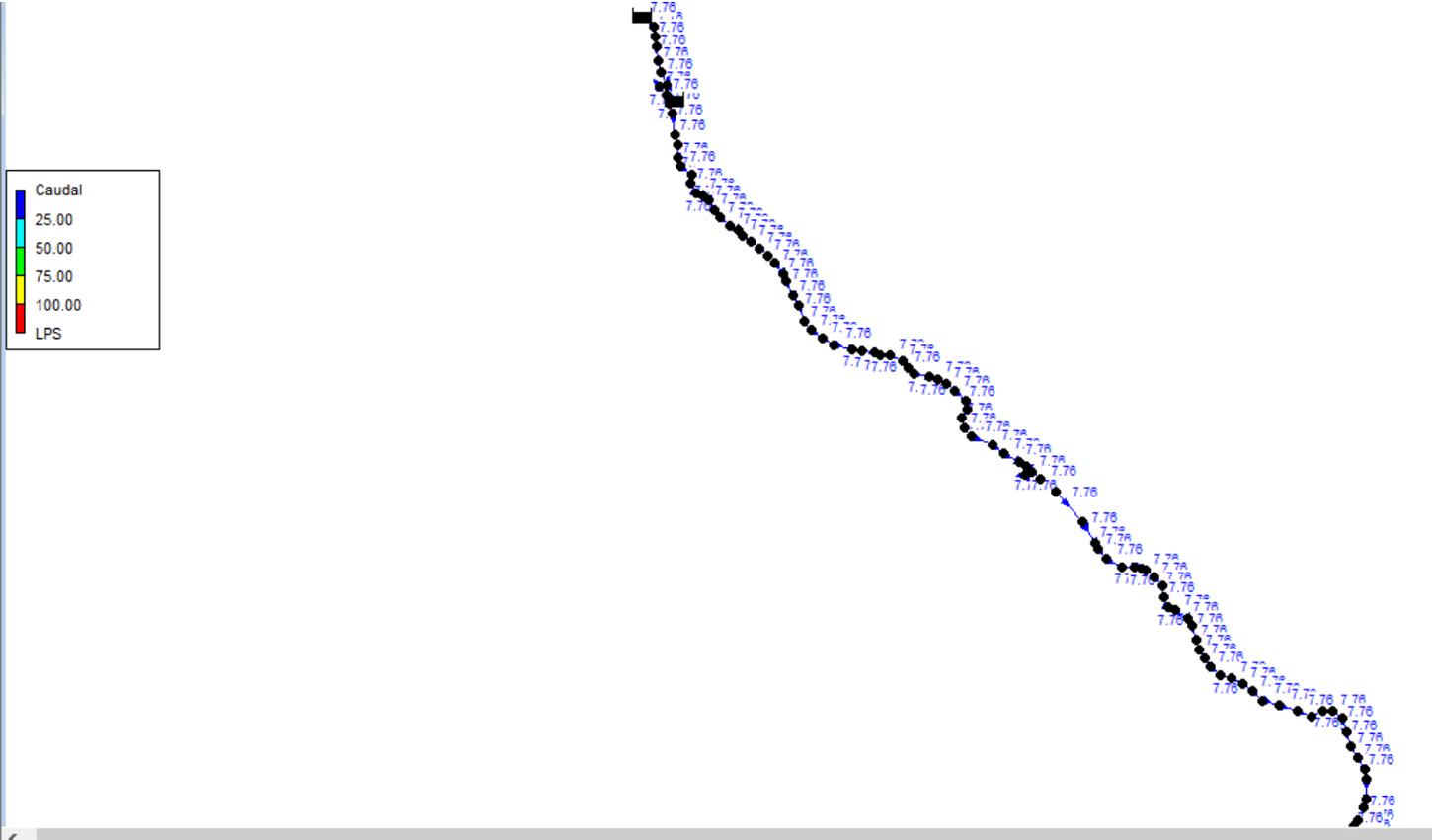


# Tramo: 3 (Velocidades)

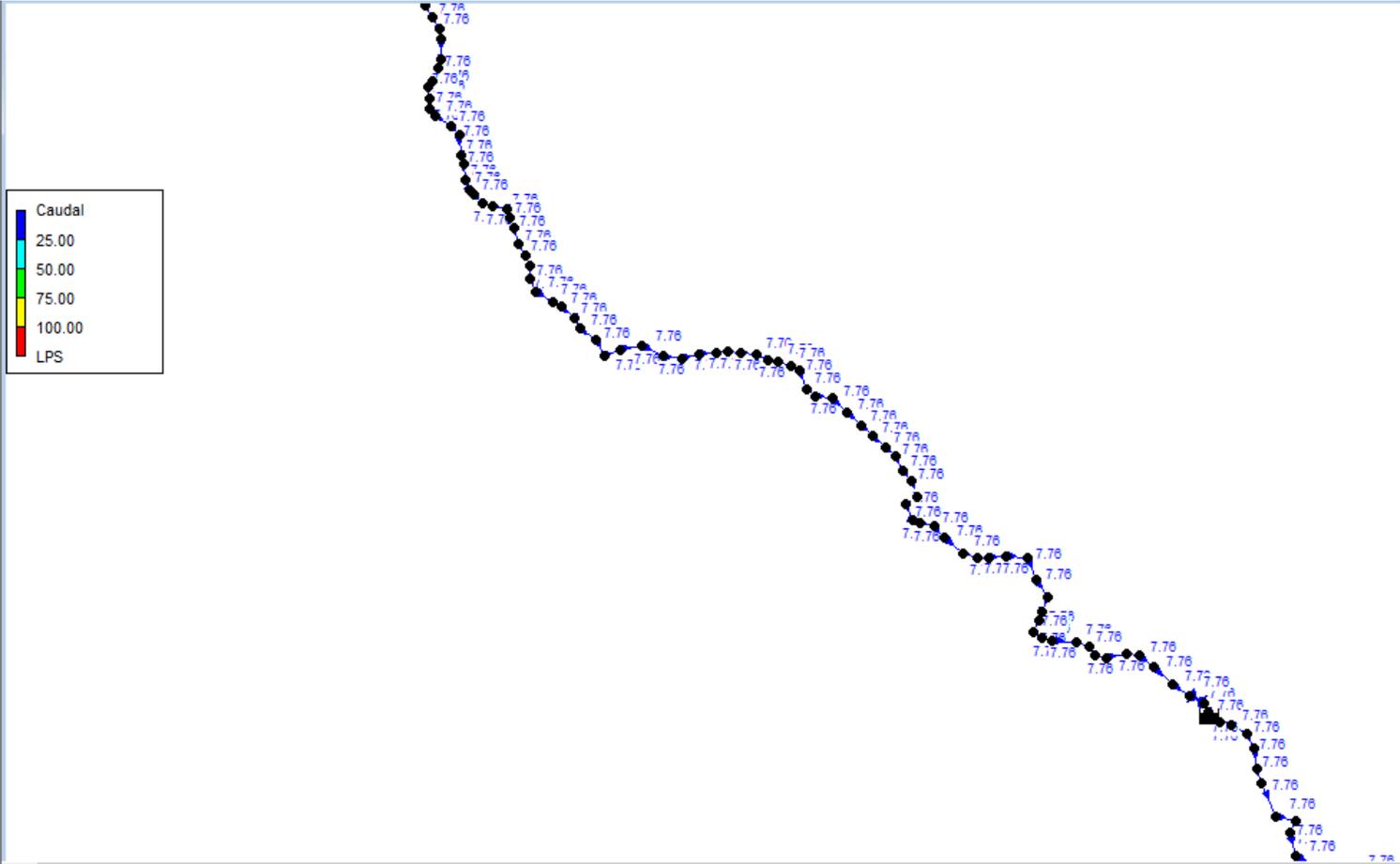


# Apéndice E: Línea de conducción en EPANET

## Tramo: 1 (Caudal)

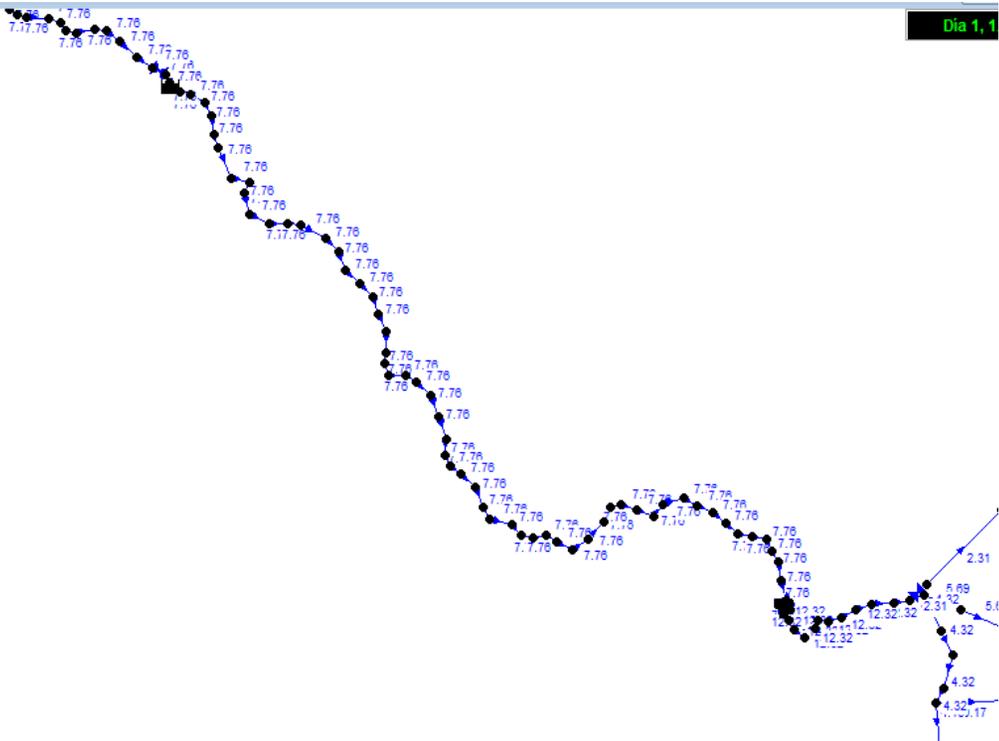
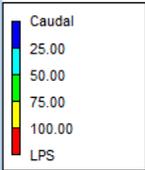


# Tramo: 2 (Caudal)



# Tramo: 3 (Caudal)

Dia 1, 1



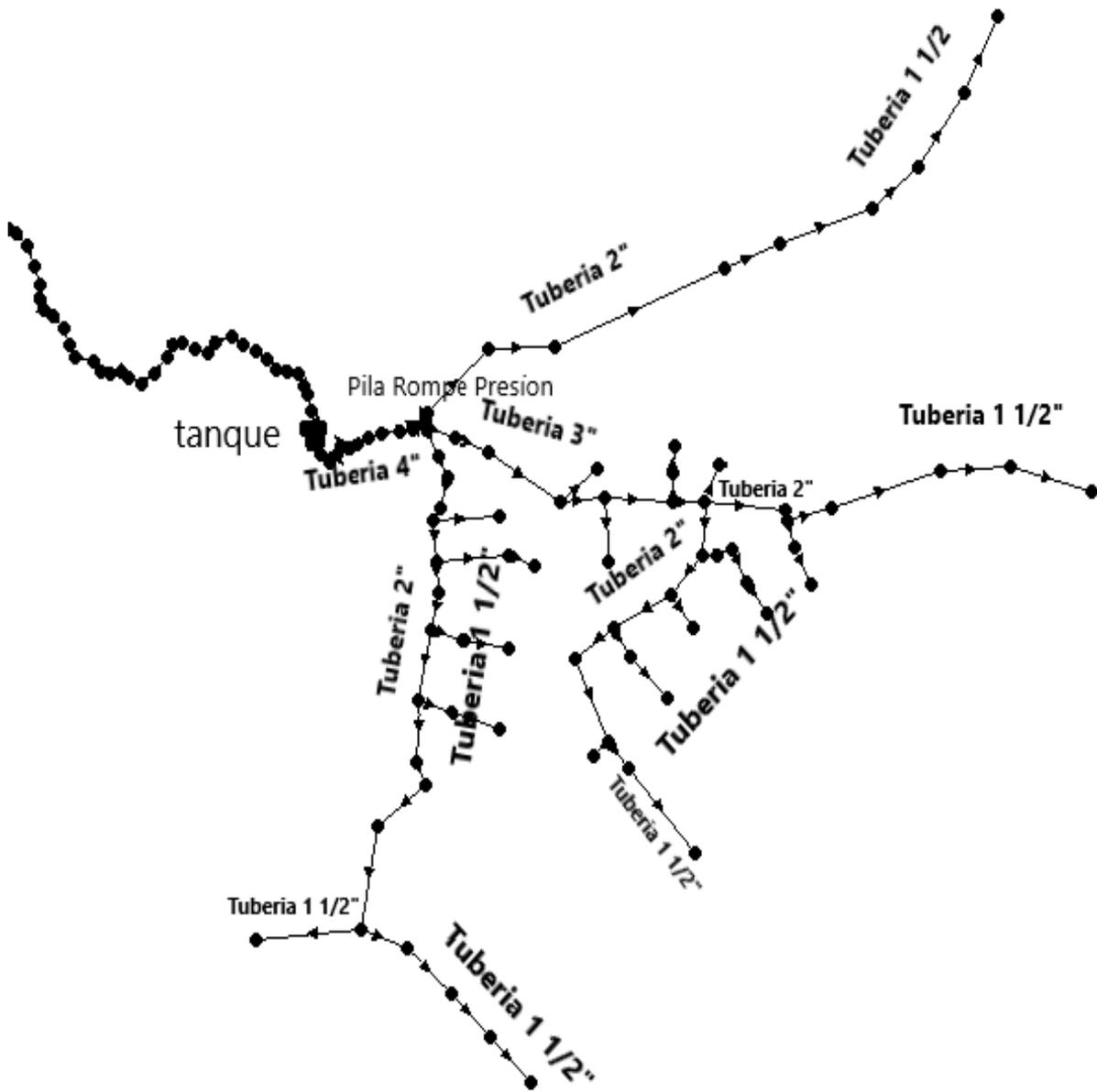






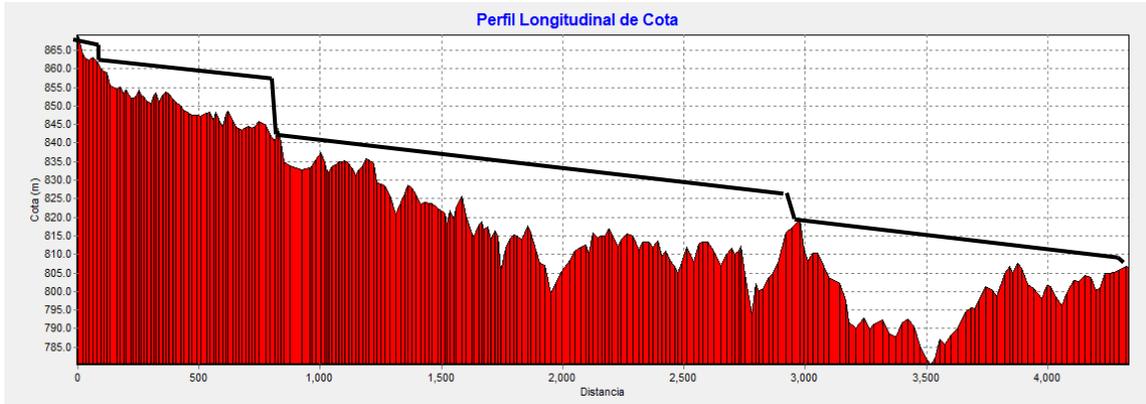
# Apéndice I: Red de distribución en EPANET

## Tuberías en la red

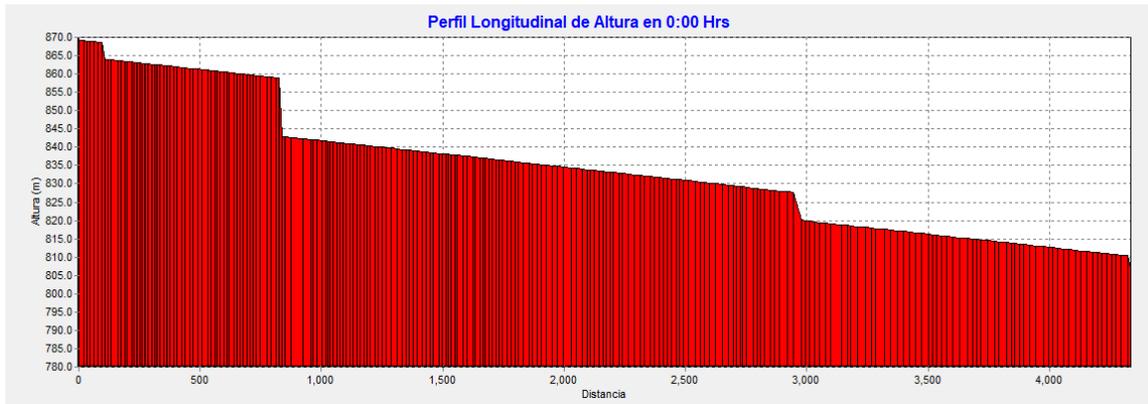


## Apéndice J: Línea de Conducción: perfil EPANET

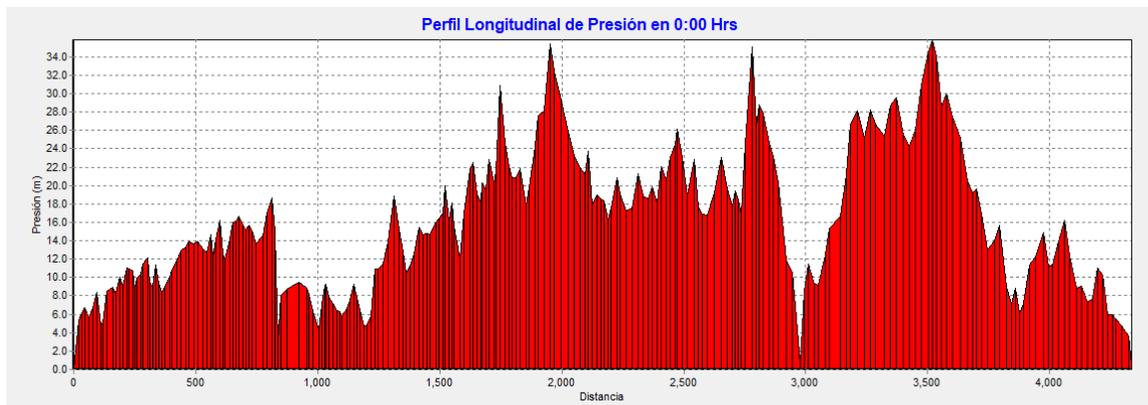
### Perfil de la línea de conducción cota



### Cota piezométrica – Línea conducción

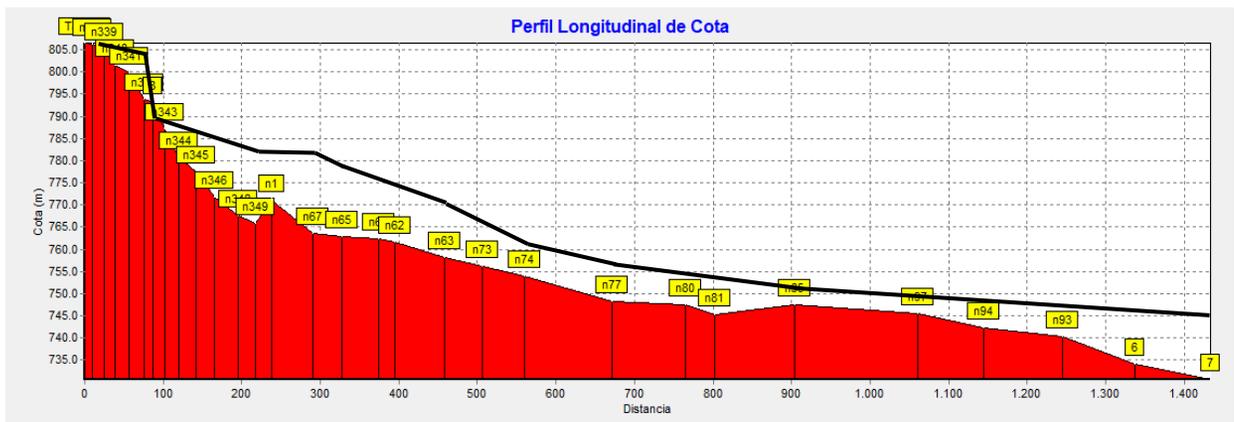


### Presión – Línea de conducción

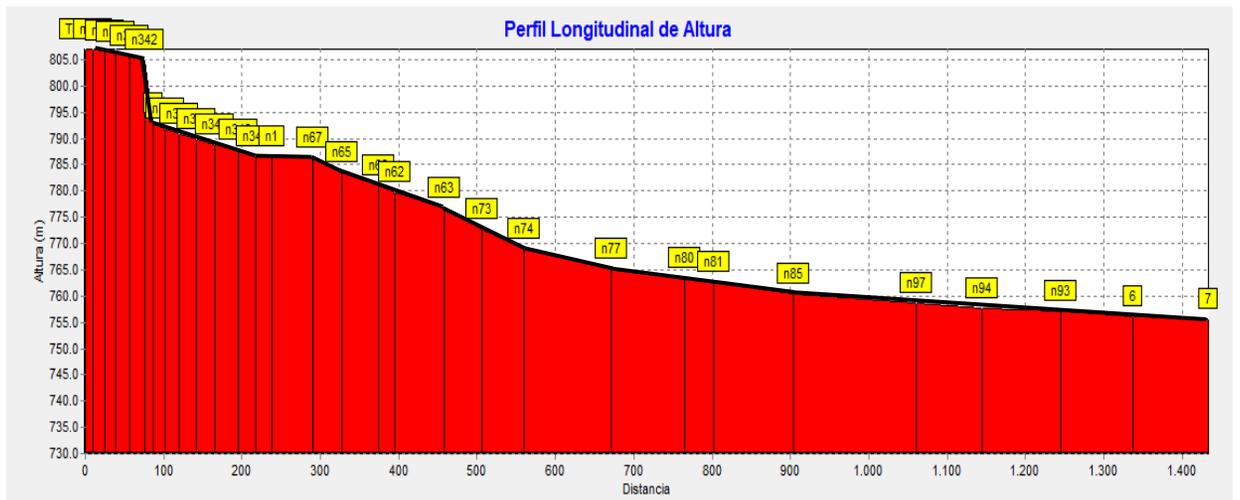


## Apéndice K: Perfiles (Cota, cota piezométrica y presión) red de distribución EPANET

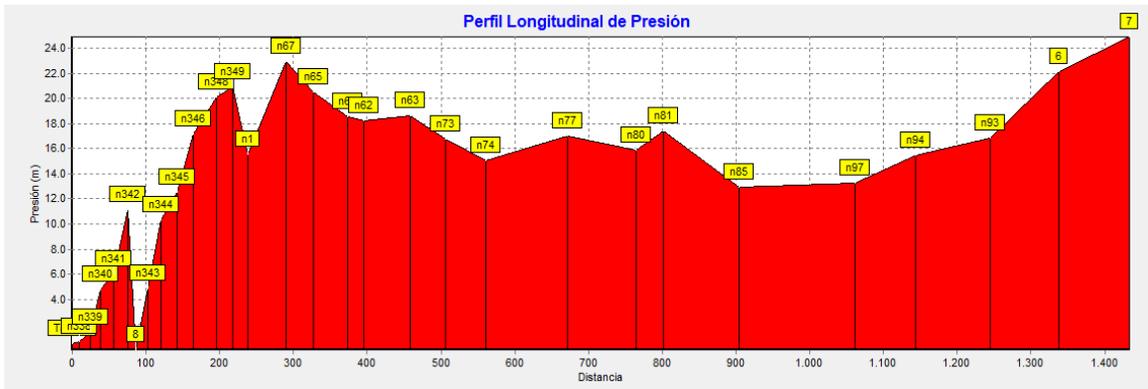
### Perfil cota - línea principal 1



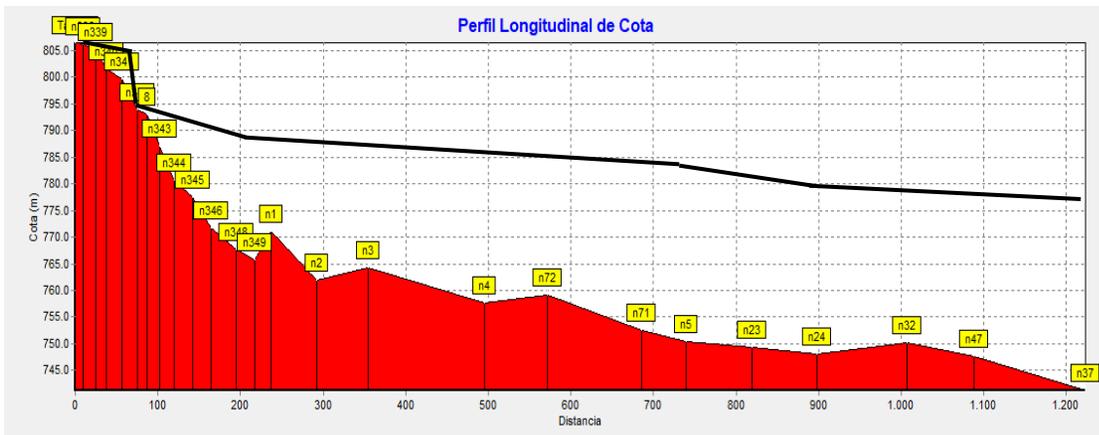
### Cota piezométrica- línea principal 1



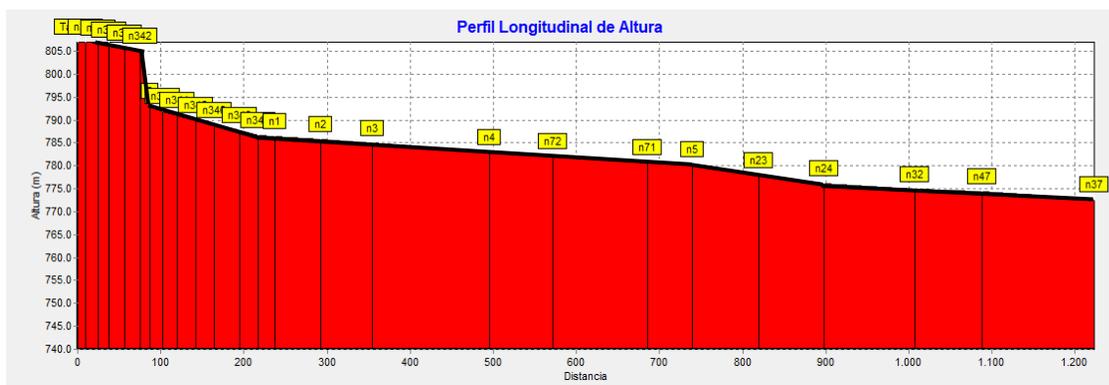
## Presión - línea principal 1



## Perfil cota línea principal 2



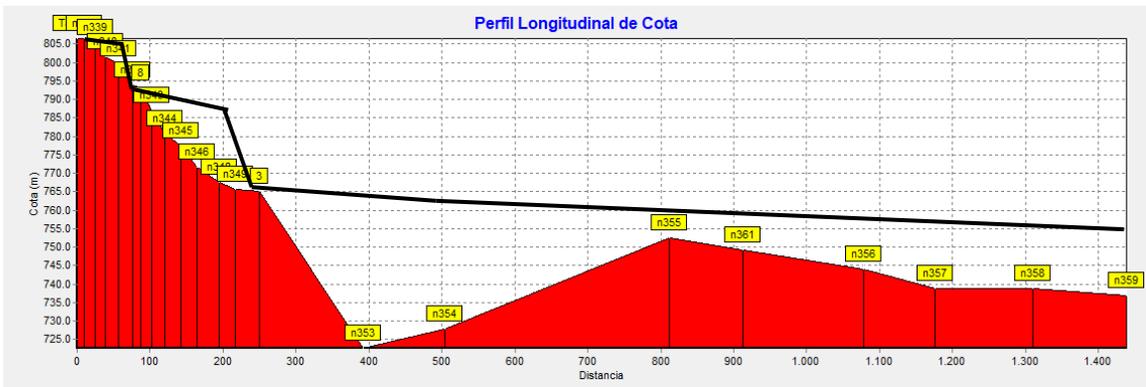
## Cota piezométrica - línea principal 2



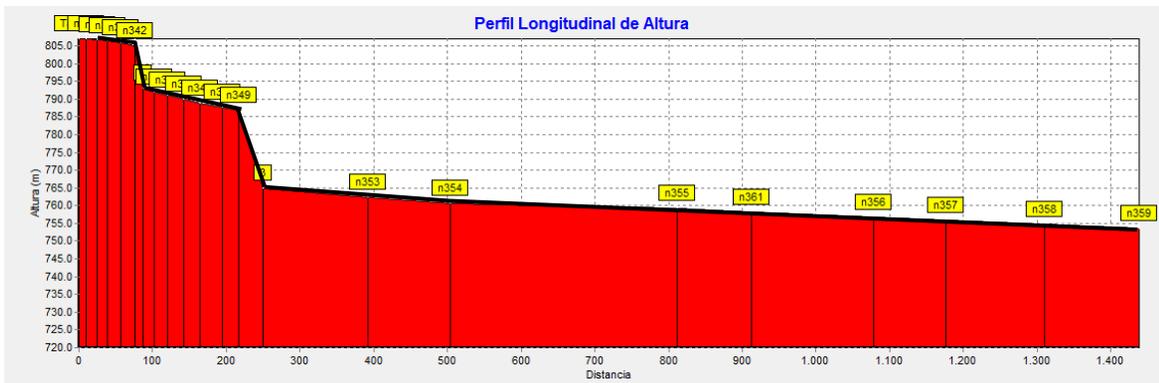
## Presión - línea principal 2



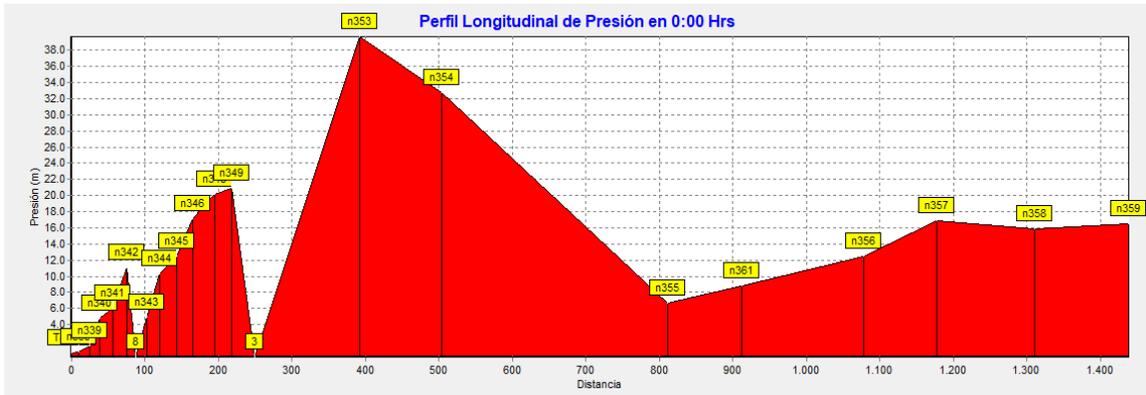
## Perfil cota línea principal 3



## Cota piezométrica - línea principal 3



### Presión - línea principal 3



### Apéndice L: Tabla de Datos Nodos de la red de distribución en EPANET

ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Altura m	Presión m
Conexión n1	771	0	786.50	15.50
Conexión n2	762	0	785.75	23.73
Conexión n3	764	0	784.91	20.71
Conexión n4	757	0	783.01	25.36
Conexión n5	750	0	780.23	29.91
Conexión n6	749	0	779.23	29.84
Conexión n7	744	0	779.11	34.17
Conexión n8	744	0	778.11	33.20
Conexión n9	739	0.5031	775.63	36.42
Conexión n10	736	0	775.12	38.46
Conexión n16	750	0.3476	780.14	29.38
Conexión n18	745	0	779.03	33.51
Conexión n19	751	0.3851	778.93	27.83
Conexión n21	748	0	777.75	29.61
Conexión n22	748	0	777.80	29.44
Conexión n23	749	0	777.87	28.63
Conexión n24	748	0	776.09	28.00
Conexión n25	744	0.4330	775.91	31.24
Conexión n27	751	0.4331	777.49	25.79
Conexión n29	747	0.4850	774.57	26.75
Conexión n31	747	0	774.73	27.71
Conexión n32	750	0	774.87	24.60
Conexión n33	756	0.242	776.58	19.99
Conexión n37	741	0	772.54	31.31
Conexión n40	752	0.2891	781.95	29.72

Conexión n42	749	0	777.62	27.84
Conexión n47	747	0.4606	774.40	26.66
Conexión n48	744	0.452	764.83	20.77
Conexión n49	743	0.5349	772.43	28.80
Conexión n58	739	0	772.32	32.40
Conexión n59	732	0.6178	771.58	38.59
Conexión n60	758	0	776.62	18.13
Conexión n61	761	0.168	779.81	18.68
Conexión n62	761	0	779.85	18.24
Conexión n63	758	0	776.70	18.60
Conexión n65	763	0	783.49	20.49
Conexión n66	762	0	780.99	18.54
Conexión n67	763	0	786.42	22.90
Conexión n68	752	0	780.71	28.21
Conexión n69	752	0.3340	780.65	28.38
Conexión n71	752	0	780.77	28.32
Conexión n72	759	0	782.06	22.97
Conexión n73	756	0.194	772.90	16.75
Conexión n74	753	0	769.05	15.08
Conexión n75	752	0	768.99	16.19
Conexión n76	750	0.359	768.78	18.41
Conexión n77	748	0.324	765.32	17.04
Conexión n78	748	0	765.08	16.97
Conexión n80	747	0	763.39	15.83
Conexión n81	745	0	762.63	17.43
Conexión n85	747	0.470	760.52	12.94
Conexión n93	740	0	757.06	16.81
Conexión n94	742	0.629	757.80	15.49
Conexión n97	745	0	758.67	13.27
Conexión n98	751	0.664	757.80	6.30
Conexión n101	756	0.2486	782.95	26.39
Conexión n105	863	0	869.08	5.28
Conexión n106	862	0	869.01	6.17
Conexión n107	862	0	868.92	6.74
Conexión n108	863	0	868.80	5.58
Conexión n109	862	0	868.69	6.69
Conexión n110	860	0	868.57	8.40
Conexión n111	859	0	864.02	4.82
Conexión n112	858	0	863.93	5.03
Conexión n113	855	0	863.82	8.49
Conexión n114	854	0	863.64	8.91

Conexión n115	855	0	863.55	8.32
Conexión n116	853	0	863.43	10.04
Conexión n117	854	0	863.36	9.10
Conexión n118	852	0	863.23	11.04
Conexión n119	852	0	863.16	10.88
Conexión n120	852	0	863.07	10.75
Conexión n121	854	0	862.99	8.77
Conexión n122	852	0	862.93	9.94
Conexión n123	852	0	862.83	10.41
Conexión n124	851	0	862.75	11.49
Conexión n125	850	0	862.63	12.14
Conexión n126	853	0	862.55	9.45
Conexión n127	853	0	862.48	9.01
Conexión n128	851	0	862.39	11.38
Conexión n129	852	0	862.30	9.33
Conexión n130	853	0	862.20	8.34
Conexión n131	853	0	862.11	8.92
Conexión n132	851	0	861.98	10.08
Conexión n133	851	0	861.91	10.79
Conexión n134	850	0	861.78	11.75
Conexión n135	848	0	861.67	12.90
Conexión n136	848	0	861.53	13.35
Conexión n137	847	0	861.43	13.85
Conexión n138	847	0	861.30	13.68
Conexión n139	847	0	861.17	13.91
Conexión n140	847	0	861.01	13.08
Conexión n141	848	0	860.92	12.70
Conexión n142	846	0	860.81	14.62
Conexión n143	848	0	860.75	12.29
Conexión n144	846	0	860.66	14.12
Conexión n145	844	0	860.54	16.21
Conexión n146	847	0	860.45	12.61
Conexión n147	848	0	860.39	11.88
Conexión n148	846	0	860.24	14.22
Conexión n149	844	0	860.16	16.00
Conexión n150	843	0	860.08	16.10
Conexión n151	843	0	859.98	16.70
Conexión n152	844	0	859.85	15.66
Conexión n153	844	0	859.77	15.28
Conexión n154	843	0	859.68	15.70
Conexión n155	844	0	859.59	15.15

Conexión n156	845	0	859.49	13.70
Conexión n157	844	0	859.29	14.57
Conexión n158	842	0	859.16	16.95
Conexión n159	840	0	859.01	18.62
Conexión n160	843	0	858.92	15.03
Conexión n161	836	0	842.92	6.92
Conexión n162	834	0	842.82	8.01
Conexión n163	833	0	842.64	8.74
Conexión n164	832	0	842.29	9.43
Conexión n165	833	0	842.06	8.78
Conexión n166	833	0	842.01	8.15
Conexión n167	835	0	841.90	6.30
Conexión n168	837	0	841.73	4.31
Conexión n169	834	0	841.62	7.07
Conexión n170	832	0	841.56	9.03
Conexión n171	832	0	841.51	9.31
Conexión n172	833	0	841.42	7.84
Conexión n173	834	0	841.31	7.18
Conexión n174	834	0	841.21	6.40
Conexión n175	834	0	841.12	6.29
Conexión n176	835	0	841.05	5.80
Conexión n177	834	0	840.92	6.59
Conexión n178	833	0	840.84	7.47
Conexión n179	831	0	840.70	9.25
Conexión n180	832	0	840.62	7.77
Conexión n181	833	0	840.52	6.55
Conexión n182	835	0	840.43	4.61
Conexión n183	835	0	840.32	4.81
Conexión n184	834	0	840.21	5.86
Conexión n185	829	0	840.09	10.90
Conexión n186	829	0	839.98	10.94
Conexión n187	828	0	839.85	11.45
Conexión n188	825	0	839.70	13.86
Conexión n189	820	0	839.52	18.89
Conexión n190	824	0	839.36	15.22
Conexión n191	826	0	839.25	12.80
Conexión n192	828	0	839.16	10.44
Conexión n193	827	0	839.05	11.26
Conexión n194	826	0	838.92	12.63
Conexión n195	823	0	838.78	15.44
Conexión n196	824	0	838.66	14.63

Conexión n197	823	0	838.55	14.79
Conexión n198	823	0	838.46	14.67
Conexión n199	822	0	838.29	15.98
Conexión n200	821	0	838.20	16.47
Conexión n201	821	0	838.08	16.97
Conexión n202	818	0	838.02	20.01
Conexión n203	821	0	837.91	16.08
Conexión n204	819	0	837.82	18.11
Conexión n205	822	0	837.74	15.51
Conexión n206	825	0	837.57	12.00
Conexión n207	820	0	837.46	17.03
Conexión n208	815	0	837.29	21.71
Conexión n209	814	0	837.20	22.47
Conexión n210	818	0	837.07	19.03
Conexión n211	818	0	836.97	18.14
Conexión n212	816	0	836.92	20.31
Conexión n213	817	0	836.82	19.51
Conexión n214	813	0	836.71	22.79
Conexión n215	816	0	836.59	20.34
Conexión n216	814	0	836.50	21.51
Conexión n217	805	0	836.38	30.86
Conexión n218	811	0	836.21	24.63
Conexión n219	814	0	836.09	22.04
Conexión n220	815	0	835.98	20.85
Conexión n221	815	0	835.88	20.84
Conexión n222	813	0	835.75	21.82
Conexión n223	817	0	835.57	17.73
Conexión n224	815	0	835.49	19.70
Conexión n225	811	0	835.33	24.24
Conexión n226	807	0	835.22	27.62
Conexión n227	806	0	835.06	28.14
Conexión n228	799	0	834.89	35.41
Conexión n229	802	0	834.73	32.41
Conexión n230	805	0	834.54	29.18
Conexión n231	808	0	834.33	25.84
Conexión n232	810	0	834.16	23.31
Conexión n233	812	0	834.00	21.99
Conexión n234	812	0	833.85	21.20
Conexión n235	810	0	833.75	23.71
Conexión n236	815	0	833.63	17.83
Conexión n237	814	0	833.49	19.01

Conexión n238	814	0	833.37	18.50
Conexión n239	814	0	833.29	18.37
Conexión n240	816	0	833.17	16.25
Conexión n241	815	0	833.08	17.52
Conexión n242	812	0	832.90	20.82
Conexión n243	813	0	832.81	19.06
Conexión n244	815	0	832.65	17.24
Conexión n245	814	0	832.48	17.51
Conexión n246	811	0	832.30	21.28
Conexión n247	813	0	832.17	18.82
Conexión n248	813	0	832.01	18.54
Conexión n249	812	0	831.90	19.86
Conexión n250	813	0	831.75	18.07
Conexión n251	809	0	831.64	22.03
Conexión n252	810	0	831.50	20.67
Conexión n253	808	0	831.37	23.01
Conexión n254	806	0	831.19	24.53
Conexión n255	804	0	831.11	26.19
Conexión n256	807	0	830.98	23.04
Conexión n257	811	0	830.84	18.87
Conexión n258	807	0	830.63	22.88
Conexión n259	812	0	830.46	17.64
Conexión n260	813	0	830.36	16.93
Conexión n261	813	0	830.21	16.77
Conexión n262	810	0	830.02	19.22
Conexión n263	806	0	829.79	23.03
Conexión n264	809	0	829.62	19.63
Conexión n265	811	0	829.47	17.74
Conexión n266	809	0	829.39	19.46
Conexión n267	810	0	829.28	18.40
Conexión n268	812	0	829.18	16.92
Conexión n269	804	0	829.06	24.50
Conexión n270	793	0	828.84	35.07
Conexión n271	802	0	828.68	26.53
Conexión n272	799	0	828.59	28.77
Conexión n273	800	0	828.48	27.80
Conexión n274	803	0	828.30	24.60
Conexión n275	805	0	828.19	23.19
Conexión n276	807	0	828.03	20.33
Conexión n277	815	0	827.81	11.89
Conexión n278	817	0	827.63	10.59

Conexión n279	819	0	820.04	0.58
Conexión n280	811	0	819.87	8.48
Conexión n281	808	0	819.76	11.51
Conexión n282	810	0	819.60	9.25
Conexión n283	810	0	819.46	9.10
Conexión n284	806	0	819.27	12.51
Conexión n285	803	0	819.14	15.37
Conexión n286	802	0	818.83	16.71
Conexión n287	797	0	818.65	21.18
Conexión n288	791	0	818.52	26.74
Conexión n289	790	0	818.32	28.16
Conexión n290	792	0	818.10	25.21
Conexión n291	789	0	817.93	28.21
Conexión n292	791	0	817.80	26.72
Conexión n293	792	0	817.53	25.35
Conexión n294	788	0	817.36	28.74
Conexión n295	787	0	817.17	29.60
Conexión n296	791	0	816.97	25.48
Conexión n297	792	0	816.80	24.27
Conexión n298	790	0	816.63	26.05
Conexión n299	785	0	816.45	30.91
Conexión n300	781	0	816.22	34.52
Conexión n301	780	0	816.12	35.85
Conexión n302	781	0	816.00	34.08
Conexión n303	787	0	815.82	28.60
Conexión n304	785	0	815.70	30.06
Conexión n305	788	0	815.51	27.44
Conexión n306	790	0	815.29	25.13
Conexión n307	794	0	815.07	20.49
Conexión n308	795	0	814.92	19.23
Conexión n309	795	0	814.81	19.59
Conexión n310	797	0	814.68	16.89
Conexión n311	801	0	814.48	13.07
Conexión n312	800	0	814.29	14.04
Conexión n313	798	0	814.15	15.65
Conexión n314	804	0	813.93	8.95
Conexión n315	806	0	813.79	7.12
Conexión n316	804	0	813.68	8.88
Conexión n317	807	0	813.55	6.06
Conexión n318	806	0	813.43	7.18
Conexión n319	801	0	813.27	11.31

Conexión n320	800	0	813.07	12.21
Conexión n321	797	0	812.84	14.93
Conexión n322	801	0	812.69	11.20
Conexión n323	801	0	812.58	11.35
Conexión n324	798	0	812.42	13.86
Conexión n325	796	0	812.25	16.21
Conexión n326	799	0	812.08	12.33
Conexión n327	803	0	811.87	8.82
Conexión n328	802	0	811.71	9.00
Conexión n329	804	0	811.54	7.29
Conexión n330	803	0	811.38	7.71
Conexión n331	800	0	811.23	10.98
Conexión n332	800	0	811.09	10.25
Conexión n333	804	0	810.95	5.99
Conexión n334	804	0	810.81	5.98
Conexión n335	805	0	810.70	5.51
Conexión n336	805	0	810.53	4.79
Conexión n337	806	0	810.32	3.67
Conexión n338	806	0	807.00	0.63
Conexión n339	805	0	806.75	1.42
Conexión n340	801	0	806.45	4.80
Conexión n341	799	0	805.77	6.04
Conexión n342	793	0	805.07	11.12
Conexión n343	787	0	791.98	4.92
Conexión n344	780	0	791.00	10.34
Conexión n345	777	0	789.97	12.52
Conexión n346	771	0	788.93	17.17
Conexión n348	767	0	787.77	20.13
Conexión n349	765	0	786.74	20.92
Conexión n353	722	0	762.35	39.68
Conexión n354	727	0.253	760.70	32.72
Conexión n355	752	0	759.31	6.73
Conexión n356	744	0	756.59	12.47
Conexión n357	738	0.692	755.72	16.88
Conexión n358	738	0	754.65	15.81
Conexión n359	736	0.924	753.49	16.50
Conexión n361	749	0.439	758.03	8.82
Conexión n363	729	0.6166	774.51	45.42
Conexión 5	806	0	807.09	0.44
Conexión 6	734	0	756.28	22.10
Conexión 7	730	0.823	755.54	24.89

Conexión 3	765	0	765.00	0.00
Conexión 8	793	0	793.00	0.00
Conexión 4	860	0	864.11	4.11
Conexión 9	818	0	820.23	1.66
Conexión CR10	843	0	843.00	0.00
Embalse Captacion	869	No Disponible	869.11	0.00
Embalse planta-de-tratamiento	820	No Disponible	820.00	0.00
Embalse Desarenador	864	No Disponible	864.00	0.00
Depósito Tanque	806	No Disponible	807.00	0.50

#### Apéndice M: Tabla de Datos tubería de la red de distribución en EPANET

	Longitud	Diámetro	Rugosidad	Caudal	Velocidad	Pérd. Unit.
ID Línea	m	mm		LPS	m/s	m/km
Tubería p1	55.59	82	150	5.69	1.08	13.52
Tubería p2	62.49	82	150	5.69	1.08	13.52
Tubería p3	140.3	82	150	5.69	1.08	13.52
Tubería p4	132.2	55.7	150	1.50	0.62	7.58
Tubería p5	16.02	55.7	150	1.50	0.62	7.58
Tubería p6	77.41	44.6	150	1.12	0.72	12.94
Tubería p7	191.9	44.6	150	1.12	0.72	12.94
Tubería p8	119	44.6	150	0.62	0.39	4.29
Tubería p15	62.41	44.6	150	0.35	0.22	1.48
Tubería p17	43.59	44.6	150	0.39	0.25	1.79
Tubería p18	59.54	44.6	150	0.39	0.25	1.79
Tubería p20	24.39	44.6	150	0.43	0.28	2.23
Tubería p21	89.7	55.7	150	2.53	1.04	19.85
Tubería p22	78.8	44.6	150	0.43	0.28	2.23
Tubería p25	59.31	44.6	150	0.49	0.31	2.75
Tubería p27	51.26	44.6	150	0.49	0.31	2.75
Tubería p30	54.96	55.7	150	1.61	0.66	8.62
Tubería p33	88.9	55.7	150	2.96	1.22	26.60
Tubería p38	55.59	44.6	150	0.43	0.28	2.23

Tubería p39	57.34	44.6	150	0.43	0.28	2.23
Tubería p43	86.89	55.7	150	2.10	0.86	14.03
Tubería p48	135.7	44.6	150	1.15	0.74	13.66
Tubería p51	33.82	44.6	150	0.53	0.34	3.29
Tubería p61	51.58	44.6	150	0.62	0.40	4.30
Tubería p63	172.2	44.6	150	0.62	0.40	4.30
Tubería p66	108.2	44.6	150	0.17	0.11	0.39
Tubería p67	63.23	55.7	150	4.16	1.71	49.75
Tubería p68	116	44.6	150	0.24	0.15	0.76
Tubería p72	46.81	55.7	150	4.32	1.77	53.54
Tubería p73	21.24	55.7	150	4.32	1.77	53.54
Tubería p74	54.59	55.7	150	4.32	1.77	53.54
Tubería p75	36.65	105.5	150	4.32	0.49	2.39
Tubería p76	39.28	44.6	150	0.33	0.21	1.38
Tubería p79	53.96	82	150	4.82	0.91	9.94
Tubería p80	46.14	44.6	150	0.33	0.21	1.38
Tubería p81	114.3	82	150	5.15	0.98	11.25
Tubería p82	76.64	82	150	5.44	1.03	12.45
Tubería p83	97.26	44.6	150	0.29	0.19	1.05
Tubería p84	85.5	55.7	150	3.92	1.61	44.52
Tubería p85	95	55.7	150	3.72	1.53	40.52
Tubería p86	39.16	44.6	150	0.36	0.23	1.58
Tubería p89	111	55.7	150	3.36	1.38	33.58
Tubería p90	100	44.6	150	0.45	0.29	2.41
Tubería p95	36.94	55.7	150	2.59	1.06	20.65
Tubería p97	103.3	44.6	150	0.45	0.29	2.41
Tubería p100	101.9	55.7	150	2.59	1.06	20.66
Tubería p101	130	55.7	150	2.12	0.87	14.25
Tubería p108	100.5	44.6	150	0.82	0.53	7.32
Tubería p109	123	55.7	150	1.45	0.60	7.09
Tubería p112	177.8	44.6	150	0.66	0.43	4.92
Tubería p115	93.31	55.7	150	2.59	1.06	20.66
Tubería p118	31.5	44.6	150	0.43	0.28	2.23
Tubería p119	81.44	44.6	150	0.25	0.16	0.80
Tubería p129	10	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p130	12.21	105.5	150	7.76	0.89	7.05
Tubería p131	18.09	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p132	14.85	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p133	17.86	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p134	13.11	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p135	10.61	105.5	150	7.76	0.89	7.04

Tubería p136	14.5	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p137	25.67	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p138	13.28	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p139	16.7	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p140	10.33	105.5	150	7.76	0.89	7.05
Tubería p141	17.55	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p142	10	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p143	13.7	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p144	10.77	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p145	8.54	105.5	150	7.76	0.89	7.05
Tubería p146	14.08	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p147	11.25	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p148	17.52	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p149	11.46	105.5	150	7.76	0.89	7.05
Tubería p150	9,377	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p151	12.98	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p152	13.4	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p153	13.84	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p154	12.59	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p155	18.34	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p156	9,657	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p157	19.77	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p158	14.33	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p159	20.69	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p160	14.28	105.5	150	7.76	0.89	7.05
Tubería p161	18.29	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p162	17.79	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p163	22.96	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p164	12.91	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p165	16.44	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p166	8,505	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p167	12.12	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p168	17.2	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p169	12.19	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p170	9.53	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p171	20.27	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p172	11.96	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p173	11.81	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p174	13.3	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p175	18.68	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p176	11.19	105.5	150	7.76	0.89	7.04

Tubería p177	12.75	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p178	13.49	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p179	14.33	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p180	28.42	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p181	18.28	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p182	21.19	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p183	12.11	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p184	10.8	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p185	14.8	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p186	24.82	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p187	50.62	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p188	31.77	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p189	7,738	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p190	16.23	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p191	23.14	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p192	15.54	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p193	9,729	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p194	6,516	105.5	150	7.76	0.89	7.05
Tubería p195	13.13	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p196	15.44	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p197	13.84	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p198	13.33	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p199	10.17	105.5	150	7.76	0.89	7.05
Tubería p200	18.33	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p201	11.29	105.5	150	7.76	0.89	7.05
Tubería p202	18.86	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p203	11.84	105.5	150	7.76	0.89	7.05
Tubería p204	14.49	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p205	12.85	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p206	14.79	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p207	16.65	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p208	16.7	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p209	15.27	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p210	18.31	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p211	21.18	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p212	25.41	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p213	19.87	105.5	150	7.76	0.89	8.25
Tubería p214	15.29	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p215	12.9	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p216	16.42	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p217	18.61	105.5	150	7.76	0.89	7.04

Tubería p218	18.95	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p219	16.97	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p220	16.25	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p221	13.18	105.5	150	7.76	0.89	7.05
Tubería p222	24.02	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p223	11.88	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p224	17.32	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p225	8.88	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p226	14.92	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p227	13.29	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p228	11.02	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p229	23.74	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p230	15.81	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p231	24.9	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p232	11.84	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p233	19.66	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p234	13.52	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p235	6,863	105.5	150	7.76	0.89	7.05
Tubería p236	15.01	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p237	14.96	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p238	17.47	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p239	10.15	105.5	150	7.76	0.89	8.42
Tubería p240	16.77	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p241	21.55	105.5	150	7.76	0.89	8.16
Tubería p242	17.54	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p243	14.27	105.5	150	7.76	0.89	7.05
Tubería p244	15.19	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p245	18.31	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p246	24.97	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p247	12.18	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p248	22.35	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p249	15	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p250	23.7	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p251	24.12	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p252	20.12	105.5	150	7.76	0.89	7.74
Tubería p253	27.84	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p254	29.2	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p255	24.04	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p256	22.74	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p257	21.17	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p258	13.81	105.5	150	7.76	0.89	7.04

Tubería p259	18.34	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p260	19.82	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p261	16.2	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p262	11.52	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p263	17.73	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p264	12.29	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p265	25.05	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p266	13.08	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p267	22.39	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p268	25.15	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p269	24.8	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p270	19.31	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p271	21.7	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p272	15.81	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p273	20.94	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p274	16.79	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p275	19.46	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p276	16.5	105.5	150	7.76	0.89	7.89
Tubería p277	21.79	105.5	150	7.76	0.89	7.96
Tubería p278	10.04	105.5	150	7.76	0.89	8.44
Tubería p279	18.82	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p280	20.16	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p281	29.72	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p282	19.65	105.5	150	7.76	0.89	8.27
Tubería p283	14.87	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p284	21.09	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p285	26.82	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p286	30.65	105.5	150	7.76	0.89	7.50
Tubería p287	24.54	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p288	19.75	105.5	150	7.76	0.89	7.75
Tubería p289	11.08	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p290	15.58	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p291	11.74	105.5	150	7.76	0.89	8.75
Tubería p292	15.98	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p293	32.05	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p294	19.42	105.5	150	7.76	0.89	8.28
Tubería p295	12.43	105.5	150	7.76	0.89	7.05
Tubería p296	15.3	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p297	25.15	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p298	15.99	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p299	22.38	105.5	150	7.76	0.89	7.04

Tubería p300	32.44	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p301	25.61	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p302	27.43	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p303	19.17	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p304	15.42	105.5	150	7.76	0.89	7.05
Tubería p305	22.39	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p306	20.01	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p307	26.13	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p308	19.15	105.5	150	7.76	0.89	7.05
Tubería p309	43.99	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p310	24.79	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p311	16.36	105.5	150	7.76	0.89	8.27
Tubería p312	28.98	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p313	30.71	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p314	24.69	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p315	18.09	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p316	38.4	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p317	24.3	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p318	26.63	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p319	27.86	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p320	24.4	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p321	23.6	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p322	26.1	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p323	29.32	105.5	150	7.76	0.89	7.87
Tubería p324	14.85	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p325	16.81	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p326	23.76	105.5	150	7.76	0.89	7.63
Tubería p327	16.87	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p328	26.56	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p329	31.09	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p330	30.89	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p331	22.19	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p332	15.59	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p333	18.2	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p334	27.69	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p335	27.84	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p336	19.15	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p337	31.22	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p338	19.84	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p339	15.59	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p340	18.97	105.5	150	7.76	0.89	7.04

Tubería p341	16.47	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p342	23.78	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p343	25.84	105.5	150	7.76	0.89	7.59
Tubería p344	32.32	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p345	21.4	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p346	15.99	105.5	150	7.76	0.89	7.05
Tubería p347	22.9	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p348	24.38	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p349	21.29	105.5	150	7.76	0.89	7.99
Tubería p350	29.33	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p351	21.22	105.5	150	7.76	0.89	7.70
Tubería p352	23.46	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p353	22.53	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p354	21.47	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p355	19.73	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p356	20.65	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p357	17.9	105.5	150	7.76	0.89	7.82
Tubería p358	16.02	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p359	24.04	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p360	28.69	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p361	12.19	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería p362	15.08	105.5	150	12.32	1.41	16.58
Tubería p363	13.99	105.5	130	12.32	1.41	21.61
Tubería p364	18.43	105.5	150	12.32	1.41	36.84
Tubería p365	19.88	105.5	150	12.32	1.41	35.37
Tubería p366	22.1	105.5	150	12.32	1.41	46.35
Tubería p367	19.22	105.5	150	12.32	1.41	50.80
Tubería p368	22.31	105.5	150	12.32	1.41	46.07
Tubería p369	23.18	105.5	150	12.32	1.41	44.96
Tubería p372	22.33	105.5	150	12.32	1.41	46.04
Tubería p373	20.67	105.5	150	10.01	1.15	11.29
Tubería p377	158.3	55.7	150	2.31	0.95	16.73
Tubería p378	98.9	55.7	150	2.31	0.95	16.73
Tubería p379	102.5	55.7	150	2.06	0.84	13.50
Tubería p380	101.5	55.7	150	1.62	0.66	8.65
Tubería p381	117.8	44.6	150	0.92	0.59	9.07
Tubería p382	127.9	44.6	150	0.92	0.59	9.07
Tubería p384	95	55.7	150	2.06	0.84	13.49
Tubería p385	166.3	55.7	150	1.62	0.66	8.65
Tubería p387	141.1	44.6	150	0.62	0.39	4.29
Tubería 1	30.56	105.5	150	12.32	1.41	38.10

Tubería 5	4.16	105.5	150	7.76	0.89	7.03
Tubería 7	46,198	44.6	150	0.24	0.15	0.76
Tubería 8	128,199	44.6	150	0.36	0.23	1.57
Tubería 9	107.9	44.6	150	0.82	0.53	7.32
Tubería 10	100	44.6	150	0.82	0.53	7.32
Tubería 12	3	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Tubería 16	5	105.5	150	7.76	0.89	7.04
Válvula ValvulaReguladoradec audal	No Disponible	105.5	No Disponible	7.76	0.89	3.24
Válvula 2	No Disponible	55.7	No Disponible	2.31	0.95	21.74
Válvula 11	No Disponible	105.5	No Disponible	12.32	1.41	12.07
Válvula 13	No Disponible	105.5	No Disponible	7.76	0.89	4.45
Válvula 14	No Disponible	105.5	No Disponible	7.76	0.89	7.40
Válvula 15	No Disponible	105.5	No Disponible	12.32	1.41	0.00
Válvula 17	No Disponible	105.5	No Disponible	7.76	0.89	15.92

### Apéndice N: Presupuesto

PRESUPUESTO MAG SANTA CLARA							
Etapa	Descripción	U/M	Cantidad	Materiales	Transporte	Mano de obra	Costo Total
1.0	PRELIMINARES	Glb				C\$ 357236.21	C\$ 357236.21
2.0	CAPTACION	C/U	1	C\$ 119924.04	C\$ 11032.23	C\$ 406093.47	C\$ 537049.74
2.1	PLANTA DE TRATAMIENTO	C/U	1	C\$ 1475324.41	C\$ 128406.13	C\$ 375033.90	C\$ 1978764.45
2.1.1	TRATAMIENTO	C/U	1	C\$ 7000.00	C\$ 50.00	C\$ 1500.00	C\$ 8550.00
3.0	TANQUE DE ALMACENAMIENTO	C/U	1	C\$ 376813.04	C\$ 48042.18	C\$ 61602.19	C\$ 486457.41
4.0	LINEA DE CONDUCCION	ML	4577.02	C\$ 585015.00	C\$ 20350.00	C\$ 274358.62	C\$ 879723.62
5.0	RED DE DISTRIBUCION	ML	5933.877	C\$ 445965.00	C\$ 25185.00	C\$ 853068.70	C\$ 1324218.70
6.0	PILAS ROMPE PRESION	C/U	3	C\$ 181490.03	C\$ 3204.86	C\$ 26400.38	C\$ 211095.27
7.0	CONEXIONES	C/U	535	C\$ 690650.00	C\$ 47865.00	C\$ 133750.00	C\$ 872265.00
8.0	LIMPIEZA Y ENTREGA	GLB	1			C\$ 29695.00	C\$ 29695.00
<b>A. COSTO TOTAL DIRECTOS</b>				<b>C\$ 3882181.52</b>	<b>C\$ 284135.41</b>	<b>C\$ 2489043.48</b>	<b>C\$ 6655360.41</b>
<b>B. TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS (10% sobr</b>				<b>C\$ 388218.15</b>	<b>C\$ 28413.54</b>	<b>C\$ 248904.35</b>	<b>C\$ 665536.04</b>
<b>C. ADMINISTRACION (10% sobre a+b)</b>				<b>C\$ 427039.97</b>	<b>C\$ 31254.89</b>	<b>C\$ 273794.78</b>	<b>C\$ 732089.64</b>
<b>D. UTILIDADES (15% sobre a+b+c)</b>				<b>C\$ 704615.95</b>	<b>C\$ 51570.58</b>	<b>C\$ 451761.39</b>	<b>C\$ 1207947.91</b>
<b>SUBTOTAL (a+b+c+d)</b>				<b>5,402,055.59</b>	<b>395,374.42</b>	<b>3,463,504.00</b>	<b>9,260,934.01</b>
IVA 15%				C\$ 582327.23	C\$ 42620.31	C\$ 373356.52	C\$ 998304.06
<b>COSTO TOTAL</b>				<b>C\$ 5984382.82</b>	<b>C\$ 437994.73</b>	<b>C\$ 3836860.52</b>	<b>C\$ 10259238.07</b>

N°	Descripción ,Materiales	U/M	Cantida d	Materiales		Transporte		COSTO UNITARI O C\$	COSTO TOTAL C\$
				COSTO UNITARI O C\$	COSTO TOTAL C\$	COSTO UNITARI O C\$	COSTO TOTAL C\$		
<b>1</b>	<b>Captación</b>				119,924.04		11,032.23		130,956.28
<b>1.1</b>	<b>Captación</b>				<b>116,798.04</b>		<b>10,917.23</b>		<b>127,715.28</b>
	Regla de 1" x 3" x 5vrs	unid	20.00	C\$ 110.00	C\$ 2200.00	C\$ 10.00	C\$ 200.00	C\$ 120.00	C\$ 2400.00
	Tablas de 1"x10"x5vrs	unid	15.00	C\$ 380.00	C\$ 5700.00	C\$ 20.00	C\$ 300.00	C\$ 400.00	C\$ 6000.00
	Cuartón de 2"x2x5vrs	unid	13.00	C\$ 130.00	C\$ 1690.00	C\$ 10.00	C\$ 130.00	C\$ 140.00	C\$ 1820.00
	Clavos de 2 1/2"	lbs	4.00	C\$ 26.00	C\$ 104.00	C\$ 5.00	C\$ 20.00	C\$ 31.00	C\$ 124.00
	Acero estándar N° 4	qq	9.66	C\$ 1950.00	C\$ 18839.58	C\$ 20.00	C\$ 193.23	C\$ 1970.00	C\$ 19032.80
	Alambre de amarre N°18	lbs	20.00	C\$ 26.00	C\$ 520.00	C\$ 10.00	C\$ 200.00	C\$ 36.00	C\$ 720.00
	Cemento	bols a	112.57	C\$ 407.00	C\$ 45814.30	C\$ 25.00	C\$ 2814.15	C\$ 432.00	C\$ 48628.45
	Arena	m³	7.65	C\$ 750.00	C\$ 5740.86	C\$ 400.00	C\$ 3061.79	C\$ 1150.00	C\$ 8802.65
	Grava de 1/2"	m³	2.94	C\$ 1200.00	C\$ 3522.36	C\$ 400.00	C\$ 1174.12	C\$ 1600.00	C\$ 4696.47
	Piedra bolón	m³	6.46	C\$ 450.00	C\$ 2906.95	C\$ 400.00	C\$ 2583.95	C\$ 850.00	C\$ 5490.90

	Tapa metálica de 0.6mx0.6m	unid	1.00	C\$ 1100.00	C\$ 1100.00	C\$ 100.00	C\$ 100.00	C\$ 1200.00	C\$ 1200.00
	BR Llave de pase 4"	unid	1.00	C\$ 10350.00	C\$ 10350.00	C\$ 10.00	C\$ 10.00	C\$ 10360.00	C\$ 10360.00
	BR Llave de pase 15"	unid	1.00	C\$ 16000.00	C\$ 16000.00	C\$ 10.00	C\$ 10.00	C\$ 16010.00	C\$ 16010.00
	HG Codo de 45° x 4"	unid	1.00	C\$ 680.00	C\$ 680.00	C\$ 10.00	C\$ 10.00	C\$ 690.00	C\$ 690.00
	HG Tubo de 15" x 6m	unid	1.00	C\$ 950.00	C\$ 950.00	C\$ 100.00	C\$ 100.00	C\$ 1050.00	C\$ 1050.00
	HG Unión de 4"	unid	1.00	C\$ 680.00	C\$ 680.00	C\$ 10.00	C\$ 10.00	C\$ 690.00	C\$ 690.00
<b>1.1.1</b>	<b>Cerca perimetral</b>				C\$ 3126.00		C\$ 115.00		C\$ 3241.00
	Alambre de puas # 13 de 300 vrs	rollo	2.00	C\$ 1500.00	C\$ 3000.00	C\$ 50.00	C\$ 100.00	C\$ 1550.00	C\$ 3100.00
	Grapas	lbs	3.00	C\$ 42.00	C\$ 126.00	C\$ 5.00	C\$ 15.00	C\$ 47.00	C\$ 141.00
<b>1.2</b>	<b>Planta de tratamiento</b>				C\$ 1475324.41		C\$ 128406.13		C\$ 1603730.54
<b>1.2.1</b>	<b>Sedimentador x 2</b>				C\$ 251775.67		C\$ 8926.72		C\$ 260702.39
	Material selecto	m <sup>3</sup>	10.00	C\$ 450.00	C\$ 4500.00	C\$ 200.00	C\$ 2000.00	C\$ 650.00	C\$ 6500.00
	Regla de 1" x 3" x 5vrs	unid	30.00	C\$ 110.00	C\$ 3300.00	C\$ 10.00	C\$ 300.00	C\$ 120.00	C\$ 3600.00
	Tablas de 1"x10"x5vrs	unid	20.00	C\$ 380.00	C\$ 7600.00	C\$ 20.00	C\$ 400.00	C\$ 400.00	C\$ 8000.00

	Cuartón de 2"x2x5vrs	unid	16.00	C\$ 130.00	C\$ 2080.00	C\$ 10.00	C\$ 160.00	C\$ 140.00	C\$ 2240.00
	Clavos de 2 1/2"	lbs	10.00	C\$ 26.00	C\$ 260.00	C\$ 5.00	C\$ 50.00	C\$ 31.00	C\$ 310.00
	Acero estándar N° 4	qq	54.75	C\$ 1950.00	C\$ 106771.93	C\$ 20.00	C\$ 1095.10	C\$ 1970.00	C\$ 107867.03
	Alambre de amarre N°18	lbs	30.00	C\$ 26.00	C\$ 780.00	C\$ 10.00	C\$ 300.00	C\$ 36.00	C\$ 1080.00
	Cemento	bolsa	39.91	C\$ 407.00	C\$ 16243.35	C\$ 25.00	C\$ 997.75	C\$ 432.00	C\$ 17241.10
	Arena	m <sup>3</sup>	2.71	C\$ 750.00	C\$ 2035.41	C\$ 400.00	C\$ 1085.55	C\$ 1150.00	C\$ 3120.96
	Grava de 1/2"	m <sup>3</sup>	4.07	C\$ 1200.00	C\$ 4884.98	C\$ 400.00	C\$ 1628.33	C\$ 1600.00	C\$ 6513.30
	Tapa metálica de 0.6mx0.6m	unid	2.00	C\$ 1100.00	C\$ 2200.00	C\$ 10.00	C\$ 20.00	C\$ 1110.00	C\$ 2220.00
	Pintura de aceite	galón	10.00	C\$ 750.00	C\$ 7500.00	C\$ 5.00	C\$ 50.00	C\$ 755.00	C\$ 7550.00
	Diluyente	galón	4.00	C\$ 350.00	C\$ 1400.00	C\$ 5.00	C\$ 20.00	C\$ 355.00	C\$ 1420.00
	BR Llave de pase	unid	4.00	C\$ 10350.00	C\$ 41400.00	C\$ 10.00	C\$ 40.00	C\$ 10360.00	C\$ 41440.00
	HG Codo de 90° x 4"	unid	8.00	C\$ 680.00	C\$ 5440.00	C\$ 10.00	C\$ 80.00	C\$ 690.00	C\$ 5520.00
	HG Tubo de 4" x 6m	unid	5.00	C\$ 4200.00	C\$ 21000.00	C\$ 80.00	C\$ 400.00	C\$ 4280.00	C\$ 21400.00
	HG Unión de 4"	unid	8.00	C\$ 680.00	C\$ 5440.00	C\$ 10.00	C\$ 80.00	C\$ 690.00	C\$ 5520.00

	HG Tubo de 8" x 6m	unid	2.00	C\$ 7820.00	C\$ 15640.00	C\$ 100.00	C\$ 200.00	C\$ 7920.00	C\$ 15840.00
	Valvula de control 4"	unid	2.00	C\$ 1650.00	C\$ 3300.00	C\$ 10.00	C\$ 20.00	C\$ 1660.00	C\$ 3320.00
1.2. 2	<b>Desarenador x 2</b>				<b>C\$ 253523.14</b>		<b>C\$ 15556.76</b>		<b>C\$ 269079.90</b>
	Material selecto	m <sup>3</sup>	8.00	C\$ 450.00	C\$ 3600.00	C\$ 200.00	C\$ 1600.00	C\$ 650.00	C\$ 5200.00
	Regla de 1" x 3" x 5vrs	unid	30.00	C\$ 110.00	C\$ 3300.00	C\$ 10.00	C\$ 300.00	C\$ 120.00	C\$ 3600.00
	Tablas de 1"x10"x5vrs	unid	20.00	C\$ 380.00	C\$ 7600.00	C\$ 20.00	C\$ 400.00	C\$ 400.00	C\$ 8000.00
	Cuartón de 2"x2x5vrs	unid	16.00	C\$ 130.00	C\$ 2080.00	C\$ 10.00	C\$ 160.00	C\$ 140.00	C\$ 2240.00
	Clavos de 2 1/2"	lbs	12.00	C\$ 26.00	C\$ 312.00	C\$ 5.00	C\$ 60.00	C\$ 31.00	C\$ 372.00
	Acero estándar N° 3	qq	6.25	C\$ 1550.00	C\$ 9690.09	C\$ 20.00	C\$ 125.03	C\$ 1570.00	C\$ 9815.13
	Acero estándar N° 4	qq	42.81	C\$ 1950.00	C\$ 83472.57	C\$ 20.00	C\$ 856.13	C\$ 1970.00	C\$ 84328.70
	Alambre de amarre N°18	lbs	30.00	C\$ 26.00	C\$ 780.00	C\$ 10.00	C\$ 300.00	C\$ 36.00	C\$ 1080.00
	Cemento	bolsa	119.42	C\$ 407.00	C\$ 48601.91	C\$ 25.00	C\$ 2985.38	C\$ 432.00	C\$ 51587.29
	Arena	m <sup>3</sup>	8.12	C\$ 750.00	C\$ 6090.17	C\$ 400.00	C\$ 3248.09	C\$ 1150.00	C\$ 9338.25
	Grava de 1/2"	m <sup>3</sup>	12.18	C\$ 1200.00	C\$ 14616.40	C\$ 400.00	C\$ 4872.13	C\$ 1600.00	C\$ 19488.53
	BR Llave de pase	unid	4.00	C\$ 10350.00	C\$ 41400.00	C\$ 10.00	C\$ 40.00	C\$ 10360.00	C\$ 41440.00

	HG Codo de 90° x 4"	unid	4.00	C\$ 680.00	C\$ 2720.00	C\$ 10.00	C\$ 40.00	C\$ 690.00	C\$ 2760.00
	HG Tubo de 6" x 6m	unid	2.00	C\$ 6500.00	C\$ 13000.00	C\$ 100.00	C\$ 200.00	C\$ 6600.00	C\$ 13200.00
	HG Tubo de 4" x 6m	unid	2.00	C\$ 4200.00	C\$ 8400.00	C\$ 100.00	C\$ 200.00	C\$ 4300.00	C\$ 8600.00
	HG Unión de 4"	unid	4.00	C\$ 680.00	C\$ 2720.00	C\$ 10.00	C\$ 40.00	C\$ 690.00	C\$ 2760.00
	Tubo PVC 4" X 6m	unid	2.00	C\$ 750.00	C\$ 1500.00	C\$ 50.00	C\$ 100.00	C\$ 800.00	C\$ 1600.00
	PVC Codo de 90° x 6"	unid	2.00	C\$ 170.00	C\$ 340.00	C\$ 5.00	C\$ 10.00	C\$ 175.00	C\$ 350.00
	Valvula de control 4"	unid	2.00	C\$ 1650.00	C\$ 3300.00	C\$ 10.00	C\$ 20.00	C\$ 1660.00	C\$ 3320.00
<b>1.2. 2</b>	<b>Filtro lento de arena x 2</b>				<b>C\$ 705729.64</b>		<b>C\$ 89663.48</b>		<b>C\$ 795393.13</b>
	Material selecto	m <sup>3</sup>	27.94	C\$ 450.00	C\$ 12571.20	C\$ 200.00	C\$ 5587.20	C\$ 650.00	C\$ 18158.40
	Regla de 1" x 3" x 5vrs	unid	30.00	C\$ 110.00	C\$ 3300.00	C\$ 10.00	C\$ 300.00	C\$ 120.00	C\$ 3600.00
	Tablas de 1"x10"x5vrs	unid	40.00	C\$ 380.00	C\$ 15200.00	C\$ 20.00	C\$ 800.00	C\$ 400.00	C\$ 16000.00
	Cuartón de 2"x2x5vrs	unid	16.00	C\$ 130.00	C\$ 2080.00	C\$ 10.00	C\$ 160.00	C\$ 140.00	C\$ 2240.00
	Clavos de 2 1/2"	lbs	24.00	C\$ 26.00	C\$ 624.00	C\$ 5.00	C\$ 120.00	C\$ 31.00	C\$ 744.00
	Acero estándar N° 4	qq	30.84	C\$ 1950.00	C\$ 60132.86	C\$ 20.00	C\$ 616.75	C\$ 1970.00	C\$ 60749.61
	Alambre de amarre N°18	lbs	50.00	C\$ 26.00	C\$ 1300.00	C\$ 10.00	C\$ 500.00	C\$ 36.00	C\$ 1800.00

	Cemento	bolsa	976.47	C\$ 407.00	C\$ 397424.76	C\$ 25.00	C\$ 24411.84	C\$ 432.00	C\$ 421836.60
	Arena	m <sup>3</sup>	39.27	C\$ 750.00	C\$ 29452.51	C\$ 400.00	C\$ 15708.00	C\$ 1150.00	C\$ 45160.51
	Grava de 1/2"	m <sup>3</sup>	24.64	C\$ 1200.00	C\$ 29567.46	C\$ 400.00	C\$ 9855.82	C\$ 1600.00	C\$ 39423.28
	Piedra Bolon	m <sup>3</sup>	56.66	C\$ 450.00	C\$ 25496.86	C\$ 400.00	C\$ 22663.87	C\$ 850.00	C\$ 48160.73
	PVC reductor 8 a 4"	unid	4.00	C\$ 450.00	C\$ 1800.00	C\$ 10.00	C\$ 40.00	C\$ 460.00	C\$ 1840.00
	BR Llave de pase	unid	8.00	C\$ 10350.00	C\$ 82800.00	C\$ 10.00	C\$ 80.00	C\$ 10360.00	C\$ 82880.00
	HG Codo de 90° x 4"	unid	4.00	C\$ 680.00	C\$ 2720.00	C\$ 10.00	C\$ 40.00	C\$ 690.00	C\$ 2760.00
	HG Tubo de 4" x 6m	unid	4.00	C\$ 4200.00	C\$ 16800.00	C\$ 80.00	C\$ 320.00	C\$ 4280.00	C\$ 17120.00
	HG Unión de 4"	unid	4.00	C\$ 680.00	C\$ 2720.00	C\$ 10.00	C\$ 40.00	C\$ 690.00	C\$ 2760.00
	Tubo PVC 8" X 6m	unid	4.00	C\$ 1100.00	C\$ 4400.00	C\$ 50.00	C\$ 200.00	C\$ 1150.00	C\$ 4600.00
	PVC Codo de 90° x 8"	unid	4.00	C\$ 280.00	C\$ 1120.00	C\$ 10.00	C\$ 40.00	C\$ 290.00	C\$ 1160.00
	Valvula de control 4"	unid	2.00	C\$ 1650.00	C\$ 3300.00	C\$ 10.00	C\$ 20.00	C\$ 1660.00	C\$ 3320.00
	PVC Tubo 3/4" SDR 26 X 6m	unid	4.00	C\$ 150.00	C\$ 600.00	C\$ 30.00	C\$ 120.00	C\$ 180.00	C\$ 720.00
	PVC Codo de 90° x 2"	unid	4.00	C\$ 80.00	C\$ 320.00	C\$ 10.00	C\$ 40.00	C\$ 90.00	C\$ 360.00

	Arena Filtro	m <sup>3</sup>	20.00	C\$ 600.00	C\$ 12000.00	C\$ 400.00	C\$ 8000.00	C\$ 1000.00	C\$ 20000.00
1.2. 3	<b>Filtro Grueso Dinamico x 2</b>				<b>C\$ 247070.95</b>		<b>C\$ 11804.17</b>		<b>C\$ 258875.12</b>
	Material selecto	m <sup>3</sup>	2.15	C\$ 450.00	C\$ 966.44	C\$ 200.00	C\$ 429.53	C\$ 650.00	C\$ 1395.97
	Regla de 1" x 3" x 5vrs	unid	30.00	C\$ 110.00	C\$ 3300.00	C\$ 10.00	C\$ 300.00	C\$ 120.00	C\$ 3600.00
	Tablas de 1"x10"x5vrs	unid	40.00	C\$ 380.00	C\$ 15200.00	C\$ 20.00	C\$ 800.00	C\$ 400.00	C\$ 16000.00
	Cuartón de 2"x2x5vrs	unid	16.00	C\$ 130.00	C\$ 2080.00	C\$ 10.00	C\$ 160.00	C\$ 140.00	C\$ 2240.00
	Clavos de 2 1/2"	lbs	24.00	C\$ 26.00	C\$ 624.00	C\$ 5.00	C\$ 120.00	C\$ 31.00	C\$ 744.00
	Acero estándar N° 4	qq	41.45	C\$ 1950.00	C\$ 80821.19	C\$ 20.00	C\$ 828.94	C\$ 1970.00	C\$ 81650.13
	Alambre de amarre N°18	lbs	36.00	C\$ 26.00	C\$ 936.00	C\$ 10.00	C\$ 360.00	C\$ 36.00	C\$ 1296.00
	Cemento	bolsa	61.57	C\$ 407.00	C\$ 25057.65	C\$ 25.00	C\$ 1539.17	C\$ 432.00	C\$ 26596.82
	Arena	m <sup>3</sup>	4.19	C\$ 750.00	C\$ 3139.90	C\$ 400.00	C\$ 1674.61	C\$ 1150.00	C\$ 4814.52
	Grava de 1/2"	m <sup>3</sup>	6.28	C\$ 1200.00	C\$ 7535.77	C\$ 400.00	C\$ 2511.92	C\$ 1600.00	C\$ 10047.69
	PVC reductor 4 a 3"	unid	4.00	C\$ 280.00	C\$ 1120.00	C\$ 10.00	C\$ 40.00	C\$ 290.00	C\$ 1160.00
	BR Llave de pase	unid	8.00	C\$ 10350.00	C\$ 82800.00	C\$ 10.00	C\$ 80.00	C\$ 10360.00	C\$ 82880.00
	HG Codo de 90° x 4"	unid	4.00	C\$ 680.00	C\$ 2720.00	C\$ 10.00	C\$ 40.00	C\$ 690.00	C\$ 2760.00

	HG Tubo de 3" x 6m	unid	2.00	C\$ 3800.00	C\$ 7600.00	C\$ 80.00	C\$ 160.00	C\$ 3880.00	C\$ 7760.00
	HG Unión de 4"	unid	4.00	C\$ 680.00	C\$ 2720.00	C\$ 10.00	C\$ 40.00	C\$ 690.00	C\$ 2760.00
	Tubo PVC 3" X 6m	unid	4.00	C\$ 550.00	C\$ 2200.00	C\$ 50.00	C\$ 200.00	C\$ 600.00	C\$ 2400.00
	PVC Codo de 90° x 3"	unid	4.00	C\$ 150.00	C\$ 600.00	C\$ 30.00	C\$ 120.00	C\$ 180.00	C\$ 720.00
	Grava de 1/8"	m <sup>3</sup>	1.00	C\$ 1450.00	C\$ 1450.00	C\$ 400.00	C\$ 400.00	C\$ 1850.00	C\$ 1850.00
	Grava de 1/4"	m <sup>3</sup>	2.00	C\$ 1300.00	C\$ 2600.00	C\$ 400.00	C\$ 800.00	C\$ 1700.00	C\$ 3400.00
	Grava de 1/2"	m <sup>3</sup>	3.00	C\$ 1200.00	C\$ 3600.00	C\$ 400.00	C\$ 1200.00	C\$ 1600.00	C\$ 4800.00
<b>1.2.3</b>	<b>Caja de registro</b>	<b>unid</b>	<b>8.00</b>		<b>C\$ 17225.00</b>		<b>C\$ 2455.00</b>		<b>C\$ 19680.00</b>
	Material selecto	m <sup>3</sup>	3.52	C\$ 450.00	C\$ 1584.00	C\$ 200.00	C\$ 704.00	C\$ 650.00	C\$ 2288.00
	Cemento	bolsa	8.00	C\$ 407.00	C\$ 3256.00	C\$ 25.00	C\$ 200.00	C\$ 432.00	C\$ 3456.00
	Arena	m <sup>3</sup>	1.84	C\$ 750.00	C\$ 1380.00	C\$ 400.00	C\$ 736.00	C\$ 1150.00	C\$ 2116.00
	Ladrillos	unid	735.00	C\$ 3.00	C\$ 2205.00	C\$ 1.00	C\$ 735.00	C\$ 4.00	C\$ 2940.00
	Tapa de concreto ref. de 0.6mx0.6m	unid	8.00	C\$ 1100.00	C\$ 8800.00	C\$ 10.00	C\$ 80.00	C\$ 1110.00	C\$ 8880.00
<b>2</b>	<b>Tratamiento</b>				<b>C\$ 7000.00</b>		<b>C\$ 50.00</b>		<b>C\$ 7050.00</b>

	Hipoclorador	unid	1.00	C\$ 7000.00	C\$ 7000.00	C\$ 50.00	C\$ 50.00	C\$ 7050.00	C\$ 7050.00
<b>3</b>	<b>Tanque de almacenamiento</b>				C\$ 376813.04		C\$ 48042.18		C\$ 424855.22
<b>3.1</b>	<b>Tanque de almacenamiento</b>				C\$ 368250.54		C\$ 47470.18		C\$ 415720.72
	Material selecto	m <sup>3</sup>	10.06	C\$ 450.00	C\$ 4525.63	C\$ 200.00	C\$ 2011.39	C\$ 650.00	C\$ 6537.02
	Regla de 1" x 3" x 5vrs	unid	15.00	C\$ 110.00	C\$ 1650.00	C\$ 10.00	C\$ 150.00	C\$ 120.00	C\$ 1800.00
	Tablas de 1"x10"x5vrs	unid	14.00	C\$ 380.00	C\$ 5320.00	C\$ 20.00	C\$ 280.00	C\$ 400.00	C\$ 5600.00
	Cuartón de 2"x2x5vrs	unid	10.00	C\$ 130.00	C\$ 1300.00	C\$ 10.00	C\$ 100.00	C\$ 140.00	C\$ 1400.00
	Clavos de 2 1/2"	lbs	8.00	C\$ 26.00	C\$ 208.00	C\$ 5.00	C\$ 40.00	C\$ 31.00	C\$ 248.00
	Acero estándar N° 4	qq	16.44	C\$ 1950.00	C\$ 32058.76	C\$ 20.00	C\$ 328.81	C\$ 1970.00	C\$ 32387.57
	Alambre de amarre N°18	lbs	35.00	C\$ 26.00	C\$ 910.00	C\$ 10.00	C\$ 350.00	C\$ 36.00	C\$ 1260.00
	Cemento	bolsa	506.27	C\$ 407.00	C\$ 206050.66	C\$ 25.00	C\$ 12656.67	C\$ 432.00	C\$ 218707.34
	Arena	m <sup>3</sup>	34.43	C\$ 750.00	C\$ 25819.62	C\$ 400.00	C\$ 13770.46	C\$ 1150.00	C\$ 39590.08
	Grava de 1/2"	m <sup>3</sup>	16.44	C\$ 1200.00	C\$ 19728.47	C\$ 400.00	C\$ 6576.16	C\$ 1600.00	C\$ 26304.62
	Piedra bolón	m <sup>3</sup>	27.35	C\$ 450.00	C\$ 12309.40	C\$ 400.00	C\$ 10941.69	C\$ 850.00	C\$ 23251.10
	Tapa metálica de 0.6mx0.6m	unid	1.00	C\$ 1100.00	C\$ 1100.00	C\$ 10.00	C\$ 10.00	C\$ 1110.00	C\$ 1110.00

	Pintura de aceite	galon	6.00	C\$ 750.00	C\$ 4500.00	C\$ 5.00	C\$ 30.00	C\$ 755.00	C\$ 4530.00
	Diluyente	galon	3.00	C\$ 350.00	C\$ 1050.00	C\$ 5.00	C\$ 15.00	C\$ 355.00	C\$ 1065.00
	BR Llave de pase	unid	4.00	C\$ 10350.00	C\$ 41400.00	C\$ 10.00	C\$ 40.00	C\$ 10360.00	C\$ 41440.00
	HG Codo de 45° x 4"	unid	4.00	C\$ 680.00	C\$ 2720.00	C\$ 10.00	C\$ 40.00	C\$ 690.00	C\$ 2760.00
	HG Codo de 90° x 4"	unid	4.00	C\$ 680.00	C\$ 2720.00	C\$ 10.00	C\$ 40.00	C\$ 690.00	C\$ 2760.00
	HG Tubo de 4" x 6m	unid	1.00	C\$ 4200.00	C\$ 4200.00	C\$ 80.00	C\$ 80.00	C\$ 4280.00	C\$ 4280.00
	HG Unión de 4"	unid	1.00	C\$ 680.00	C\$ 680.00	C\$ 10.00	C\$ 10.00	C\$ 690.00	C\$ 690.00
<b>3.1.1</b>	<b>Caja de protección</b>	<b>unid</b>	<b>2.00</b>		C\$ 3810.50		C\$ 392.00		C\$ 4202.50
	Material selecto	m <sup>3</sup>	0.44	C\$ 450.00	C\$ 198.00	C\$ 200.00	C\$ 88.00	C\$ 650.00	C\$ 286.00
	Cemento	bolsa	2.00	C\$ 407.00	C\$ 814.00	C\$ 25.00	C\$ 50.00	C\$ 432.00	C\$ 864.00
	Arena	m <sup>3</sup>	0.23	C\$ 750.00	C\$ 172.50	C\$ 400.00	C\$ 92.00	C\$ 1150.00	C\$ 264.50
	Ladrillos	unid	142.00	C\$ 3.00	C\$ 426.00	C\$ 1.00	C\$ 142.00	C\$ 4.00	C\$ 568.00
	Tapa de concreto ref. de 0.6mx0.6m	unid	2.00	C\$ 1100.00	C\$ 2200.00	C\$ 10.00	C\$ 20.00	C\$ 1110.00	C\$ 2220.00
<b>3.1.2</b>	<b>Cerca perimetral</b>				C\$ 4752.00		C\$ 180.00		C\$ 4932.00

	Alambre de puas # 13 de 300 vrs	rollo	3.00	C\$ 1500.00	C\$ 4500.00	C\$ 50.00	C\$ 150.00	C\$ 1550.00	C\$ 4650.00
	Grapas	lbs	6.00	C\$ 42.00	C\$ 252.00	C\$ 5.00	C\$ 30.00	C\$ 47.00	C\$ 282.00
<b>4</b>	<b>Conducción y distribución</b>				C\$ 1030980.00		C\$ 45535.00		C\$ 1076515.00
<b>4.1</b>	<b>Linea de conducción</b>				C\$ 585015.00		C\$ 20350.00		C\$ 605365.00
<b>4.1.1</b>	<b>Tuberías</b>				C\$ 536000.00		C\$ 20000.00		C\$ 556000.00
	Tubería PVC de 4" SDR 26 x 6m	Unid	800.00	C\$ 670.00	C\$ 536000.00	C\$ 25.00	C\$ 20000.00	C\$ 695.00	C\$ 556000.00
<b>4.1.2</b>	<b>Accesorios</b>				C\$ 49015.00		C\$ 350.00		C\$ 49365.00
	Llave de pase de 4"	Unid	4.00	C\$ 7500.00	C\$ 30000.00	C\$ 10.00	C\$ 40.00	C\$ 7510.00	C\$ 30040.00
	Valvula limitadora de caudal	Unid	1.00	C\$ 2500.00	C\$ 2500.00	C\$ 10.00	C\$ 10.00	C\$ 2510.00	C\$ 2510.00
	HF Válvula de aire y vacío 4"	Unid	3.00	C\$ 1800.00	C\$ 5400.00	C\$ 10.00	C\$ 30.00	C\$ 1810.00	C\$ 5430.00
	HF Válvula de limpieza 4"	Unid	3.00	C\$ 1500.00	C\$ 4500.00	C\$ 10.00	C\$ 30.00	C\$ 1510.00	C\$ 4530.00
	PVC Adaptador macho 4"	Unid	6.00	C\$ 80.00	C\$ 480.00	C\$ 10.00	C\$ 60.00	C\$ 90.00	C\$ 540.00
	PVC Codo de 45° x 4"	Unid	11.00	C\$ 45.00	C\$ 495.00	C\$ 10.00	C\$ 110.00	C\$ 55.00	C\$ 605.00
	PVC Codo de 90° x 4"	Unid	4.00	C\$ 60.00	C\$ 240.00	C\$ 10.00	C\$ 40.00	C\$ 70.00	C\$ 280.00
	PVC Pegamento	Galon	6.00	C\$ 900.00	C\$ 5400.00	C\$ 5.00	C\$ 30.00	C\$ 905.00	C\$ 5430.00

<b>4.2</b>	<b>Red de distribución</b>				C\$ 445965.00		C\$ 25185.00		C\$ 471150.00
<b>4.2.1</b>	<b>Tuberías</b>				C\$ 431750.00		C\$ 24745.00		C\$ 456495.00
	Tubería PVC de 2" SDR 26 x 6m	Unid	377.00	C\$ 450.00	C\$ 169650.00	C\$ 25.00	C\$ 9425.00	C\$ 475.00	C\$ 179075.00
	Tubería PVC de 4" SDR 26 x 6m	Unid	40.00	C\$ 670.00	C\$ 26800.00	C\$ 50.00	C\$ 2000.00	C\$ 720.00	C\$ 28800.00
	Tubería PVC de 3" SDR 26 x 6m	Unid	88.00	C\$ 550.00	C\$ 48400.00	C\$ 30.00	C\$ 2640.00	C\$ 580.00	C\$ 51040.00
	Tubería PVC de 1 1/2" SDR 26 x 6m	Unid	534.00	C\$ 350.00	C\$ 186900.00	C\$ 20.00	C\$ 10680.00	C\$ 370.00	C\$ 197580.00
<b>4.2.2</b>	<b>Accesorios</b>				C\$ 14215.00		C\$ 440.00		C\$ 14655.00
	Yee de 4" a 2"	Unid	1.00	C\$ 90.00	C\$ 90.00	C\$ 10.00	C\$ 10.00	C\$ 100.00	C\$ 100.00
	Yee de 4" a 3"	Unid	1.00	C\$ 85.00	C\$ 85.00	C\$ 10.00	C\$ 10.00	C\$ 95.00	C\$ 95.00
	Tee de 2" a 1 1/2"	Unid	4.00	C\$ 65.00	C\$ 260.00	C\$ 10.00	C\$ 40.00	C\$ 75.00	C\$ 300.00
	Tee de 2" x 2" x 1 1/2"	Unid	1.00	C\$ 65.00	C\$ 65.00	C\$ 10.00	C\$ 10.00	C\$ 75.00	C\$ 75.00
	Codo 45 de 2"	Unid	2.00	C\$ 45.00	C\$ 90.00	C\$ 10.00	C\$ 20.00	C\$ 55.00	C\$ 110.00
	Valvula de limpieza 1 1/2"	Unid	4.00	C\$ 350.00	C\$ 1400.00	C\$ 10.00	C\$ 40.00	C\$ 360.00	C\$ 1440.00
	Reductor 4" a 2"	Unid	1.00	C\$ 150.00	C\$ 150.00	C\$ 10.00	C\$ 10.00	C\$ 160.00	C\$ 160.00
	Yee de 3" a 1 1/2"	Unid	1.00	C\$ 90.00	C\$ 90.00	C\$ 10.00	C\$ 10.00	C\$ 100.00	C\$ 100.00

	Valvula de limpieza 1 1/2"	Unid	10.00	C\$ 350.00	C\$ 3500.00	C\$ 10.00	C\$ 100.00	C\$ 360.00	C\$ 3600.00
	Abrazadera de 3" a 1 1/2"	Unid	2.00	C\$ 170.00	C\$ 340.00	C\$ 10.00	C\$ 20.00	C\$ 180.00	C\$ 360.00
	Tee doble reducida 3" a 2"	Unid	1.00	C\$ 120.00	C\$ 120.00	C\$ 10.00	C\$ 10.00	C\$ 130.00	C\$ 130.00
	Reductores de 2" a 1 1/2"	Unid	1.00	C\$ 70.00	C\$ 70.00	C\$ 10.00	C\$ 10.00	C\$ 80.00	C\$ 80.00
	Reductores de 3" a 2"	Unid	1.00	C\$ 75.00	C\$ 75.00	C\$ 10.00	C\$ 10.00	C\$ 85.00	C\$ 85.00
	Abrazadera de 2" a 1 1/2"	Unid	2.00	C\$ 130.00	C\$ 260.00	C\$ 10.00	C\$ 20.00	C\$ 140.00	C\$ 280.00
	Tee de 1 1/2" x 1 1/2" x 2"	Unid	1.00	C\$ 110.00	C\$ 110.00	C\$ 10.00	C\$ 10.00	C\$ 120.00	C\$ 120.00
	Tee de 1 1/2"	Unid	1.00	C\$ 60.00	C\$ 60.00	C\$ 10.00	C\$ 10.00	C\$ 70.00	C\$ 70.00
	Tee de 2" a 1 1/2"	Unid	1.00	C\$ 65.00	C\$ 65.00	C\$ 10.00	C\$ 10.00	C\$ 75.00	C\$ 75.00
	Codo 90 de 1 1/2"	Unid	1.00	C\$ 30.00	C\$ 30.00	C\$ 10.00	C\$ 10.00	C\$ 40.00	C\$ 40.00
	Codo 90 de 2" a 1 1/2"	Unid	1.00	C\$ 45.00	C\$ 45.00	C\$ 10.00	C\$ 10.00	C\$ 55.00	C\$ 55.00
	Codo 90 de 2"	Unid	1.00	C\$ 40.00	C\$ 40.00	C\$ 10.00	C\$ 10.00	C\$ 50.00	C\$ 50.00
	Codo 45 2"	Unid	2.00	C\$ 35.00	C\$ 70.00	C\$ 10.00	C\$ 20.00	C\$ 45.00	C\$ 90.00
	PVC Pegamento	Gal	8.00	C\$ 900.00	C\$ 7200.00	C\$ 5.00	C\$ 40.00	C\$ 905.00	C\$ 7240.00
<b>5</b>	<b>Pilas rompe presión x 2</b>				C\$ 181490.03		C\$ 3204.86		C\$ 184694.89
	Acero # 2	qq	3.88	C\$ 1400.00	C\$ 5431.33	C\$ 20.00	C\$ 77.59	C\$ 1420.00	C\$ 5508.93
	Acero # 3	qq	18.66	C\$ 1550.00	C\$ 28925.65	C\$ 20.00	C\$ 373.23	C\$ 1570.00	C\$ 29298.88

	Alambre de amarre #18	lbs	24.00	C\$ 26.00	C\$ 624.00	C\$ 5.00	C\$ 120.00	C\$ 31.00	C\$ 744.00
	Arena	m <sup>3</sup>	0.35	C\$ 750.00	C\$ 265.07	C\$ 400.00	C\$ 141.37	C\$ 1150.00	C\$ 406.44
	BR Válvula de compuerta de 2 "	und	3.00	C\$ 7000.00	C\$ 21000.00	C\$ 10.00	C\$ 30.00	C\$ 7010.00	C\$ 21030.00
	BR Válvula de flotador de 2"		3.00	C\$ 5500.00	C\$ 16500.00	C\$ 10.00	C\$ 30.00	C\$ 5510.00	C\$ 16530.00
	BR Válvula de compuerta de 4 "		3.00	C\$ 9500.00	C\$ 28500.00	C\$ 10.00	C\$ 30.00	C\$ 9510.00	C\$ 28530.00
	BR Válvula de flotador de 4"	und	3.00	C\$ 7500.00	C\$ 22500.00	C\$ 10.00	C\$ 30.00	C\$ 7510.00	C\$ 22530.00
	Cemento	bolsa	8.00	C\$ 407.00	C\$ 3256.00	C\$ 25.00	C\$ 200.00	C\$ 432.00	C\$ 3456.00
	ladrillos	und	492.66	C\$ 3.00	C\$ 1477.98	C\$ 1.00	C\$ 492.66	C\$ 4.00	C\$ 1970.64
	Clavos 2 1/2"	lbs	15.00	C\$ 26.00	C\$ 390.00	C\$ 5.00	C\$ 75.00	C\$ 31.00	C\$ 465.00
	HG codo 45° 2 "	und	6.00	C\$ 480.00	C\$ 2880.00	C\$ 10.00	C\$ 60.00	C\$ 490.00	C\$ 2940.00
	HG Tubo 2 " x 6m	und	3.00	C\$ 3000.00	C\$ 9000.00	C\$ 25.00	C\$ 75.00	C\$ 3025.00	C\$ 9075.00
	HG codo 45° 4"	und	6.00	C\$ 680.00	C\$ 4080.00	C\$ 10.00	C\$ 60.00	C\$ 690.00	C\$ 4140.00
	HG Tubo 4 " x 6m	und	3.00	C\$ 4200.00	C\$ 12600.00	C\$ 80.00	C\$ 240.00	C\$ 4280.00	C\$ 12840.00
	HG Unión 4 "	und	6.00	C\$ 680.00	C\$ 4080.00	C\$ 10.00	C\$ 60.00	C\$ 690.00	C\$ 4140.00
	HG Unión 2 "	und	6.00	C\$ 480.00	C\$ 2880.00	C\$ 10.00	C\$ 60.00	C\$ 490.00	C\$ 2940.00

	PVC Adaptador macho 2 "	und	6.00	C\$ 40.00	C\$ 240.00	C\$ 10.00	C\$ 60.00	C\$ 50.00	C\$ 300.00
	PVC Tapón Hembra 2 "	und	6.00	C\$ 45.00	C\$ 270.00	C\$ 10.00	C\$ 60.00	C\$ 55.00	C\$ 330.00
	PVC Adaptador macho 4"	und	6.00	C\$ 50.00	C\$ 300.00	C\$ 10.00	C\$ 60.00	C\$ 60.00	C\$ 360.00
	PVC Tapón Hembra 4 "	und	6.00	C\$ 55.00	C\$ 330.00	C\$ 10.00	C\$ 60.00	C\$ 65.00	C\$ 390.00
	Reglas de 1"x3"x5vrs	und	18.00	C\$ 110.00	C\$ 1980.00	C\$ 10.00	C\$ 180.00	C\$ 120.00	C\$ 2160.00
	Tablas de 1"x12"x5vrs	und	24.00	C\$ 380.00	C\$ 9120.00	C\$ 20.00	C\$ 480.00	C\$ 400.00	C\$ 9600.00
	Cuartón de 2"x2x5vrs	und	12.00	C\$ 130.00	C\$ 1560.00	C\$ 10.00	C\$ 120.00	C\$ 140.00	C\$ 1680.00
	Tapa metálica de 0.6mx0.6m	und	3.00	C\$ 1100.00	C\$ 3300.00	C\$ 10.00	C\$ 30.00	C\$ 1110.00	C\$ 3330.00
6	Conexiones domiciliarias				C\$ 690650.00		C\$ 47865.00		C\$ 738515.00
	BR Llave de chorro tipo globo 1/2"	und	535.00	C\$ 60.00	C\$ 32100.00	C\$ 10.00	C\$ 5350.00	C\$ 70.00	C\$ 37450.00
	BR Llave de pase tipo globo 1/2"	und	535.00	C\$ 80.00	C\$ 42800.00	C\$ 10.00	C\$ 5350.00	C\$ 90.00	C\$ 48150.00
	Micro medidor de 1/2" (incluye caja protectora)	und	535.00	C\$ 1000.00	C\$ 535000.00	C\$ 25.00	C\$ 13375.00	C\$ 1025.00	C\$ 548375.00
	PVC adaptador hembra 1/2"	und	535.00	C\$ 15.00	C\$ 8025.00	C\$ 10.00	C\$ 5350.00	C\$ 25.00	C\$ 13375.00
	PVC codo 90° x 1/2"	und	535.00	C\$ 15.00	C\$ 8025.00	C\$ 10.00	C\$ 5350.00	C\$ 25.00	C\$ 13375.00
	PVC codo 90° x 1/2" con rosca	und	535.00	C\$ 10.00	C\$ 5350.00	C\$ 10.00	C\$ 5350.00	C\$ 20.00	C\$ 10700.00
	PVC TEE 1/2	und	90.00	C\$ 15.00	C\$ 1350.00	C\$ 10.00	C\$ 900.00	C\$ 25.00	C\$ 2250.00

	PVC Pegamento	Galón	4.00	C\$ 900.00	C\$ 3600.00	C\$ 10.00	C\$ 40.00	C\$ 910.00	C\$ 3640.00
	PVC tubo 1/2" SDR 13.5 X 6m	und	680.00	C\$ 80.00	C\$ 54400.00	C\$ 10.00	C\$ 6800.00	C\$ 90.00	C\$ 61200.00
<b>7</b>	<b>Total</b>				<b>C\$ 3882181.52</b>		<b>C\$ 284135.41</b>		<b>C\$ 4166316.93</b>

**Costos totales de mano de obra**

**DISEÑO DE MAG SANTA CLARA**

<b>E.D.T</b>	<b>Nombre de tarea</b>	<b>UM</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio U</b>	<b>Precio T</b>
<b>1</b>	<b>PRELIMINARES</b>				<b>357,236.21</b>
	Limpieza inicial	m2	15766.34	C\$ 11.93	C\$ 188092.44
	Trazado de tubería	ml	10510.90	C\$ 14.57	C\$ 153143.77
	Rótulo del proyecto	c/u	2.00	C\$ 8000.00	C\$ 16000.00
<b>2</b>	<b>CAPTACION Y PLANTA DE TRATAMIENTO</b>	<b>c/u</b>			<b>C\$ 406093.47</b>
<b>2.1</b>	<b>Captación</b>				<b>C\$ 31059.56</b>
	Limpieza inicial	m2	40.00	C\$ 23.20	C\$ 928.00
	Hacer niveletas	ml	25.00	C\$ 12.89	C\$ 322.25
	Colocar niveletas	c/u	12.00	C\$ 92.51	C\$ 1110.12
	Excavación estructural	m³	2.93	C\$ 1053.19	C\$ 3081.63
	Relleno y compactación	m³	2.93	C\$ 1100.00	C\$ 3218.60
	Hechura de formaleta para muro	m2	8.32	C\$ 102.03	C\$ 848.89
	Colocación	m2	8.32	C\$ 102.03	C\$ 848.89
	Hacer muro de concreto ciclópeo	m3	2.50	C\$ 486.14	C\$ 1215.35
	Colocar y fundir losa inferior y superior	m3	3.50	C\$ 525.03	C\$ 1837.61

	llenado de pared concreto reforzado 3000psi	m3	3.40	C\$ 342.41	C\$ 1164.19
	Hacer repello corriente	m2	11.00	C\$ 114.14	C\$ 1255.54
	Hacer repello fino	m2	11.00	C\$ 57.07	C\$ 627.77
	Colocación de tuberías y accesorios	ml	6.00	C\$ 2100.12	C\$ 12600.72
	Construcción de caja protectora de válvula de 0.6x0.6x0.6 con tapa	c/u	2.00	C\$ 1000.00	C\$ 2000.00
<b>2.2</b>	<b>Planta de tratamiento</b>				<b>C\$ 375033.90</b>
<b>2.2.1</b>	<b>Desarenador</b>				<b>C\$ 72261.22</b>
	Hacer niveletas	ml	12.00	C\$ 18.50	C\$ 222.00
	Colocar niveletas	c/u	8.00	C\$ 231.28	C\$ 1850.24
	Excavación estructural	m <sup>3</sup>	3.00	C\$ 1420.83	C\$ 4262.49
	Relleno y compactación	m <sup>3</sup>	3.00	C\$ 1100.00	C\$ 3300.00
	llenado de pared concreto reforzado 3000psi	m2	9.48	C\$ 225.54	C\$ 2138.12
	Colocación de formaleta en paredes laterales	m2	9.48	C\$ 114.53	C\$ 1085.74
	Alistar armar acero para pared de 3/8"	kg	142.54	C\$ 19.23	C\$ 2741.01
	Alistar armar acero para losa inferior de 1/2"	kg	975.99	C\$ 35.70	C\$ 34842.74
	Fundir concreto en paredes laterales	m2	9.48	C\$ 61.49	C\$ 582.93
	Fundir losa inferior y superior	m2	16.32	C\$ 90.99	C\$ 1484.96
	Piqueteo	ml	32.20	C\$ 30.75	C\$ 990.15

	Hacer repello corriente	m2	15.85	C\$ 132.50	C\$ 2100.13
	Hacer repello fino	m2	15.85	C\$ 99.37	C\$ 1575.01
	Pintura exterior	m2	15.85	C\$ 93.69	C\$ 1484.99
	Colocación de tuberías y accesorios	ml	6.00	C\$ 2100.12	C\$ 12600.72
	Construcción de caja protectora de válvula de 0.8x0.8x0.8 con tapa	c/u	1.00	C\$ 1000.00	C\$ 1000.00
<b>2.2.2</b>	<b>Sedimentador</b>				<b>C\$ 68256.98</b>
	Hacer niveletas	ml	10.00	C\$ 18.50	C\$ 185.00
	Colocar niveletas	c/u	7.00	C\$ 231.28	C\$ 1618.96
	Excavación estructural	m <sup>3</sup>	1.50	C\$ 1420.83	C\$ 2131.25
	Relleno y compactación	m <sup>3</sup>	1.20	C\$ 1100.00	C\$ 1320.00
	Colocación de formaleta en paredes laterales	m2	7.33	C\$ 114.53	C\$ 839.50
	Alistar armar acero para losa inferior y pared lateral de 1/2"	kg	1248.41	C\$ 35.70	C\$ 44568.25
	Fundir concreto en paredes laterales	m2	7.33	C\$ 61.49	C\$ 450.72
	Fundir losa inferior y superior	m2	10.23	C\$ 90.99	C\$ 930.83
	Piqueteo	ml	7.33	C\$ 30.75	C\$ 225.40
	Hacer repello corriente	m2	7.33	C\$ 132.50	C\$ 971.23
	Hacer repello fino	m2	7.33	C\$ 99.37	C\$ 728.38
	Pintura exterior	m2	7.33	C\$ 93.69	C\$ 686.75
	Colocación de tuberías y accesorios	ml	6.00	C\$ 2100.12	C\$ 12600.72
	Construcción de caja protectora de válvula de 0.8x0.8x0.8 con tapa	c/u	1.00	C\$ 1000.00	C\$ 1000.00

<b>2.2.3</b>	<b>Filtro lento de arena</b>				<b>C\$ 161768.42</b>
	Hacer niveletas	ml	26.00	C\$ 12.89	C\$ 335.14
	Colocar niveletas	c/u	9.00	C\$ 92.51	C\$ 832.59
	Excavación estructural	m <sup>3</sup>	14.00	C\$ 1420.83	C\$ 19891.62
	Relleno y compactación	m <sup>3</sup>	6.00	C\$ 1100.00	C\$ 6600.00
	Hechura de formaleta para muro	m2	20.05	C\$ 102.03	C\$ 2045.70
	Colocación	m2	20.05	C\$ 102.03	C\$ 2045.70
	Hacer muro de concreto ciclópeo	m3	2.80	C\$ 486.14	C\$ 1361.19
	Colocar y fundir losa inferior	m3	13.97	C\$ 525.03	C\$ 7333.62
	Alistar armar acero para losa inferior de 1/2"	kg	703.09	C\$ 35.70	C\$ 25100.38
	Hacer repello corriente	m2	65.52	C\$ 114.14	C\$ 7478.45
	Hacer repello fino	m2	65.52	C\$ 57.07	C\$ 3739.23
	Colocación de tuberías y accesorios	ml	40.00	C\$ 2100.12	C\$ 84004.80
	Construcción de caja protectora de válvula de 0.8x0.8x0.8 con tapa	c/u	1.00	C\$ 1000.00	C\$ 1000.00
<b>2.2.4</b>	<b>Filtro Grueso Dinámico</b>				<b>C\$ 72747.29</b>
	Hacer niveletas	ml	15.00	C\$ 12.89	C\$ 193.35
	Colocar niveletas	c/u	6.00	C\$ 92.51	C\$ 555.06
	Excavación estructural	m <sup>3</sup>	2.20	C\$ 1420.83	C\$ 3125.83

	Relleno y compactación	m <sup>3</sup>	1.20	C\$ 1100.00	C\$ 1320.00
	Hechura de formaleta para muro	m <sup>2</sup>	11.00	C\$ 102.03	C\$ 1122.33
	Colocación	m <sup>2</sup>	11.00	C\$ 102.03	C\$ 1122.33
	llenado de pared concreto reforzado 3000psi	m <sup>3</sup>	2.50	C\$ 225.54	C\$ 563.85
	Colocar y fundir losa inferior	m <sup>3</sup>	1.07	C\$ 525.03	C\$ 561.78
	Alistar armar acero para losa inferior y pared laterales de 1/2"	kg	749.68	C\$ 35.70	C\$ 26763.64
	Hacer repello corriente	m <sup>2</sup>	65.52	C\$ 114.14	C\$ 7478.45
	Hacer repello fino	m <sup>2</sup>	65.52	C\$ 57.07	C\$ 3739.23
	Colocación de tuberías y accesorios	ml	12.00	C\$ 2100.12	C\$ 25201.44
	Construcción de caja protectora de válvula de 0.8x0.8x0.8 con tapa	c/u	1.00	C\$ 1000.00	C\$ 1000.00
<b>2.3</b>	<b>Tratamiento</b>				<b>C\$ 1500.00</b>
	Instalación de hipo clorador	c/u	1.00	C\$ 500.00	C\$ 500.00
	Construcción de caja protectora de 0.8x0.8x0.8 con tapa	c/u	1.00	C\$ 1000.00	C\$ 1000.00
<b>3</b>	<b>TANQUE DE ALMACENAMIENTO</b>				<b>C\$ 61602.19</b>
<b>3.1</b>	<b>Tanque semi enterrado</b>				<b>C\$ 61602.19</b>
	Hacer niveletas	ml	24.00	C\$ 11.56	C\$ 277.53
	Colocar niveletas	c/u	12.00	C\$ 69.38	C\$ 277.53
	Excavación estructural	m <sup>3</sup>	33.75	C\$ 1420.83	C\$ 22275.00
	Relleno y compactación	m <sup>3</sup>	10.06	C\$ 1100.00	C\$ 495.00
	Hechura de formaleta para muro	m <sup>2</sup>	33.52	C\$ 44.40	C\$ 2220.24

	Colocación	m2	33.52	C\$ 55.51	C\$ 2775.30
	Hacer muro de concreto ciclópeo	m2	33.52	C\$ 231.01	C\$ 11550.66
	Alistar armar acero para losa inferior y superior de 1/2"	kg	749.68	C\$ 35.70	C\$ 2227.50
	Fundir losa inferior y superior	m2	48.00	C\$ 33.46	C\$ 990.00
	Hacer repello corriente	m2	97.00	C\$ 78.75	C\$ 6300.36
	Hacer repello fino	m2	97.00	C\$ 91.88	C\$ 7350.42
	Pintura exterior	m2	34.00	C\$ 24.75	C\$ 1237.50
	Instalación de accesorios	Global	1.00	C\$ 2625.15	C\$ 2625.15
	Construcción de caja protectora de válvula de 0.6x0.6x0.6 con tapa	c/u	1.00	C\$ 1000.00	C\$ 1000.00
<b>4</b>	<b>CONDUCCION Y DISTRIBUCION</b>				<b>C\$ 1127427.32</b>
<b>4.1</b>	<b>Línea de conducción</b>				<b>C\$ 274358.62</b>
	Instalación de tubería PVC de 4" SDR 26 x 6m	ml	4577.02	C\$ 25.16	C\$ 115157.82
	Excavación de zanja de 0.5mx0.8m	ml	4580.00	C\$ 34.76	C\$ 159200.80
<b>4.2</b>	<b>Red de distribución</b>				<b>C\$ 853068.70</b>
	Instalación de tubería PVC de 4" SDR 26 x 6m	ml	227.75	C\$ 22.42	C\$ 5106.16
	Instalación de tubería PVC de 3" SDR 26 x 6m	ml	502.88	C\$ 23.63	C\$ 11883.05
	Tubería PVC de 2" SDR 26 x 6m	ml	2153.69	C\$ 23.63	C\$ 50891.69
	Tubería PVC de 1 1/2" SDR 26 x 6m	ml	3049.56	C\$ 23.08	C\$ 70383.78

	Excavación de zanja de 0.5mx1.2m	ml	5939.38	C\$ 120.35	C\$ 714804.02
<b>5</b>	<b>CONSTRUCCION DE PILAS ROMPE PRESION</b>		3.00	<b>C\$ 30398.94</b>	<b>C\$ 26400.38</b>
	Hacer niveletas	ml	16.00	C\$ 11.56	C\$ 184.96
	Colocar niveletas	c/u	4.00	C\$ 69.38	C\$ 277.52
	Excavación estructural	m <sup>3</sup>	4.50	C\$ 1420.83	C\$ 6393.74
	Relleno y compactación	m <sup>3</sup>	1.25	C\$ 1100.00	C\$ 1375.00
	Hechura de formaleta	m2	12.00	C\$ 50.83	C\$ 609.96
	Colocación	m2	12.00	C\$ 61.00	C\$ 732.00
	Alistar armar acero para losa superior de 1/4"	kg	58.97	C\$ 35.70	C\$ 2105.19
	Alistar armar acero para vigas y columnas de 3/8"	kg	18.91	C\$ 35.70	C\$ 675.11
	llenado de viga y columnas	m2	19.50	C\$ 23.40	C\$ 456.30
	Fundir losa inferior	m2	27.30	C\$ 36.26	C\$ 989.90
	Instalación de accesorios	Global	6.00	C\$ 2100.12	C\$ 12600.72
<b>6</b>	<b>CONEXIONES DE SERVICIO</b>	<b>c/u</b>			<b>C\$ 133750.00</b>
	Instalación de conexiones domiciliarias	c/u	535.00	C\$ 250.00	C\$ 133750.00
<b>7</b>	<b>LIMPIEZA Y ENTREGA FINAL</b>				<b>C\$ 29695.00</b>
	Limpieza final	m2	2969.50	C\$ 10.00	C\$ 29695.00
	<b>Costo Total de Mano de Obra</b>				<b>C\$ 2142204.57</b>

**Apéndice O: MANUAL DE MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN DE MINI  
ACUEDUCTO POR GRAVEDAD PARA LA CUMUNIDAD SANTA CLARA**

Objetivos .....	238
Objetivo general .....	238
Objetivo específico.....	238
Introducción.....	239
I. Generalidades .....	240
1.1. Definiciones.....	240
1.2. Organigrama .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
II. Programa de operación y mantenimiento .....	242
2.1. Sistema de agua y componentes del sistema de tratamiento FiME .....	243
2.2. Operación de componentes.....	244
2.2.1. Fuente.....	244
2.1.1. Captación.....	244
2.2.2. Pre tratamiento .....	244
2.2.3. Línea de conducción.....	245
2.2.4. Tratamiento .....	246
2.2.5. Almacenamiento.....	255
2.2.6. Red de distribución .....	255
III. Mantenimiento de componentes del sistema de agua potable.....	257
3.1 Formato de seguimiento de plantas de tratamiento.....	271
3.2. Formato de orden de trabajo .....	272
3.3. Calendario de mantenimiento.....	273
IV. Conclusiones.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
V. Bibliografía.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

- Facilitar una metodología para así el funcionamiento seguro y eficiente del sistema de tratamiento tipo FiME.

### **Objetivo específico**

- Proporcionar una guía clave para la operación y mantenimiento del sistema de tratamiento tipo FiME
- Establecer procedimientos rutinarios de mantenimiento preventivo de la planta de tratamiento tipo FiME.

## **Introducción**

El mantenimiento preventivo es un aspecto fundamental para garantizar el funcionamiento seguro y eficiente de un sistema de tratamiento, como una planta de tratamiento de aguas residuales o una instalación de tratamiento de agua potable.

Para poder llegar a ello, se deben seguir una serie de pasos para implementar un programa de mantenimiento preventivo para los sistemas de tratamiento, estos empiezan por desarrollar un plan de mantenimiento, el cual debe describir las tareas, la frecuencia y las responsabilidades para realizar el mantenimiento preventivo. El plan debe revisarse y actualizarse regularmente para garantizar que siga siendo efectivo, a su vez, se deben programar actividades de mantenimiento regulares para garantizar que todos los equipos y sistemas se verifiquen y se les dé servicio a intervalos regulares. Esto incluye actividades como limpieza de válvulas.

Asimismo, es importante considerar inspeccionarse regularmente para identificar y abordar posibles problemas antes de que se conviertan en problemas mayores. Esto incluye inspecciones visuales de tuberías, tanques y otros accesorios. De igual manera, es imprescindible supervisar las condiciones del proceso, es necesario realizar un seguimiento periódico de las condiciones del proceso para garantizar que el sistema de tratamiento funcione en condiciones óptimas. Esto incluye el control del equilibrio químico (Cloración), el caudal y otros parámetros.

Cabe destacar que la capacitación al personal debe influir de manera directa a la eficiencia de la operación del tratamiento FiME, es por ello que, el personal debe estar o ser capacitado y conocer las tareas y los procedimientos de mantenimiento preventivo, así como la operación del sistema de tratamiento. Del mismo modo también deberán documentar las actividades de mantenimiento. se deben mantener registros precisos y actualizados de todas las actividades de mantenimiento. La implementación de un programa de mantenimiento preventivo puede ayudar a minimizar el tiempo de inactividad, prolongar la vida útil de la infraestructura del sistema y garantizar que funcione de manera segura y eficiente

## **Generalidades**

### **Definiciones.**

**Periodo (PER):** Hace referencia de “a cada cuanto”, se tiene que realizar la inspección. (D: diario, S: semanal, M: Mensual, TM: Trimestral, SM: Semestral, A: Anual.)

**Frecuencia (FRE):** Se refiere al número de veces que la inspección se deberá realizar dentro de un tiempo de referencia.

**Rutina de mantenimiento:** Conjunto de actividades de conservación que se aplican para garantizar buen funcionamiento de equipos

**Personal calificado:** Persona que, en función de su entrenamiento, experiencia, nivel de instrucción, conocimientos de normas relevantes, especificaciones, normas de seguridad y prevención de accidentes y conocimiento de las condiciones de funcionamiento, hayan sido autorizadas por los responsables para la ejecución de las actividades.

**Mantenimiento preventivo:** Se define como mantenimiento preventivo a la acción de revisar de manera sistemática y bajo ciertos criterios a los equipos o aparatos de cualquier tipo (mecánicos, eléctricos, informáticos, etc....) para evitar averías ocasionadas por uso, desgaste o paso del tiempo.

**EPP:** Equipo de protección personal.

## Organización.

La comandancia Santa Clara está organizada por medio de un CAPS el cual consta de 6 integrantes, la tabla 1 refleja los roles de cada uno.

Tabla 30 Comité de agua potable y saneamiento de comunidad Santa Clara

Cargo	Nombre
Presidente	Idal Aráuz
Secretario	Luisa Gómez
Tesorero	Carlos Martínez
Fiscal	Donald Urbina
Vocal	Jorge Paiva
Fontanero	Javier Marchena

## **Programa de operación y mantenimiento**

El tratamiento de agua potable tipo FiME es un proceso que combina varios métodos de tratamiento para mejorar la calidad del agua y hacerla segura para su consumo humano.

El proceso de tratamiento de agua potable tipo FiME suele incluir los siguientes pasos:

**Pretratamiento:** El agua se somete a un proceso de limpieza mecánica para remover sólidos grandes, como hojas y tierra.

**Tratamiento biológico:** El agua se somete a un proceso de tratamiento biológico en el que bacterias y otros microorganismos se utilizan para descomponer la materia orgánica y reducir la cantidad de contaminantes.

**Filtración física:** El agua se somete a una filtración física en la que se utiliza un material filtrante para retener partículas y materia orgánica.

**Tratamiento químico:** El agua se somete a un tratamiento químico para remover o inactivar contaminantes, como bacterias y virus, y para controlar la acidez o alcalinidad del agua.

**Desinfección:** El agua se somete a un proceso de desinfección, como la cloración, para matar cualquier microorganismo que pueda haber sobrevivido a los procesos anteriores.

El resultado final es agua potable segura y de alta calidad que cumple con los estándares de calidad del agua establecidos por las agencias reguladoras. El mantenimiento preventivo y el monitoreo continuo son esenciales para garantizar el buen funcionamiento del sistema de tratamiento de agua tipo FiME.

**Sistema abastecimiento de agua potable por gravedad y componentes del sistema de tratamiento FiME**

<b>SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR GRAVEDAD</b>	<b>Componente</b>	<b>Sub componente</b>	<b>Partes del subcomponente</b>
	Fuente		Río
	Captación	Cámara colectora	Entrada (agua cruda)
	Pre tratamiento	Desarenador	Entrada (agua cruda)
			Salida de purga
			Salida (agua cruda)
	Línea de conducción (LC)	Pila rompe presión	Entrada (agua cruda)
			Salida (agua cruda)
	Tratamiento	Sedimentador	Entrada
			Salida
		Filtro grueso dinámico (FGDi)	Entrada Filtro Grueso Dinámico
			Salida Filtro Grueso Dinámico
		Filtro lento de arena (FLA) 1	Entrada Filtro Grueso Dinámico 1
			Salida Filtro Lento 1
	Filtro lento de arena (FLA) 2	Entrada Filtro Grueso Dinámico 2	
		Salida Filtro Lento 2 Á	
	Cloración	Hipo clorador	
	Almacenamiento	Tanque de almacenamiento	Tanque de almacenamiento de agua tratada.
Tanque de almacenamiento de agua salida.			
Red de distribución	Línea principal 1 Cristo Rey		
	Línea principal 3 El empalme		

	Línea principal 2 Santa Clara Centro	
--	--	--

## **Operación de componentes**

### **Fuente**

La fuente de abastecimiento de agua potable puede ser subterránea o superficial, en el caso de Santa Clara el sistema de abastecimiento está formado por una fuente natural puesto que es un río.

### **Pre tratamiento**

#### **Captación**

La captación es una parte crucial en un sistema de abastecimiento de agua potable. Su función principal es recolectar agua del medio ambiente, y llevarla a la planta de tratamiento para su procesamiento, cabe mencionar que la rejilla que posee reduce la cantidad de hojas y otros contaminantes físicos de mayor tamaño.

La captación es responsable de garantizar que el sistema tenga suficiente agua disponible para satisfacer las demandas de los usuarios y evitar la escasez de agua. También es responsable de asegurarse de que el agua recolectada sea de calidad y cumpla con los estándares de potabilidad antes de ser tratada y distribuida.

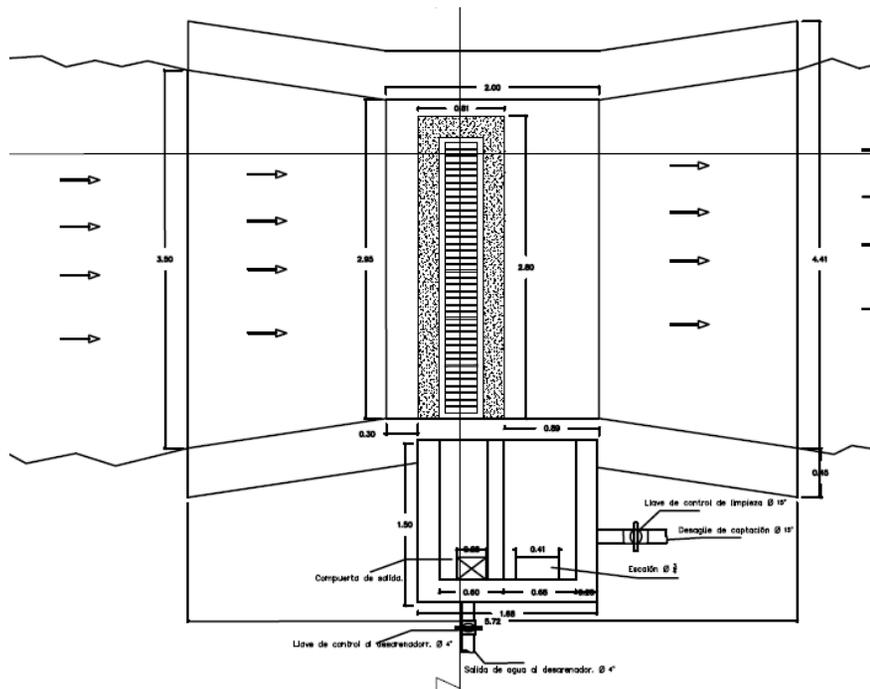


Ilustración 1 Vista de planta de captación. Elaboración Propia.

### 2.1.1.1. Desarenador

Un desarenador es un componente importante en un sistema de abastecimiento de agua potable, que se utiliza para eliminar las partículas sólidas en suspensión en el agua. Estos sólidos pueden incluir arena, sedimentos, barro, entre otros, que pueden obstruir las tuberías y equipos de tratamiento de agua, así como afectar la calidad y apariencia del agua.

El desarenador funciona a través de un proceso de sedimentación, donde el agua se mantiene en un tanque por un tiempo determinado, permitiendo que las partículas sólidas se depositen en el fondo. Luego, se drena el agua clara y se descarta el sedimento.

### Línea de conducción

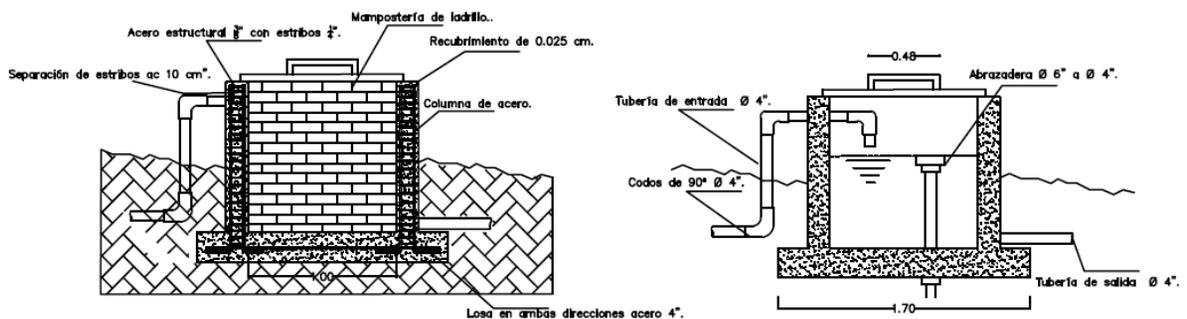
La línea de conducción es un componente importante en un sistema de abastecimiento de agua potable, ya que es responsable de transportar el agua desde la fuente de suministro hasta el destino final, que puede ser una planta de tratamiento de agua o un punto de distribución para el consumo humano.

Las líneas de conducción pueden ser subterráneas o aéreas y pueden estar hechas de diferentes materiales, como acero, hierro fundido, PVC, entre otros. La elección del material depende de varios factores, como el costo, la durabilidad, la resistencia a la corrosión, entre otros.

### **Pila rompe presión**

Se utiliza para proteger el sistema contra la sobrepresión. La sobrepresión puede ocurrir por una variedad de motivos, como el cierre repentino de una válvula, la obstrucción de una tubería, entre otros, y puede dañar las tuberías, así como interrumpir el suministro de agua.

Una pila rompe presión funciona liberando automáticamente el exceso de presión cuando se alcanza un nivel determinado, evitando daños en el sistema. Está compuesta por una cámara cerrada llena de agua, una válvula y una tubería de descarga. Cuando la presión en el sistema aumenta por encima del nivel seguro, la válvula se abre y el agua se descarga a través de la tubería de descarga, reduciendo la presión en el sistema.



*Ilustración 2 Corte A-A de pila rompe presión (elaboración propia) (2023)*

## **Tratamiento**

### **Sedimentador**

La operación de los desarenadores y sedimentadores es muy sencilla, básicamente es llevar una vigilancia de la eficiencia de éste para proceder a la evacuación de los sedimentos acumulados en el fondo de la unidad. Esta vigilancia está relacionada con el control del caudal que ingresa a la unidad y el

control de la calidad de agua efluente. (Organización Panamericana de la Salud, 2005)

Es utilizado para separar y retener las partículas sólidas en suspensión en el agua antes de que se realice el tratamiento adicional.

Un sedimentador se compone de un tanque largo y estrecho, que se llena con agua cruda y se agita suavemente para permitir que las partículas sólidas se depositen en el fondo del tanque. El agua clara se drena a través de una salida en la parte superior del tanque, mientras que las partículas sólidas se mantienen en el fondo.

Actividad	Acciones claves
Medición y control de caudal	Verificar el nivel de agua en el dispositivo de aforo de cada unidad. - Ajustar la válvula de entrada hasta alcanzar el caudal de operación.
Medición de turbiedad	- Medir la turbiedad del agua a la entrada de la unidad. - Medir la turbiedad del agua a la salida de la unidad.
Evacuación de lodos o sedimentos	- Disponer la evacuación de sedimentos del fondo de la unidad, cuando la diferencia entre la turbiedad del agua efluente y el afluente sea baja
Registro de información	Anotar en el libro de registro diario los valores de turbiedad en el ingreso y salida de la unidad. - Cambios en el caudal de la fuente durante el día. - Fecha de lavado de la unidad

Tomado de (Organización Panamericana de la Salud, 2005, pág. 4)

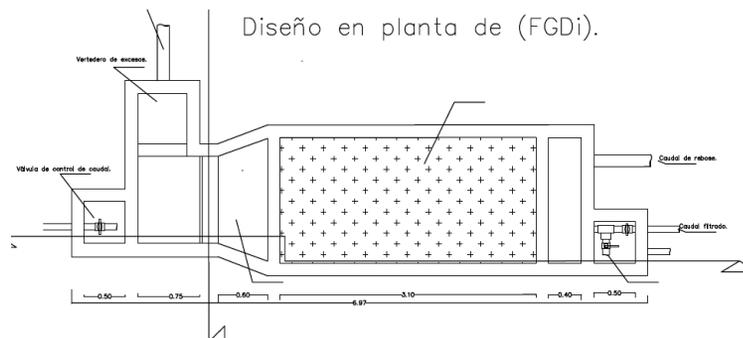
### 2.1.1.2. Filtro grueso dinámico (FGDi)

La operación de los FGDi se fundamenta tanto en el control de la velocidad de filtración, como en la medición y calidad del agua producida, mientras que el mantenimiento se concentra en la recuperación de la pérdida de carga en los medios filtrantes, a través del lavado manual superficial y de descargas de fondo. Estas actividades de operación y mantenimiento se han clasificado, con base en su frecuencia de ejecución, en diarias, periódicas y eventuales. (International Water and Sanitation Centre, 1999, pág. 119).

Un filtro grueso dinámico es un componente importante en un sistema de abastecimiento de agua potable, que se utiliza para retener las partículas más grandes en el agua antes de que se realice el tratamiento adicional.

El filtro grueso dinámico es una estructura de filtración que se compone de una serie de cámaras con medios filtrantes, como arena, grava o antracita. El agua cruda se vierte en la primera cámara y fluye a través de los medios filtrantes, reteniendo las partículas más grandes en el camino. El agua filtrada fluye a través de la segunda cámara y luego a la tercera, hasta que se considera suficientemente limpia para el tratamiento adicional.

El objetivo del filtro grueso dinámico es retener las partículas más grandes en el agua, como arena, tierra y materia orgánica, antes de que se realice el tratamiento adicional. Esto ayuda a prevenir la obstrucción de las tuberías y equipos y a mejorar la eficacia del tratamiento posterior.



*Ilustración 3 Vista de planta de Filtro Grueso Dinámico (FGDi) Elaboración propia.*

### 2.1.1.3. Filtro lento de arena (FLA)

Un filtro lento de arena es un componente importante en un sistema de abastecimiento de agua potable que se utiliza para filtrar y purificar el agua antes de su distribución para el consumo humano.

El filtro lento de arena es una estructura de filtración que se compone de una serie de capas de arena. El agua cruda se vierte en la parte superior del filtro y fluye a través de las capas de arena y grava, reteniendo las partículas más pequeñas y mejorando la claridad y la calidad del agua.

Uno de los aspectos más atractivos del FLA es la sencillez de operación y mantenimiento. Para lograr su adecuado funcionamiento es muy importante que la puesta en marcha del filtro se realice lentamente, con el fin de alcanzar la formación y maduración de la capa biológica en un tiempo más corto. (International Water and Sanitation Centre, 1999).

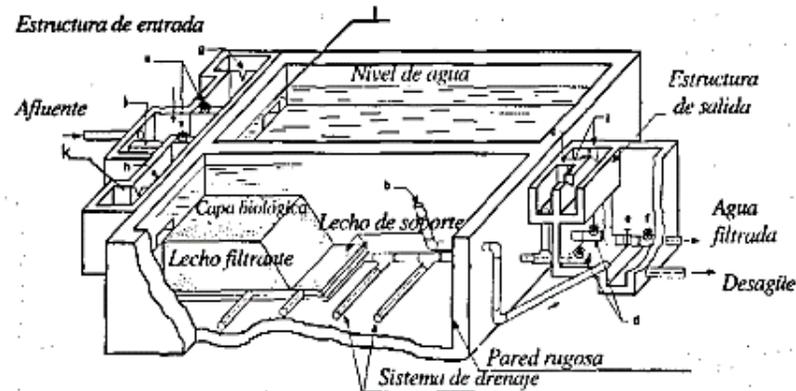
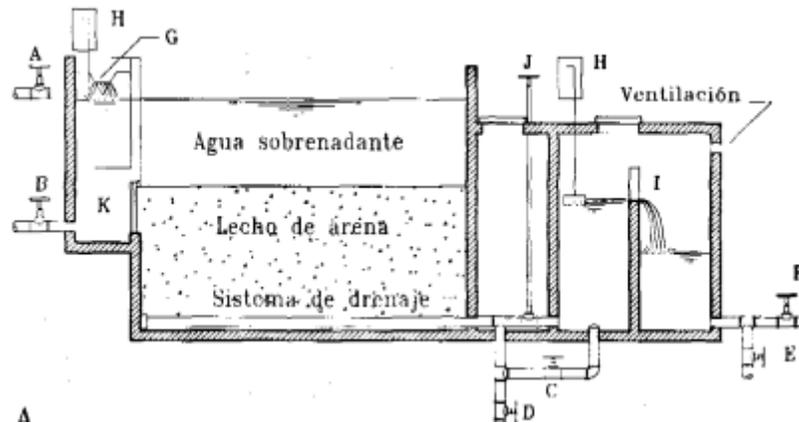
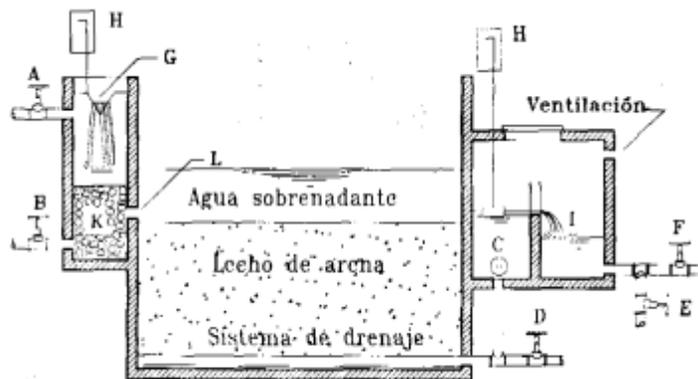


Ilustración 4 Componentes básicos de un filtro lento de arena (FLA) (International Water and Sanitation Centre, 1999)

**Star up.**



A



B

- 1- Llenar ascendentemente el filtro: Abastecer la unidad utilizando la conexión provisional (C) hasta que el agua aparezca sobre la superficie de arena. Conservar (D) cerrado.
- 2- Nivelar la superficie del lecho de arena: Abrir la válvula (D) para descender el nivel de agua hasta 0.1 m debajo de la superficie de arena. Conservar (C) cerrado. Nivelar las irregularidades en la superficie de arena.
- 3- Poner en marcha el filtro: Nivelar las irregularidades en la superficie de arena. Realizar nuevamente la conexión provisional (C) hasta que el nivel del agua alcance 0.2 m sobre la superficie de arena. Cerrar (C). Abrir la válvula (A) de regulación del filtro y mantener la velocidad de filtración en 0.02 m/h. Abrir la válvula (E) de desagüe del agua filtrada. Aumentar la velocidad de filtración 0.02 m/h cada semana hasta alcanzar la velocidad de diseño (generalmente 0.10 ó 0.15 m/h). Si al alcanzarla la velocidad de

diseño, la turbiedad es superior a 5 UNT, se debe continuar con la misma velocidad hasta que la turbiedad sea inferior a 5 UNT.

- 4- Retirar el material flotante: Abrir válvula (B) o utilizar el cuello de ganso.
- 5- Abrir válvula (B) o utilizar el cuello de ganso: Durante el período de maduración del filtro, medir a diario si el agua filtrada reúne los criterios de calidad acordados para suministro.
- 6- Pasar el agua filtrada al sistema de abastecimiento: Cuando la calidad el agua filtrada sea aceptable, cerrar la válvula (E) de desagüe del agua filtrada y abrir la válvula (F) de distribución. (International Water and Sanitation Centre, 1999).

**Tabla 31 Actividades de operación normal de un FLA**

<b>Actividad</b>	<b>Acciones</b>
Regular el nivel del agua sobrenadante	No se requiere.
Remover el material flotante	Es necesaria su remoción regular.
Medir la velocidad de filtración	Revise su valor en la regla de aforo.
Regular la velocidad de filtración	Manipule la válvula de entrada (A) para mantener la velocidad de filtración constante.
Decidir la limpieza del lecho	Cuando la altura del agua alcance el nivel de la tubería de rebose en el cuello de ganso, se debe suspender el funcionamiento del filtro en servicio e iniciar su limpieza. Programe las limpiezas para que nunca saque de servicio más de un filtro al mismo tiempo.

*Nota: Tomado de (International Water and Sanitation Centre, 1999)*

**Tabla 32 Procedimiento para limpiar un lecho filtrante de arena**

Actividad	Acciones
Extraer el material flotante	Utilice la válvula (B) o el cuello de ganso y lleve hacia éste el material flotante.
Drenar el agua sobrenadante	<p>Cierre la válvula de entrada (A).</p> <p>Continúe utilizando la válvula (B) o el cuello de ganso y abra la válvula (D).</p> <p>Limpie las paredes del filtro con un cepillo largo.</p> <p>Cierre la válvula (D) cuando el agua llegue a 0.2 m por debajo de la superficie del lecho filtrante.</p>
Mantener la producción de agua de la planta	Ajuste la velocidad de filtración en los otros filtros; no exceda la velocidad de 0.3 m/h.
Limpiar el equipo	Limpie todo el equipo, incluyendo botas.
Llegar al lecho filtrante	Entre en la caja del filtro usando la escalera corta.
Proteger el lecho filtrante	Raspe una pequeña área, cúbrala con tablas y coloque el equipo sobre ella.
Raspar la capa superior	Marque áreas (3x3 m <sup>2</sup> ) raspando en franjas estrechas. Raspe 1 cm de la parte superior de cada área.
Retirar el material raspado	Lleve el material raspado a la plataforma de raspado.
Retirar el equipo	Retire todo el equipo.

Nivelar la superficie de arena	Use una tabla de raspar o un rastrillo de dientes finos para nivelar la superficie.
Comprobar la profundidad del lecho de arena Dar tiempo para la maduración biológica	Mida la altura desde el borde superior del muro hasta el lecho filtrante. La maduración generalmente toma de 1
Ajustar la velocidad de filtración	Aumente lentamente la velocidad de filtración en la unidad raspada, simultáneamente reduzca la velocidad de filtración en los otros filtros sobrecargados, hasta alcanzar la velocidad de operación normal en todas las unidades.
Pasar el agua al sistema de suministro	Si al segundo día la calidad del agua efluente del filtro recién raspado es aceptable, cierre la válvula (E) y abra la válvula (F) de suministro.

*Nota: Tomado de (International Water and Sanitation Centre, 1999)*

**Tabla 33 Procedimiento para rearenar un filtro lento de arena**

<b>Actividades</b>	<b>Acciones</b>
Raspar la capa superior	Siga los procedimientos indicados en la tabla 3
Drenar el agua del lecho filtrante	Abra la válvula de vaciado (D).
Extraer la arena	Dependiendo del tamaño del filtro divida la superficie en varias partes y rearene una por una. Tenga en cuenta que ha retirado 0.30 m y la altura de lecho remanente en el filtro es 0.50 m. Retire la arena de una zona del filtro y colóquela a un lado, no saque la arena gruesa ni la grava.
Rellene el lecho de arena	Rellene con arena limpia el filtro, utilizando la almacenada en la caseta, hasta alcanzar una altura de 0.30 m, coloque sobre ésta la que previamente ha amontonado; hasta alcanzar la altura máxima de arena. Continúe el raspado con las otras zonas del filtro, procediendo de igual manera
Nivelar la superficie de arena	Nivelar la superficie de la arena, de la misma manera que se hace después del raspado
Poner en servicio nuevamente el filtro	Siga el procedimiento indicado en la tabla 1
Dejar madurar el lecho filtrante	En condiciones tropicales, la maduración después de reponer la arena tomará de 3 a 15 días,

	dependiendo de la calidad de agua afluente.
--	--

*Nota: Tomado de (International Water and Sanitation Centre, 1999)*

#### **2.1.1.4. Cloración**

La cloración es un proceso común en un sistema de abastecimiento de agua potable que se utiliza para desinfectar el agua y eliminar los gérmenes y bacterias dañinos.

El proceso de cloración consiste en agregar cloro al agua para matar las bacterias y gérmenes que pueden causar enfermedades. El cloro puede ser añadido al agua en forma líquida o gaseosa y se mantiene en el agua durante un período de tiempo antes de ser drenado o utilizado para el consumo humano.

#### **Almacenamiento**

##### **Tanque de almacenamiento**

Un tanque de almacenamiento es un componente importante en un sistema de abastecimiento de agua potable. Su función es almacenar el agua potable después de haber sido tratada y purificada para su distribución y uso posterior.

Los tanques de almacenamiento se encuentran en una variedad de tamaños y formas, dependiendo de la capacidad y la ubicación necesarias. Pueden ser de acero, concreto o polietileno, y están diseñados para soportar presiones significativas y proteger el agua potable de la contaminación.

El objetivo principal de un tanque de almacenamiento es proporcionar un lugar seguro y adecuado para almacenar el agua potable, y garantizar que haya suficiente agua disponible para cumplir con las demandas de la población y la industria.

#### **Red de distribución**

La red de distribución es un componente crítico en un sistema de abastecimiento de agua potable. Su función es llevar el agua potable desde los tanques de

almacenamiento hasta los usuarios finales, como hogares, edificios comerciales y industriales.



*Ilustración 5 Redes de distribución de comunidad Santa Clara. Elaboración propia*

## Mantenimiento de componentes del sistema de agua potable

Nomenclatura:

PER	Simbología
Semanal	S
Quincenal	Q
Trimestral	TR
Semestral	SEM
Anual	A
Cada dos años	Cada dos años

<b>MANTENIMIENTO PREVENTIVO A SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE</b>					
<b>Componente: CAPTACIÓN 1</b>					
No.	ACTIVIDADES A REALIZAR	PER	FRE	DUR	EST
1	Limpie la estructura, rejillas, verificar su estado de oxidación, cambiar de encontrarse deteriorada, no se debe ir solo, así se puede contar con ayuda en caso de algún accidente.	Q	26	20	
2	Realice la revisión de la estructura para encontrar fugas, daños o deterioro de la infraestructura.	Q	26	20	
3	Revise una inspección en los alrededores para identificar cualquier problema. En caso afirmativo, debe informarse inmediatamente a su superior	Q	26	20	

	o directamente a la Junta Administradora del CAPS				
<b>Materiales a utilizar:</b>	Hágalo manualmente con pala, rastrillo o recogedor y cepillo, guantes, botas de hule antiderrapantes				
4	Mida el caudal del agua.	M	12	10	
5	Mida la turbiedad del agua.	M	12	30	
<b>Materiales a utilizar:</b>	Instrumentos para aforo o medición de caudal, cronómetro y turbidímetro. De no tener personal capacitado para estas labores, contratar un servicio externo.				
6	Verifique el funcionamiento de las válvulas y lubríquelas con lubricante grado alimenticio JAX Food - grade Penetrating oil (JAZ109)	TR	4	30	
7	Verifique y lubrifique cualquier dispositivo de apertura y cierre de compuertas de seguridad de los diferentes dispositivos en la captación como picaportes o aldabas, bisagras, candados, etc. on lubricante grado alimenticio JAX Food - grade Penetrating oil (JAZ109)	TR	4	30	
8	Verifique el estado del metal o de la pintura an corrosiva de las estructuras metálicas y de ser necesario proceda a re rar cualquier corrosión, limpie y aplique de nuevo pintura an corrosiva.	TR	4	30	

9	Verifique la presencia de algas, musgos y organismos vivos en el interior de la captación.	TR	4	15	
<b>Materiales a utilizar:</b>	<p>Aceite y grasas lubricante grado alimenticio JAX Food - grade Penetrating oil (JAZ109).</p> <p>Cepillo metálico, brochas y pintura an corrosiva grado alimenticio igual o aleacion de transpoxy barrier 2.16 certificaso poe FDA en relacion 3A:1B Contratar personal capacitado para esta labor, ya que la pintura epoxiga es agresiva, hacer uso de EPP para ello, tybec, mascarar antigas, entre otros.</p>				

<b>MANTENIMIENTO PREVENTIVO A SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE</b>					
<b>Componente: DESARENADOR</b>					
<b>No.</b>	<b>ACTIVIDADES A REALIZAR</b>	<b>PER</b>	<b>FRE</b>	<b>DUR</b>	<b>EST</b>
1	Revise la estructura para encontrar fugas, daños o deterioro del conjunto.	D	365	30	
2	Verificar la estabilidad de la zona donde se encuentra ubicada la estructura. Si encuentra alguna inestabilidad, avisar de inmediato al CAPS para buscar una solución.	D	365	30	
3	Verificar que las válvulas estén funcionando en forma adecuada.	D	365	30	
<b>Materiales a utilizar:</b>	De manera manual				

4	Comprobar si hay evidencias de acceso a la estructura de personas ajenas, ganado o animales mayores. En caso de comprobarlo, verificar el estado de las cercas de aislamiento y reparar cualquier daño encontrado.	Q	24	30	
<b>Materiales a utilizar:</b>		De manera manual			
5	Limpieza completa de la estructura.	M	12	120	
6	Engrase a todas las compuertas y válvulas que conforman el sistema	M	12	90	
<b>Materiales a utilizar:</b>		cepillo, guantes, botas de hule anti derrapantes			
7	Mantenimiento de todos los elementos que conforman el desarenador como compuertas, válvulas, desfogue, etc. Verificar los estados de todos los componentes, cambiar en caso de encontrar deterioro en los mismos.	A	1	48 hrs	
8	Retoque y pintura generala válvulas y accesorios de hierro galvanizado.	A	1	48 hrs	
9	Inspección minuciosa de la unidad, resane de deterioros en la estructura, reparación o cambio de válvulas y compuertas	A	1	48hrs	

<b>Materiales a utilizar:</b>	Equipo especializado. Cepillo metálico, guantes, botas antiderrapantes, balde. Pintura grado alimenticio, brocha. (Contratar a un especialista o bien capacitar al personal) Ayudante.				
10	Recubrimiento de las paredes exteriores del tanque con mortero.	Cada dos años			
11	Revisar el estado del recubrimiento impermeabilizante, de encontrarse deterioro Impermeabilizado,	Cada dos años			
<b>Materiales a utilizar:</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Equipo especializado.</li> <li>2. Cepillo metálico, guantes, botas antiderrapantes, balde.</li> <li>3. Pintura grado alimenticio, brocha. (Contratar a un especialista o bien capacitar al personal)</li> <li>4. Ayudante.</li> </ol>				

<b>MANTENIMIENTO PREVENTIVO A SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE</b>					
<b>Componente: TUBERÍAS DE ADUCCIÓN Y CONDUCCIÓN</b>					
<b>No.</b>	<b>ACTIVIDADES A REALIZAR</b>	<b>PER</b>	<b>FRE</b>	<b>DUR</b>	<b>EST</b>
1	Revise la tubería para detectar fugas y daños y repárela de inmediato	D	365	20	
2	Verificar que las válvulas estén funcionando en forma adecuada. Si no es así, repárelas.	D	365	20	
<b>Materiales a utilizar:</b>	Tubería, pala, pico, segueta, balde, guantes, pegamento, uniones, etc.				

	Cepillo y aceite lubricante (Grado alimenticio), botas de hule anti derrapantes.				
4	Revise la colocación de los puntos de referencia del trazado de la tubería (indicadores o mojones), importantes para saber por dónde pasa enterrada la tubería; si no están, colóquelos nuevamente.	M	12	120	
5	Drenar las tuberías para eliminar sedimentos e incrustaciones que se hayan formado. Para realizar esta actividad, se deben abrir las válvulas de purga principalmente en las horas de bajo consumo y procurando que el tanque esté con alto nivel. El tiempo que tarde en mantener la purga abierta depende de la cantidad de sedimentos que exista en la aducción y conducción.	M	12	-	
<b>Materiales a utilizar:</b>	Estacas, mazo o martillo, machete. Llave maestra para abrir las purgas.				

<b>MANTENIMIENTO PREVENTIVO A SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE</b>					
<b>Componente: PILA ROMPE PRESIÓN</b>					
<b>No.</b>	<b>ACTIVIDADES A REALIZAR</b>	<b>PER</b>	<b>FRE</b>	<b>DUR</b>	<b>EST</b>
1	Revise la estructura para encontrar fugas, daños o deterioro del conjunto. Verificar que recubrimiento de las paredes	SEM	2	6 hrs	

	exteriores de la estructura estén en buenas condiciones, de otro modo revestir con mortero.				
2	Verificar la estabilidad de la zona donde se encuentra ubicada la estructura. Si encuentra alguna inestabilidad, avisar de inmediato al CAPS para buscar una solución.	SEM	2	30	
<b>Materiales a utilizar:</b>		Contratar personal calificado			

<b>MANTENIMIENTO PREVENTIVO A SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE</b>					
<b>Componente: SEDIMENTADOR</b>					
<b>No.</b>	<b>ACTIVIDADES A REALIZAR</b>	<b>PER</b>	<b>FRE</b>	<b>DUR</b>	<b>EST</b>
1	limpieza estructura o según estado de los sedimentos	S	52		
<b>Materiales a utilizar:</b>	Pala, rastrilo, entre otros.				
1	Retiro de sedimentos (por manejo de válvulas, accesorio y manual).	M	12	30	
2	Limpieza de la estructura (interna, externa).	M	12	30	
3	Revisión del estado físico y del funcionamiento (caudal, volumen de agua, rebose, fugas, etc.)	M	12	30	
4	Pintura y lubricación de los accesorios	M	12	30	

<b>Materiales a utilizar:</b>	
-------------------------------	--

<b>MANTENIMIENTO PREVENTIVO A SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE</b>					
<b>Componente: FILTRO FRUESO DINÁMICO FGD<sub>i</sub></b>					
<b>No.</b>	<b>ACTIVIDADES A REALIZAR</b>	<b>PER</b>	<b>FRE</b>	<b>DUR</b>	<b>EST</b>
1	Revisar caudal afluente al filtro. Ajustar válvula de entrada, según se requiera.	D	365	20	
2	Revisar caudal fluente del FGD <sub>i</sub> , el cual debe corresponder al requerido por los filtros gruesos.	D	365	20	
<b>Materiales a utilizar:</b>	Se realiza de manera manual				
3	Lavar cámaras de entrada y salida, Remover material adherido a paredes y fondo descamaras	S	52	120	
4	Limpiar capa superficial de grava. Cerrar válvula de control de agua filtrada. Remover con un rastrillo u otro elemento similar, el lecho de grava superficial, en sentido contrario al flujo, iniciando en la zona de entrada y finalizando en el vertedero de rebose. Remover la grava hasta que el agua de lavado sea ópticamente similar al agua cruda	S	52	60	

3	Limpieza hidráulica o de fondo. Llenar la cámara de filtración con agua cruda y abrir y cerrar 10 veces consecutivas la válvula de apertura rápida, dejar abierta la válvula y drenar filtro hasta que el agua de lavado sea ópticamente similar al agua cruda. Este procedimiento puede repetirse por 2 o 3 ocasiones, cuando el agua de lavado sea muy diferente al agua cruda.	S	52	60	
<b>Materiales a utilizar:</b>	Se realiza de manera manual				
4	Retiro y lavado total de la grava. Para ello debe cerrar salida de agua filtrada, asimismo cerrar entrada de agua cruda. Retirar capas de grava cuidando que éstas no se mezclen entre sí. Lavar en forma separada las capas de grava Tamizar las fracciones de grava que puedan estar mezcladas. Lavar tuberías, fondo y paredes del filtro. Instalar capas de grava en el mismo orden y con igual espesor al que tenían antes de ser retiradas para el lavado. Colocar la grava más gruesa en el fondo y la más fina en la superficie. Abrir entrada de agua y realizar un lavado siguiendo las indicaciones del lavado normal del filtro.	A	1	-	

<b>Materiales a utilizar:</b>	Mano de obra especializada.
-------------------------------	-----------------------------

<b>MANTENIMIENTO PREVENTIVO A SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE</b>					
<b>Componente: FILTRO LENTO DE ARENA (FLA)</b>					
<b>No.</b>	<b>ACTIVIDADES A REALIZAR</b>	<b>PER</b>	<b>FRE</b>	<b>DUR</b>	<b>EST</b>
1	Control y registro caudal efluente.	D	365	20	
2	Medición y registro de turbiedad.	D	365	20	
3	Retiro material flotante	D	365	20	
<b>Materiales a utilizar:</b>		Se recomienda la contratación de un servicio externo para la medición de turbidez y demás parámetros, de otro modo, la construcción de un laboratorio y personal capacitado para llevar a cabo este seguimiento. Utensilio para colador.			
4	Limpieza canaletas y raspado filtro	SEM	2	30	
5	Lavado arena	SEM	2	30	
<b>Materiales a utilizar:</b>		Se realiza de manera manual			

6	Reaneramiento - ver procedimiento de tabla 3	Cada dos años	-	-	
<b>Materiales a utilizar:</b>		Mano de obra especializada.			

<b>MANTENIMIENTO PREVENTIVO A SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE</b>					
<b>Componente: Corinador</b>					
<b>No.</b>	<b>ACTIVIDADES A REALIZAR</b>	<b>PER</b>	<b>FRE</b>	<b>DUR</b>	<b>EST</b>
1	Verificación de los niveles del tanque de cloro	D	365	20	
2	Verificar que el sistema no cavite	D	365	20	
<b>Materiales a utilizar:</b>	Se realiza de manera manual.				
3	Verificación de la calibración del equipo	M	12	120	
		M	12	-	
<b>Materiales a utilizar:</b>	Se recomienda contratar un servicio externo.				

<b>MANTENIMIENTO PREVENTIVO A SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE</b>					
<b>Componente: TANQUE DE ALMACENAMIENTO</b>					
<b>No.</b>	<b>ACTIVIDADES A REALIZAR</b>	<b>PER</b>	<b>FRE</b>	<b>DUR</b>	<b>EST</b>
1	Revise que las tapas o compuertas de las cámaras de válvulas estén bien cerradas y aseguradas.	D	365	20	
2	Observe si existen grietas, fugas y rajaduras para corregirlas.	D	365	20	
3	Revise si el tanque tiene sedimentos.	D	365	20	
4	Proteja el agua del tanque de la entrada de la presencia de agentes extraños. Instale tapas o compuertas o cambie los empaques protectores.	D	365	20	
<b>Materiales a utilizar:</b>		Tubería, pala, pico, segueta, balde, guantes, pegamento, uniones, etc. Cepillo y aceite lubricante (Grado alimenticio), botas de hule anti derrapantes.			
4	Revise la colocación de los puntos de referencia del trazado de la tubería (indicadores o mojones), importantes para saber por dónde pasa enterrada la tubería; si no están, colóquelos nuevamente.	M	12	120	
5	Drenar las tuberías para eliminar sedimentos e incrustaciones que se hayan formado. Para realizar esta actividad, se deben abrir las válvulas de purga principalmente en las horas de bajo consumo y procurando que el tanque esté	M	12	-	

	con alto nivel. El tiempo que tarde en mantener la purga abierta depende de la cantidad de sedimentos que exista en la aducción y conducción.			
<b>Materiales a utilizar:</b>	Estacas, mazo o martillo, machete. Llave maestra para abrir las purgas.			

<b>MANTENIMIENTO PREVENTIVO A SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE</b>					
<b>Componente: RED DE DISTRIBUCIÓN</b>					
<b>No.</b>	<b>ACTIVIDADES A REALIZAR</b>	<b>PER</b>	<b>FRE</b>	<b>DUR</b>	<b>EST</b>
1	Revise la tubería para detectar fugas y daños y repárela de inmediato	D	365	20	
2	Verificar que las válvulas y de mas de accesorios estén funcionando en forma adecuada. Si no es así, repárelas.	D	365	20	
<b>Materiales a utilizar:</b>	Tubería, pala, pico, segueta, balde, guantes, pegamento, uniones, etc. Cepillo y aceite lubricante (Grado alimenticio), botas de hule anti derrapantes.				
4	Revise el estado de los medidores, si encuentra uno deteriorado o dañado, reemplazarlo	M	12	120	
5	Drenar las tuberías para eliminar sedimentos e incrustaciones que se hayan formado. Para realizar esta actividad, se deben abrir las válvulas de purga principalmente en las horas de	M	12	-	

	bajo consumo y procurando que el tanque esté con alto nivel. El tiempo que tarde en mantener la purga abierta depende de la cantidad de sedimentos que exista en la aducción y conducción.			
<b>Materiales a utilizar:</b>	Estacas, mazo o martillo, machete. Llave maestra para abrir las purgas.			

### Formato de seguimiento de plantas de tratamiento

Tabla 34 Seguimiento a plantas de tratamiento

SEGUIMIENTO A PLANTAS DE TRATAMIENTO									
Semana del _____ al _____ de 202__ Operador _____ Hoja No. _____									
Parámetro	Lugar	Valor deseado	Días de la semana						
			Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
<b>Turbiedad (UNT)</b>	Entrada F. Grueso Dinámico								
	Entrada F. Lentos	<10							
	Salida F. Lento 1	<5							
	Salida F. Lento 2	<5							
<b>Caudal (l/s)</b>	Entrada Filtros Lentos	Caudal de diseño							
<b>Pérdida de Carga (cm)</b>	Filtros	<0.10 m							
	Filtros Lentos	<0.71 m							
<b>Cloro</b>	Tanque de	Entre							
<b>Limpieza</b>									
<b>Observaciones:</b> _____									
_____									

Nota: Tomado de (International Water and Sanitation Centre, 1999)

## Formato de orden de trabajo

<b>Departamento de mantenimiento de sistema de agua potable de Santa Clara</b>	<b>Revisión 1</b>
	Vigencia 15/03/2023
	Página 1 de 1

**Orden de trabajo**

Solicitado por: \_\_\_\_\_ Departamento: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_  
Componente: \_\_\_\_\_ Orden de prioridad: Bajo  Medio  Alto   
Tipo de mantenimiento: MP  MPV  M  MC  Otros

**MP:** Mantenimiento preventivo. **MPV:** Mantenimiento predictivo. **M:** Mejora. **MC:** Mantenimiento correctivo.

**Descripción trabajo solicitado:**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Solicitud recibida por: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ Hora: \_\_\_\_\_  
Si la solicitud es rechazada, justifique: \_\_\_\_\_  
Orden de trabajo N°: \_\_\_\_\_

<b>Uso de programación</b>			
Asignado a:	Hidráulica <input type="checkbox"/>	Fontanería <input type="checkbox"/>	Infraestructura <input type="checkbox"/>
	Especializado Nacional <input type="checkbox"/>	Especializado Exterior <input type="checkbox"/>	Limpieza <input type="checkbox"/>
Costo en materiales (\$): _____	Costo de mano de obra (\$): _____	Costo total (\$): _____	

**Descripción de las actividades realizadas:**

Descripción de las actividades realizadas	Materiales y repuestos utilizados	verificación de material y repuestos	verificación de piezas y repuestos

**Cierre OT**

Fecha de finalización: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ Hora: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Efectuado por:                      Aprobado por:                      Recibido por

Adjuntar otra hoja de ser necesario.

Nota: Elaboración propia



## Recomendaciones

- Control de calidad del agua de entrada: Es importante realizar un monitoreo regular del agua de entrada al sistema para detectar cualquier cambio en la calidad del agua. Si la calidad del agua de entrada cambia, el sistema de filtración FiME puede verse afectado y su rendimiento puede disminuir.
- El caudal de agua que fluye a través del sistema de filtración FiME debe ser monitoreado regularmente para asegurar que el sistema esté funcionando dentro de sus límites de diseño, para ello se hace necesaria la adquisición de un equipo (molinete) o instalación de medidores en la línea de conducción, asimismo, capacitar al operador de mantenimiento o bien contratar personal capacitado para el levantamiento de esos datos.
- Documentar cada cambio y/o actualización del sistema.
- Crear un plan de capacitación con enfoque en mejora continua, para actualizar conocimientos y mejorar las capacidades del o los operadores del sistema.

## **Bibliografía**

International Water and Sanitation Centre. (1999). FILTRACIÓN EN MULTIPLES. En J. L. GERARDO GALVIS CASTAÑO, *GERARDO GALVIS CASTAÑO, JORGE LATORRE MONTERO* (pág. 197). Santiago de Cali : Artes Gráficas de Univalle.

Organización Panamericana de la Salud. (2005). GUÍA DE PROCEDIMIENTOS PARA LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE DESARENADORES Y SEDIMENTADORES. En *GUÍA DE PROCEDIMIENTOS PARA LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE DESARENADORES Y SEDIMENTADORES*. Lima.

propia., E. (2023). Estelí.



## Apéndice P: Imágenes

### Toma de muestreo para calidad de agua



## Aforo en la fuente de captación



Aforo del rio santa clara



## Levantamiento topográfico



## Levantamiento topográfico en línea de conducción



## Levantamiento topográfico en la comunidad



## Zona de captación actual



*Nota:* Estado de la captación actual del sistema de abastecimiento de Santa Clara.

## Línea de conducción



*Nota:* Conexiones antípodas